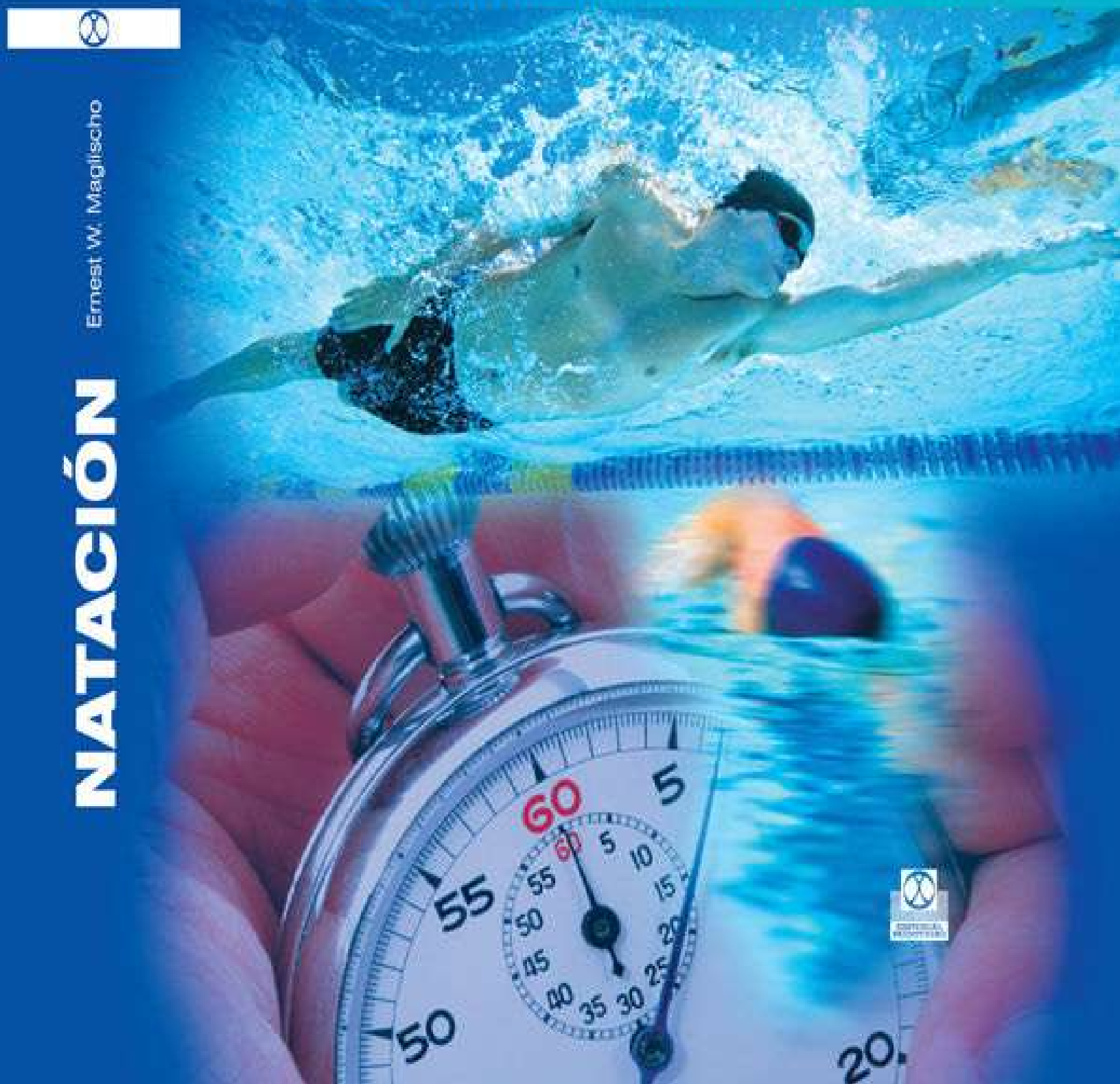
Ernest W. Maglischo

NATACIÓN

Técnica, Entrenamiento y Competición



NATACIÓN Ernest W. Maglischo

Natación. Técnica, entrenamiento y competición

Dr. Ernest W. Maglischo

España

Editorial Paidotribo
Les Guixeres
C/de la Energía, 19-21 08915 Badalona
Tel.: 00 34 93 323 33 11
Fax: 00 34 93 453 50 33
www.paidotribo.com
paidotribo@paidotribo.com

Argentina

Editorial Paidotribo Argentina
Adolfo Alsina, 1537
C1088 AAM Buenos Aires
Tel.: 00 54 11 4383 64 54
Fax: 00 54 11 4383 64 54
www.paidotribo.com.ar
paidotribo.argentina@paidotribo.com

México

Editorial Paidotribo México
Lago Viedma, 81
Col. Argentina
11270 Delegación Miguel Hidalgo
México D.F.
Tel.: 00 52 55 55 23 96 70
Fax: 00 52 55 55 23 96 70
www.paidotribo.com.mx
paidotribo.mexico@paidotribo.com

Título original: *Swimming fastest*

Copyright de la edición original: © 2003 by Ernest W. Maglischo

Traducción: Diane Schofield

Revisión técnica: Moisés Gosálvez

Diseño cubierta: Rafael Soria

© 2009, Ernest W. Maglischo

Editorial Paidotribo

Les Guixeres

C/de la Energía, 19-21

08015 Badalona (España)

Tel.: 93 323 33 11 – Fax: 93 453 50 33

http://www.paidotribo.com

http://www.paidotribo-ebooks.com

E-mail: paidotribo@paidotribo.com

Primera edición
ISBN: 978-84-8019-045-9
ISBN EPUB: 978-84-9910-138-5
Fotocomposición: Editor Service, S.L.
Diagonal, 299 – 08013 Barcelona
Impreso en España por Sagrafic

Quedan rigurosamente prohibidas, sin la autorización escrita de los titulares del *copyright*, bajo las sanciones establecidas en las leyes, la reproducción parcial o total de esta obra por cualquier medio o procedimiento, comprendidos la reprografía y el tratamiento informático, y la distribución de ejemplares de ella mediante alquiler o préstamo públicos.

Este libro está dedicado a mi esposa, Cheryl.
Fue el amor de mi vida, y se fue demasiado pronto.
Cheryl me dio el amor y el apoyo
que me inspiraron para escribir este libro
y para lograr todos los demás éxitos de mi vida.

ÍNDICE

Prefacio

Primera parte - La técnica

1. Cómo aumentar la propulsión
2. Reducir la resistencia
3. Directrices para aumentar la propulsión y reducir la resistencia
4. El estilo libre
5. Mariposa
6. Espalda
7. Braza
8. Salidas, virajes y llegadas

Segunda parte - El entrenamiento

9. Las respuestas fisiológicas al entrenamiento

10. El metabolismo de la energía y el rendimiento en la natación

11. Los beneficios del entrenamiento para el rendimiento

12. Los principios del entrenamiento

13. El entrenamiento de resistencia

14. Entrenamientos de velocidad, a velocidad competitiva y de recuperación

15. El entrenamiento para diferentes pruebas competitivas

16. El seguimiento del entrenamiento

17. La planificación de la temporada

18. La puesta a punto

19. El sobreentrenamiento

Tercera parte - La competición

20. La frecuencia y la longitud de brazada

21. Escoger el ritmo y la estrategia apropiados

22. El calentamiento y la vuelta a la calma

Bibliografía

Índice alfabético

Acerca del autor

Prefacio

Cuando se publicó la primera edición en inglés de este libro *Swimming fastest* en 1982, sentí tanto regocijo como humildad con motivo de su acogida en el mundo de la natación. Experimenté las mismas emociones cuando salió la segunda edición en 1993 y fue seleccionada como el mejor manual sobre la natación competitiva por los miembros de la federación estadounidense de natación US Swimming (ahora conocida como USA Swimming). Hoy en día la investigación avanza a un ritmo increíblemente veloz por lo que existe mucha información nueva para merecer otra edición.

Aunque se ha revisado y actualizado la información, el objetivo no ha cambiado: aplicar la información científica al proceso de entrenamiento para que los entrenadores puedan entrenar a sus nadadores con más efectividad y los nadadores dedicados puedan mejorar su rendimiento. Me he esforzado para comunicar no sólo el *cómo* sino también el *por qué* del entrenamiento. Espero que los entrenadores y atletas utilizarán *Natación. Entrenamiento, técnica y competición*, traducción de la última edición en inglés en *Swimming fastest*, para instruirse en los campos de la hidrodinámica y de la fisiología del ejercicio y poder evaluar los conceptos actuales y futuros del entrenamiento y de la mecánica de los estilos. Mi objetivo es proporcionar una referencia a todos los elementos de la natación competitiva. No pretendo que se lea el libro de la primera a la última página, sino que espero que sirva como una fuente de información que los entrenadores pueden bajar de la estantería para investigar un tema que les interesa en ese momento.

Natación. Entrenamiento, técnica y competición se divide en tres partes. La primera parte trata de las técnicas de la natación competitiva y la segunda parte trata del entrenamiento. La tercera parte versa sobre los temas que pertenecen específicamente a la competición y las pruebas.

Considero la primera parte la más importante de esta nueva edición porque contiene mucha información reciente. Ha habido varios avances desde la publicación de la última edición, de los cuales el más importante es la reevaluación del papel desempeñado por las fuerzas de sustentación en la propulsión del nadador. La investigación reciente sugiere que los nadadores no utilizan los miembros como si tuvieran un perfil de ala ni como paletas de hélice para aplicar las fuerzas propulsoras, sino que pueden estar utilizándolos como palas para empujar el agua hacia atrás con una trayectoria diagonal. Estos hallazgos de la investigación me hicieron reevaluar mis propias creencias en cuanto a la base física de la propulsión en la natación y las técnicas utilizadas por los nadadores para aplicar la fuerza propulsora. Ahora creo que parte de la información que presenté acerca de la mecánica de los estilos en las ediciones anteriores fue incorrecta. Mi principal propósito en esta nueva edición es corregir esta información.

Para ayudar a ilustrar la técnica correcta, la primera parte incluye un gran número de fotografías secuenciales de los estilos competitivos, salidas y virajes. En la mayoría de los casos, las fotografías son nuevas en esta edición y muestran a nadadores de lae lite mundial. Se han incluido también en esta edición nuevos dibujos para ilustrar los componentes importantes de estas destrezas. Sin embargo, al igual que en las ediciones anteriores, cada capítulo sobre el estilo competitivo, junto con el capítulo sobre salidas y virajes, contiene secciones sobre fallos comunes en los estilos y ejercicios para corregirlos.

La segunda parte cubre el proceso del entrenamiento en detalle. A diferencia de la mecánica de los estilos, las teorías sobre el entrenamiento no han cambiado mucho desde la edición anterior de este libro. El umbral anaeróbico sigue siendo el concepto crucial alrededor del que se planifica el entrenamiento. Sin embargo, hace falta revisar algunos aspectos de este concepto. Por ejemplo, el umbral anaeróbico no representa la velocidad de entrenamiento más eficaz para mejorar la resistencia aeróbica. Es sólo una de las muchas velocidades diferentes que deben utilizarse. Existen razones convincentes por las que los nadadores deben entrenarse frecuentemente a velocidades que sean mayores y menores que las del umbral anaeróbico. En esta edición se presenta por primera vez una explicación de los efectos de varias velocidades de entrenamiento sobre las fibras musculares de

contracción rápida y las de contracción lenta.

Otro aspecto que necesita estudiarse en más profundidad es la relación entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad. Estos dos tipos de entrenamiento producen efectos antagónicos, en cuanto el entrenamiento de resistencia tiende a reducir la velocidad, y el entrenamiento de velocidad tiende a reducir la resistencia. Se deben equilibrar los efectos con mucha precisión de manera que los nadadores utilicen la combinación óptima de los dos para lograr el mejor rendimiento posible en la carrera. Se habló sobre la posible relación antagónica del entrenamiento de resistencia con el de velocidad en la edición anterior de este libro, pero había pocas investigaciones sobre este tema en aquel momento. Nuevas investigaciones importantes definen ahora esta relación con más precisión. Una característica destacada de esta edición será presentar estos estudios y sugerir sus implicaciones para el entrenamiento. La segunda parte también contiene muchos gráficos y figuras que ilustran y resumen la información más importante.

Al igual que en las ediciones anteriores, he evitado cuidadosamente presentar la información sobre el entrenamiento en formato de “recetario”. Existen todavía demasiadas áreas en las que predominan las preguntas en lugar de las respuestas. En lugar de esto, he tratado de indicar las preguntas y presentar ambos lados del tema para que los lectores puedan sacar sus propias conclusiones y desarrollar sus propios planes innovadores de entrenamiento.

Los temas presentados en la tercera parte tratan de la competición y de las pruebas. La información acerca de la selección del ritmo, la estrategia, las frecuencias de brazada y el calentamiento no ha cambiado, pero ha sido actualizada desde la última edición.

Espero que este libro sea tan bien acogido como las ediciones anteriores. También espero que la información presentada ayude a los nadadores a seguir mejorando durante muchos años.

Primera parte

La técnica

La natación competitiva es un deporte único. Los atletas compiten suspendidos en un medio líquido y deben propulsar su cuerpo haciendo fuerza contra el líquido en lugar de sustancias sólidas, lo que implica dos importantes desventajas en comparación con los deportes practicados en tierra. La primera es que el agua ofrece menos resistencia a los esfuerzos propulsores de los nadadores que, por ejemplo, la tierra contra la que hacen fuerza los corredores. La otra es que el agua, a causa de su mayor densidad, ofrece una resistencia considerablemente aumentada al avance de los nadadores comparada con la ofrecida por el aire a los atletas en tierra. Por éstas y otras razones, las aplicaciones normales de los principios del movimiento no siempre se aplican a la natación de la misma manera que se asignan a los deportes practicados en tierra, lo que ha dificultado la identificación de los principios físicos que deben aprovechar los nadadores para propulsar el cuerpo a través del agua con mayor eficacia.

Como consecuencia, se han presentado varias teorías diferentes sobre la propulsión en la natación. Se presenta un análisis de dichas teorías en el capítulo 1. Aunque nuestra comprensión de la propulsión en la natación no es completa ni mucho menos, creo que la información presentada en el primer

capítulo de esta edición nos acerca más que nunca a comprender los mecanismos de la propulsión en la natación humana mientras que, al mismo tiempo, corrige algunas de mis interpretaciones anteriores sobre los mismos.

El capítulo 2 trata de la resistencia del agua y su efecto negativo sobre el movimiento hacia delante. Los tipos de resistencia que ofrece el agua y que deben combatir los nadadores se describen en este capítulo junto con las técnicas que pueden emplearse para reducirlos.

En el capítulo 3 he tratado de utilizar la información presentada en los primeros dos capítulos para describir las técnicas de brazada y batido comunes a todos los estilos competitivos. La información presentada en los primeros dos capítulos se ha empleado para desarrollar pautas para lograr brazadas y batidos eficaces en todos los estilos de natación.

En los cuatro capítulos siguientes se describen las técnicas de los estilos de la natación competitiva. El crol, comúnmente llamado *estilo libre,* es el tema del capítulo 4, seguido de una descripción del estilo mariposa en el capítulo 5, espalda en el capítulo 6 y braza en el capítulo 7. Las salidas, los virajes y las llegadas se describen en el capítulo 8, el último de la primera parte.

Gran parte de las investigaciones citadas en los capítulos 1, 2 y 3 se centran en el concepto de movimiento relativo. La explicación de dicho concepto puede ayudar a comprender las implicaciones de dichas investigaciones.

Movimiento relativo

Es difícil medir las fuerzas ejercidas por los nadadores contra el agua mientras se desplazan. Por lo tanto, gran parte de la investigación relacionada con la propulsión en la natación humana ha sido realizada con modelos de escayola de las manos y de los brazos de los nadadores que han sido

suspendidos en canales de viento y de agua. Los modelos permanecen estacionarios mientras que fluye el agua o el aire impulsado por algún dispositivo motorizado. Existen varias razones por las que dicho método es válido.

Tanto el aire como el agua se clasifican como fluidos. Por consiguiente los principios físicos que se aplican al uno también se aplican a la otra, aunque el agua es considerablemente más densa que el aire. Además, dado que la diferencia entre la velocidad de los objetos y la del agua es igual si los objetos se desplazan en el fluido o se desplaza éste, las fuerzas ejercidas por los fluidos sobre los objetos estacionarios suspendidos en ellos serán las mismas que las ejercidas por los objetos que se desplazan a la misma velocidad por los fluidos estacionarios. Por lo tanto son relativos los unos respecto a los otros.

Los científicos han hecho muchos hallazgos importantes estudiando los modelos a escala de objetos en túneles de viento o canales de agua. De hecho, éste fue el método utilizado por los hermanos Wright para estudiar el potencial de las formas de ala para volar.

Figura I.1. Trayectorias de la brazada del estilo libre vistas desde un lado (a) y de frente (b) dibujadas en relación con un punto fijo de la piscina.

Trayectorias de brazada

y patrones de velocidad

Utilizaré diversos gráficos para ilustrar varios aspectos de la propulsión en la natación. Los dos que utilizo con más frecuencia son trayectorias de brazada y patrones de la velocidad del cuerpo.

Tradicionalmente se han elaborado las trayectorias de brazada punteando el movimiento del dedo corazón durante los movimientos subacuáticos de la brazada. Dichas trayectorias pueden presentarse desde dos puntos de vista. El primero es relativo a un punto fijo de la piscina. Este método ilustra las direcciones y distancias relativas verdaderas que las manos recorren al ejecutar la brazada. La ilustración en la figura I.1 muestra las vistas lateral y frontal de las trayectorias de brazada en el estilo libre.

Las direcciones son trayectorias circulares tridimensionales complejas. Desafortunadamente, estas trayectorias sólo pueden ilustrarse en dos dimensiones en la página impresa. Por lo tanto, una trayectoria de brazada debe ilustrarse desde por lo menos dos puntos de vista diferentes para que puedan verse los tres componentes direccionales. Por ejemplo, en la figura I.1 los componentes vertical (hacia arriba / hacia abajo) y horizontal (hacia delante / hacia atrás) del movimiento pueden discernirse desde la vista lateral de la trayectoria, mientras que el componente lateral (hacia dentro / hacia fuera) puede observarse en la trayectoria de la vista frontal. Sólo necesitas combinar ambas vistas en la mente para visualizar la naturaleza tridimensional real de los movimientos de la mano durante las varias fases de la brazada subacuática.

El segundo método para ilustrar las trayectorias de la brazada se basa en los movimientos de las manos y de los brazos relativos al cuerpo. Ilustraciones de este tipo presentan los movimientos de los brazos como si estuviesen desplazándose en relación con un cuerpo estacionario. En realidad, por supuesto, el cuerpo también se está desplazando hacia delante, dejando la mano atrás, cuando la mano y el brazo se están moviendo diagonalmente hacia atrás dejando el cuerpo por delante. El valor de ilustrar una trayectoria de brazada relativa al cuerpo reside en su uso como ayuda didáctica. La mejor

manera para los nadadores de aprender los movimientos correctos de brazos y manos es desplazándolos de un punto a otro relativo al cuerpo durante las varias fases de cada brazada subacuática (es decir, atrayendo la mano por debajo del pecho, empujándola hacia fuera y arriba hacia el muslo, etc.).

Los patrones de la velocidad de avance ilustrados en los siguientes capítulos muestran los cambios en la velocidad de avance del centro de masas de los nadadores durante un ciclo completo de brazada. Los gráficos de este tipo ilustran la naturaleza propulsora de cada fase del ciclo, específicamente si los nadadores están acelerando o desacelerando y por cuánto. Este gráfico es unidimensional ya que ilustra sólo la velocidad de avance. El cuerpo también se estará moviendo hacia arriba y hacia abajo y de lado a lado durante cada ciclo de brazada, pero no se representan estas velocidades. Un ejemplo de los gráficos de velocidad de las manos y del cuerpo para nadadores del estilo libre se muestra en la figura I.2.

También están incluidos en los gráficos de velocidad los patrones de velocidad de las manos, que se dibujan según la velocidad del dedo corazón durante la brazada subacuática. Los gráficos ilustran los cambios de la velocidad de las manos y su relación con la velocidad de avance durante la brazada subacuática. A diferencia de los patrones de velocidad del cuerpo, los patrones de velocidad de las manos son de naturaleza tridimensional. No representan la velocidad en ninguna dirección particular, es decir, hacia delante o hacia atrás, sino que son la suma algebraica de los movimientos de las manos en todas las direcciones durante una fase particular de la brazada. Por ejemplo, el valor de la velocidad de las manos durante la última parte del movimiento hacia dentro es una combinación de las velocidades de las manos en las direcciones hacia dentro, hacia arriba y hacia atrás.

Espero que esta información dé más significado al contenido de los capítulos que conforman la primera parte. Dicho esto, quiero continuar con el capítulo 1 para hablar sobre las diferentes teorías de la propulsión en la natación.

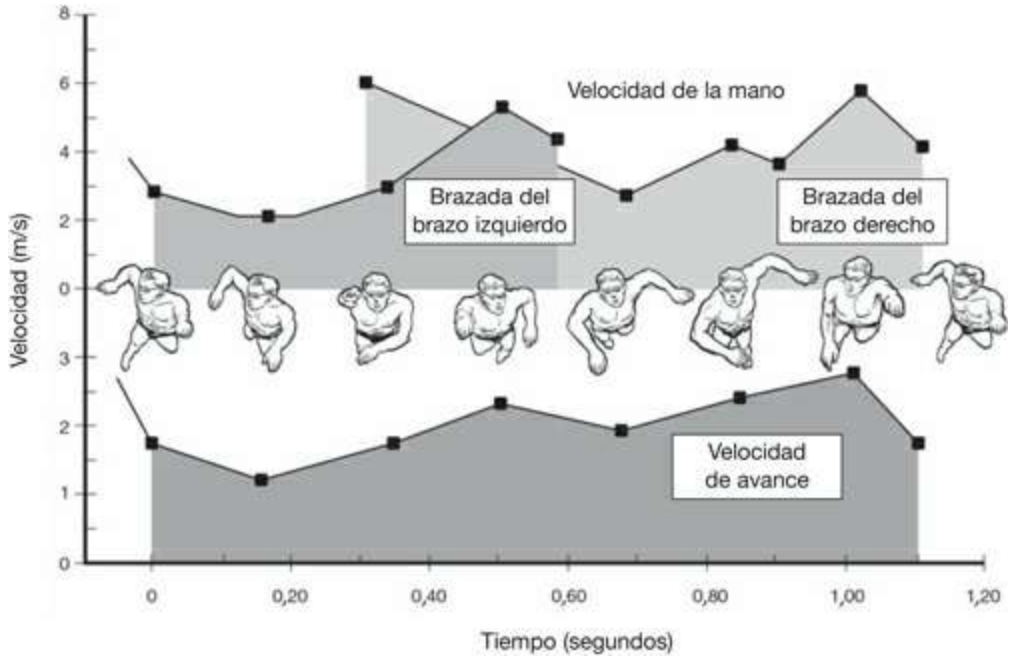


Figura I.2. Patrones de velocidad para las manos y el cuerpo en el estilo libre.

1

Cómo aumentar la propulsión

Cuando se publicó la primera edición de este libro en inglés a principios de los ochenta, yo creía que el efecto Bernoulli, que explicaré más adelante, producía las fuerzas de sustentación que eran las principales responsables de la propulsión en la natación. En aquella edición sugerí una mecánica para los cuatro estilos competitivos que implicaba movimientos tridimensionales de remada en los que los nadadores utilizaban los miembros como objetos con perfil de ala para maximizar la producción de dichas fuerzas de sustentación.

Todavía mantenía la opinión de que las fuerzas de sustentación representaban un mecanismo propulsor importante cuando se publicó la segunda edición en inglés a principio de los noventa. Para entonces, sin embargo, había llegado a dudar de que el efecto Bernoulli fuera responsable de dichas fuerzas de sustentación, y sugerí en su lugar que el tercer principio del movimiento de Newton, el de la acción y reacción, era el principio físico más importante responsable de la propulsión en la natación. Había llegado a creer, inequívocamente, que los nadadores tenían que empujar el agua hacia

atrás para desplazarse hacia delante. Sin embargo, seguía creyendo que los nadadores estaban remando sus miembros por el agua como objetos con perfil de ala para propulsar el cuerpo hacia delante. La diferencia era que creía que dichos movimientos de remada estaban desplazando el agua hacia atrás en lugar de utilizar el mecanismo de Bernoulli para crear fuerzas de sustentación.

Hoy en día estoy más convencido que nunca de que el tercer principio del movimiento de Newton es el mecanismo de propulsión más importante en la propulsión de la natación humana. Sin embargo, ya no creo que los nadadores remen con sus miembros por el agua como objetos con perfil de ala para producir dicha propulsión. Ahora creo que utilizan sus miembros como palas para empujar grandes cantidades de agua hacia atrás y desplazarlas una distancia corta. Sigo creyendo que la propulsión en la natación se produce mediante una combinación de fuerzas de sustentación y de arrastre, pero ahora sugiero que los nadadores producen estas fuerzas utilizando sus miembros como palas y no como objetos con perfil de ala.

Comprender la sustentación y el arrastre

Aunque los términos de *sustentación* y *arrastre* son familiares para los nadadores, puede que algunos lectores no comprendan todas sus implicaciones. Por lo tanto, quiero definirlos antes de proseguir.

Arrastre

Arrastre es el término utilizado para identificar la resistencia del agua a los movimientos del nadador que se desplaza a través de ella. El agua tiene

densidad porque está formada por billones de moléculas de hidrógeno y oxígeno. Por lo tanto, al igual que el aire, se clasifica como un semisólido. Sin embargo el agua, dado que es 1.000 veces más densa que el aire, ofrece una resistencia significativamente mayor a los movimientos del nadador. Esta resistencia es causada por la diferencia en la presión del agua delante y detrás del nadador. Los objetos tienden a ser empujados desde zonas de alta presión hacia zonas de baja presión. Por consiguiente si la presión del agua por delante del nadador es mayor que la presión por detrás, su velocidad de avance será reducida a no ser que pueda superar la presión añadida ejerciendo mayor fuerza. La reducción de la velocidad será directamente proporcional a la magnitud de la diferencia de presión entre el agua que está por delante y el agua que está por detrás.

La fuerza de arrastre se ejerce siempre en la dirección opuesta a la dirección del movimiento. En otras palabras, es una fuerza que se opone al movimiento de un objeto. Normalmente pensamos en el arrastre como algo negativo, una fuerza que nos impide avanzar. Es cierto que las fuerzas de arrastre pueden reducir la velocidad de natación cuando la resistencia del agua impide que el nadador avance. Sin embargo, el arrastre también puede ser propulsor. Los nadadores pueden acelerar el cuerpo hacia delante empujando sus miembros hacia atrás contra la resistencia del agua, de la misma forma que los corredores propulsan su cuerpo hacia delante empujando hacia atrás en el suelo. Por supuesto la diferencia principal es que el agua, siendo un fluido, cede cuando los miembros la empujan, mientras que el suelo no. Por lo tanto la propulsión en la natación es mucho menos eficaz que la propulsión en la tierra. El cuerpo no acelera hacia delante tan rápidamente ni cubrirá tanto espacio cuando los nadadores empujan hacia atrás contra el agua como lo que ocurre con el cuerpo de un corredor.

Para facilitar la comunicación, voy a dividir el concepto único de la fuerza de arrastre en dos tipos. Las fuerzas de arrastre que retienen a los nadadores se llamarán *arrastre resistivo* y las fuerzas de arrastre que aceleran a los nadadores hacia delante se llamarán *arrastre propulsor*.

Sustentación

La fuerza de sustentación se ejerce perpendicularmente a la fuerza de arrastre. Tiene que estar presente la fuerza de arrastre antes de que se pueda producir la de sustentación. La sustentación, como el arrastre, es causada por diferencias en la presión entre dos lados de un objeto. Sin embargo, en lugar de resistirse al movimiento de un objeto, la fuerza de sustentación empuja el objeto en la dirección en que se ejerce. La figura 1.1a ilustra una manera en la que un aumento de la presión por debajo de un objeto con perfil de ala puede producir sustentación. En esta ilustración, un objeto con perfil de ala se está desplazando de derecha a izquierda por el agua en la dirección de la flecha dibujada en él. La diferencia de presión entre el agua delante del objeto, donde es mayor, y detrás del objeto, donde es menor, crea una fuerza de arrastre opuesta al movimiento del objeto. La dirección de la fuerza de arrastre está indicada por los vectores de arrastre.

El objeto con perfil de ala parte el flujo de moléculas de agua al entrar en él. Algunas moléculas son empujadas debajo del objeto y otras son empujadas por encima de él. (Flujos de moléculas también son empujados a cada lado del objeto, aunque no se aprecia en esta ilustración bidimensional.) Dado que el ritmo del flujo que fluye por debajo del objeto con perfil de ala se frena un poco, las moléculas de agua se amontonan mucho y aumenta la presión debajo del objeto. Al mismo tiempo, el ritmo del flujo aumenta por encima del objeto. Las moléculas del agua están menos apretadas, lo que causa una reducción de la presión por encima del objeto. Como resultado de este diferencial de presión, el objeto es empujado hacia arriba desde abajo donde la presión es mayor (+) hasta arriba donde la presión es menor (-). S*ustentación* o *elevación* es el término utilizado para designar esta fuerza que empuja.

Es una pena que se haya utilizado el término *sustentación* para identificar esta fuerza que empuja porque las fuerzas de sustentación no siempre actúan en una dirección ascendente. *Las fuerzas de sustentación pueden actuar en cualquier dirección que es perpendicular a la fuerza de arrastre*. La ilustración de la figura 1.1b muestra cómo se podría producir una sustentación hacia delante si el mismo objeto con perfil de ala es-tuviera desplazándose hacia abajo en lugar de hacia delante. Hablaré más sobre este

tema más adelante en este capítulo.

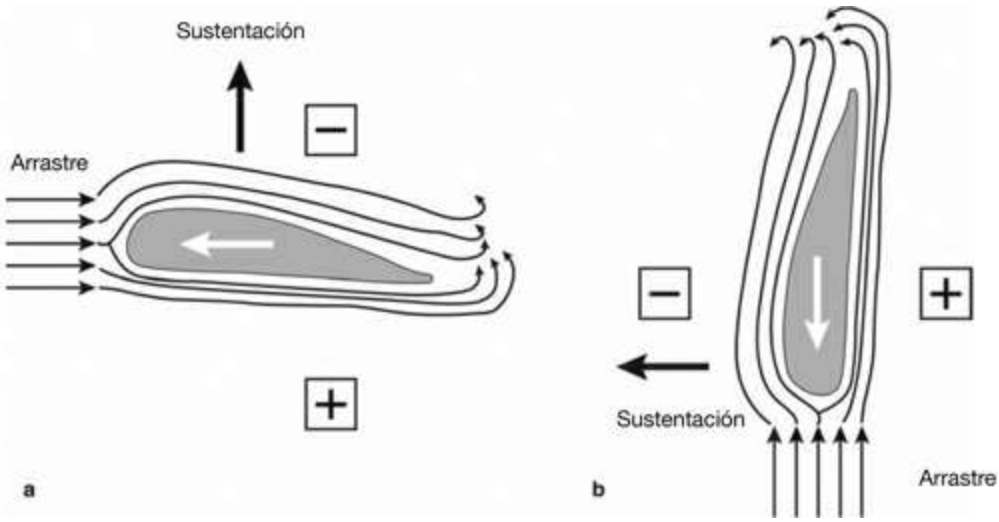


Figura 1.1. La fuerza de sustentación: (a) en una dirección ascendente y (b) en una dirección de avance.

Teorías de la propulsión en la natación

Nadie ha identificado todavía con certeza la manera en que los nadadores se propulsan a través del agua. Sólo tenemos teorías, y han variado de manera considerable a lo largo de los años. Presentaré un breve resumen de las varias teorías de la propulsión en la natación que se han propuesto a lo largo de los años antes de describir la teoría que yo he adoptado.

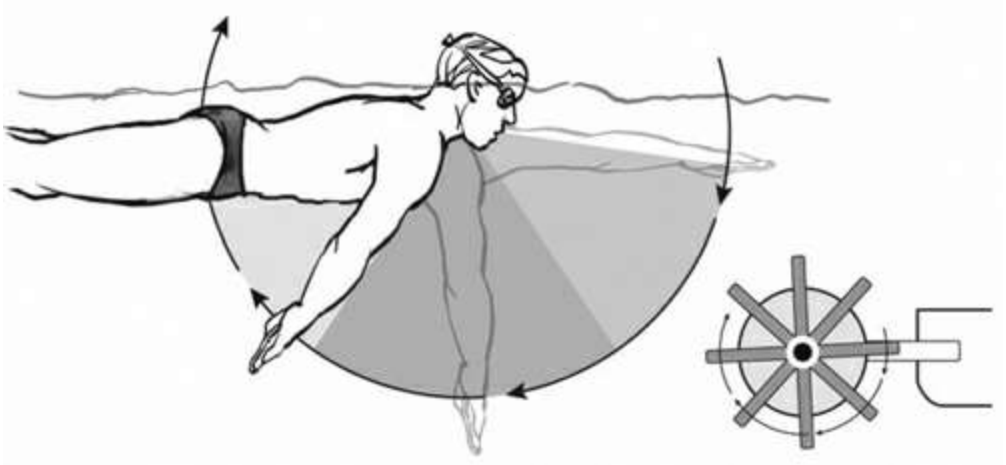


Figura 1.2. La teoría de la propulsión parecida a la de una rueda de vapor.

A principios de siglo, las tentativas de describir la propulsión en la natación humana compararon los movimientos de los brazos de los nadadores con los de remos y ruedas de vapor. Se creía que los brazos, totalmente extendidos, se movían con un patrón semicircular que asemejaba el movimiento de un remo o de una rueda de vapor, una forma de propulsión parecida a la de una rueda de vapor ilustrada en la figura 1.2. Esta descripción no se basó en la aplicación de ningún principio físico ni en observaciones subacuáticas de los movimientos reales del nadador durante la brazada; se basó sencillamente en las formas de propulsión acuática que existían en aquel momento. Esta teoría sobrevivió durante varias décadas sin ser estudiada de forma seria.

Teorías del arrastre propulsor

Algunos científicos y entrenadores de natación empezaron a tratar de definir los principios físicos que controlaban la propulsión en la natación humana al final de los sesenta. De entre los entrenadores de natación, los más destacados eran el Dr. James E. Counsilman, de la Universidad de Indiana, y Charles Silvia, de Springfield College. Como resultado de sus observaciones

subacuáticas ambos afirmaron que los nadadores no realizaban las brazadas en forma de rueda de vapor con brazos rectos, sino que flexionaban y extendían sus brazos de forma alternativa durante las fases subacuáticas de los diversos estilos competitivos. En publicaciones diferentes, ambos sugirieron que los nadadores estaban realizando sus brazadas de esta manera para utilizar el tercer principio del movimiento de Newton como mecanismo propulsor (Counsilman, 1968; Silvia, 1970).

El tercer principio del movimiento de Newton afirma que cada acción *(fuerza)* de un objeto producirá una reacción *(fuerza contraria)* de igual magnitud en la dirección opuesta. Cuando se aplica a la propulsión en la natación, este principio significa que cuando los nadadores utilizan la fuerza muscular para empujar el agua hacia atrás, esta acción crea una fuerza contraria de igual magnitud que les propulsa hacia delante. Por lo tanto, ellos creían que los nadadores aceleraban su cuerpo hacia delante empujando el agua hacia atrás. Además, creían que la cantidad resultante de propulsión efectiva estaba directamente relacionada con la cantidad de agua que empujaban hacia atrás y la distancia que ésta recorría.

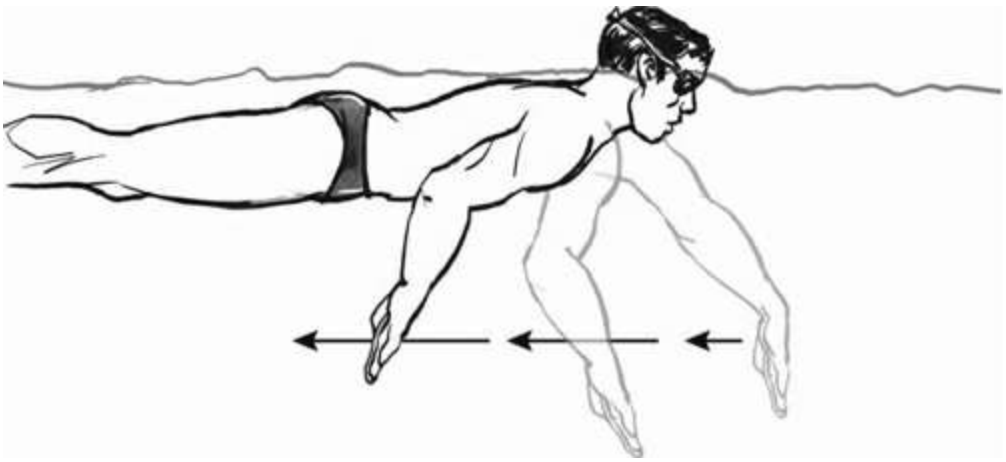


Figura 1.3. Un ejemplo de la teoría del arrastre propulsor, utilizando un empujón horizontal hacia atrás para crear la propulsión efectiva.

El empuje horizontal hacia atrás

Como resultado de este razonamiento, se aconsejó a los nadadores de esta época que utilizasen las manos y los brazos como palas para tirar y luego empujar el agua hacia atrás a la mayor distancia posible. También se les aconsejó que, cuando fuera posible, mantuviesen las manos directamente debajo de la línea media del cuerpo el mayor tiempo posible. Les enseñaron a hacer esto flexionando los brazos en el codo durante la primera mitad de la brazada subacuática y luego extendiéndolos en la segunda mitad. En la figura 1.3 se presenta un ejemplo de cómo se utilizaba el empuje horizontal hacia atrás en el estilo libre.

La trayectoria en forma de S

Durante los primeros tiempos de la teoría de la propulsión utilizando los brazos como palas, los expertos afirmaron que empujar el agua en cualquier dirección que no fuera hacia atrás haría que el cuerpo se desviase de su trayectoria hacia delante, lo que aumentaría la resistencia que encontrara y reduciría la velocidad de avance. Muchos expertos, incluyendo Counsilman y Silvia, revisaron su opinión cuando las películas subacuáticas de nadadores de elite mundial revelaron que no desplazaban sus manos directamente hacia atrás por debajo de la línea media del cuerpo durante la fase propulsora de la brazada subacuática, sino que, en estilo libre y mariposa, sus manos se desplazaban siguiendo una trayectoria tridimensional en forma de S, bajando hacia abajo y hacia dentro de su cuerpo en la primera mitad de la brazada subacuática y luego subiendo y moviéndose hacia fuera durante la segunda mitad. La figura 1.4 muestra una vista inferior de esta trayectoria en forma de S en el estilo libre. Sus manos también seguían una trayectoria en forma de S nadando espalda, pero en este caso se desplazaban hacia abajo, hacia arriba y hacia atrás para volver al lado del cuerpo. En braza sus manos trazaban la primera mitad de la forma en S, pero luego se desplazaban hacia delante antes

de terminar el resto del movimiento en forma de S. En mariposa, las manos trazaban una trayectoria de doble S.

Counsilman razonó que los nadadores movían sus manos en trayectorias con forma de S porque el hecho de empujar varios puñados de agua en direcciones mayormente hacia atrás una corta distancia produciría más propulsión que empujar un solo puñado de agua hacia atrás una mayor distancia. La razón era que el agua gana momento una vez que se mueve, por lo tanto, la única manera que tendrían los nadadores de poder seguir acelerando el agua hacia atrás, y acelerando el cuerpo hacia delante, sería aumentar la velocidad hacia atrás de los miembros por encima de la velocidad del agua que se desplazaba en esa misma dirección. Tendrían que empujar los brazos hacia atrás con una velocidad cada vez mayor desde el principio hasta el final de la brazada subacuática si querían seguir acelerando el cuerpo hacia delante. Evidentemente, esto requeriría un esfuerzo considerable y predispondría a los nadadores a sufrir una fatiga precoz.

En cambio, estos grandes aumentos de la velocidad de los miembros no serían necesarios para acelerar el cuerpo hacia delante si los nadadores cambiasen periódicamente la dirección de sus manos durante la brazada subacuática. Cambiar la dirección de la mano les permitiría sacarla del agua que previamente habían acelerado hacia atrás y meterla en agua tranquila o que se desplazaba lentamente, que podrían acelerar en direcciones mayormente hacia atrás con menos esfuerzo muscular. Por lo tanto, podrían ganar más propulsión con menos fuerza muscular utilizando una brazada subacuática en forma de S.

Los críticos de esta teoría argumentaban que los componentes laterales, descendentes y ascendentes de estas trayectorias en forma de S aumentarían el arrastre y, por lo tanto, reducirían la propulsión. Los defensores de la teoría replicaban diciendo que la fuerza propulsora neta sería mayor durante cada brazada a pesar de los movimientos laterales y verticales de los brazos. Esta noción de que se puede producir más fuerza propulsora con movimientos que contienen algunos componentes laterales y verticales que con movimientos que se dirigen directamente hacia atrás es importante. Aprenderás más tarde que los nadadores no pueden y no deben dirigir la brazada directamente hacia atrás para propulsar el cuerpo hacia delante, incluso cuando aplican el

principio de Newton de acción y reacción.

Figura 1.4. Una nadadora de estilo libre vista desde abajo desplazando su mano en una trayectoria propulsora en forma de S durante la fase propulsora de la brazada subacuática.

Las teorías de la propulsión basada en la sustentación

Las trayectorias de las brazadas ilustradas en las figuras 1.2, 1.3 y 1.4 son trayectorias punteadas de forma hipotética de los movimientos subacuáticos de las manos de nadadores, y, como tales, son defectuosas porque muestran las manos desplazándose hacia atrás en relación con el cuerpo. Como se mencionó en la introducción a la primera parte de este libro, la falacia de

presentar las trayectorias de brazadas de esta forma es que los nadadores parecen quedarse en el mismo sitio mientras que los brazos se desplazan a lo largo del cuerpo. En realidad, por supuesto, el cuerpo está siempre desplazándose hacia delante cuando nadan, así que los brazos se desplazan hacia atrás significativamente menos de lo que se indica en estas figuras.

Brown y Counsilman (1971) fueron los primeros en mostrar las direcciones reales de las manos de los nadadores durante las brazadas subacuáticas. En su estudio pionero, filmaron a nadadores en una piscina oscura con una luz atada a los dedos de la mano. Cuando se reveló la película, las trayectorias de brazada descubiertas en estas películas cinematográficas eran bastante diferentes de cualquiera que se había visto con anterioridad. Mostraron a los nadadores haciendo movimientos diagonales de brazada con las manos desplazándose en direcciones más laterales y verticales que hacia atrás. Sus resultados fueron verificados después en varios estudios que mostraron a los nadadores utilizando trayectorias de brazada circulares con componentes laterales y verticales que superaban los movimientos de las manos dirigidos hacia atrás (Plagenhoff, 1971; Barthels y Adrian, 1974; Belokovsky e Ivanchenko, 1975; Schleihauf, 1978; Czabanski y Koszyczyc, 1979; Reischle, 1979; Schleihauf *et al*., 1984; Hinrichs, 1986; Luedtke, 1986; Maglischo *et al*., 1986). A diferencia de las trayectorias de brazada dibujadas en relación con los cuerpos estacionarios, las trayectorias captadas en película por Brown y Counsilman mostraron los movimientos reales de las manos de los nadadores durante sus brazadas subacuáticas. Se ilustran las trayectorias típicas de la brazada para los cuatro estilos competitivos, dibujadas en relación con un punto fijo en la piscina, en la figura 1.5.

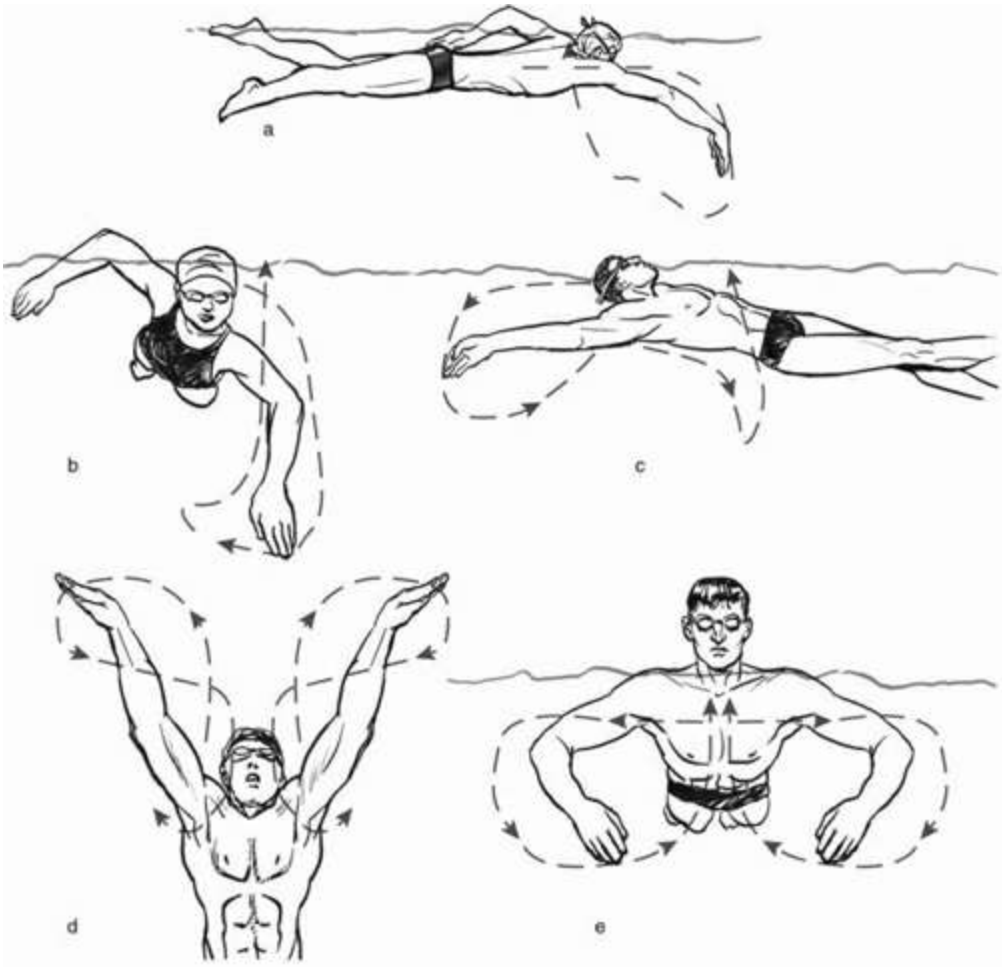


Figura 1.5. Trayectorias de la brazada de los cuatro estilos competitivos dibujadas en relación con un punto fijo: (a) vista lateral y (b) frontal del estilo libre; (c) vista lateral de espalda; (d) vista inferior de mariposa, y (e) vista frontal de braza.

Brown y Counsilman creyeron que los componentes laterales y verticales de los movimientos de las manos de los nadadores, dada su magnitud, tenían que ser propulsores, y, por lo tanto, dudaron de que el principio de Newton de acción y reacción pudiese ser el principal mecanismo de la propulsión en la natación humana. En su búsqueda de un principio físico que explicase cómo los movimientos laterales y verticales de los miembros podrían generar propulsión, adoptaron el teorema de Bernoulli que describiré a continuación.

El teorema de Bernoulli

Daniel Bernoulli era un científico suizo que fue el primero en identificar la relación inversa entre la velocidad del flujo de un fluido y la presión. Encontró que, para un fluido ideal, la presión era menor cuando el fluido fluía rápidamente, y era ma yor cuando el fluido tenía menor velocidad. El teorema de Bernoulli proporciona una explicación de la forma en que se producen las fuerzas de sustentación cuando objetos con perfil de ala se desplazan a través de fluidos, o cuando estos fluyen alrededor de dichos objetos. El teorema de Bernoulli se explica mejor con respecto a la aerodinámica. Sin embargo, el ejemplo también puede aplicarse a la hidrodinámica porque tanto el aire como el agua son fluidos.

Cuando un avión se desplaza hacia delante, el movimiento relativo de las corrientes de aire inmediatamente delante del ala irá hacia atrás, ejerciendo una fuerza de arrastre que actúa en dirección contraria a la del desplazamiento del avión. El ala debe separar las corrientes de aire para poder pasar a través de ellas. Como consecuencia, algunas de las corrientes pasan por encima del ala mientras que otras pasan por debajo. En la figura 1.6, el movimiento de esta corriente se ilustra con las pequeñas flechas que representan el flujo relativo del aire.

Las alas están dispuestas de manera que la velocidad del aire que pasa por encima de ellas es mayor que la que pasa por debajo. Dado que la superficie superior del ala es redondeada y, por lo tanto, más larga que la inferior, la velocidad del aire que fluye por encima debe acelerar para llegar a la parte trasera del ala al mismo tiempo que el aire que fluye por debajo. Según el teorema de Bernoulli, este aumento de la velocidad causa que las moléculas del aire que pasan por encima del ala se separen, reduciendo así la presión en relación con la presión del aire que pasa por debajo. Los objetos tienden a desplazarse desde áreas de presión alta a áreas de presión baja, así que una vez que el diferencial de presión entre la superficie superior y la inferior del ala es lo bastante grande empujará el avión hacia arriba y lo mantendrá en el aire. Como se indicó anteriormente, la fuerza ascendente ejercida por este diferencial de presión se llama *sustentación* y, como se ilustra en la figura 1.6, se ejerce perpendicularmente a la dirección de la fuerza de arrastre.

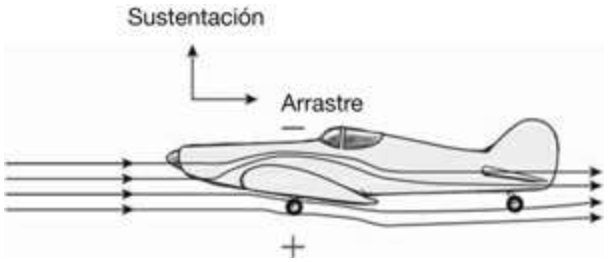


Figura 1.6. Un ejemplo del papel desempeñado por el teorema de Bernoulli en el vuelo de un avión.

Counsilman y Brown sugirieron que, como la mano humana tenía forma de ala, podría utilizarse para producir sustentación de una manera similar a la que se obtiene con objetos con perfil de ala. Un ejemplo de la manera en que la propulsión en la natación podría resultar de la aplicación del teorema de Bernoulli se muestra en la figura 1.7.

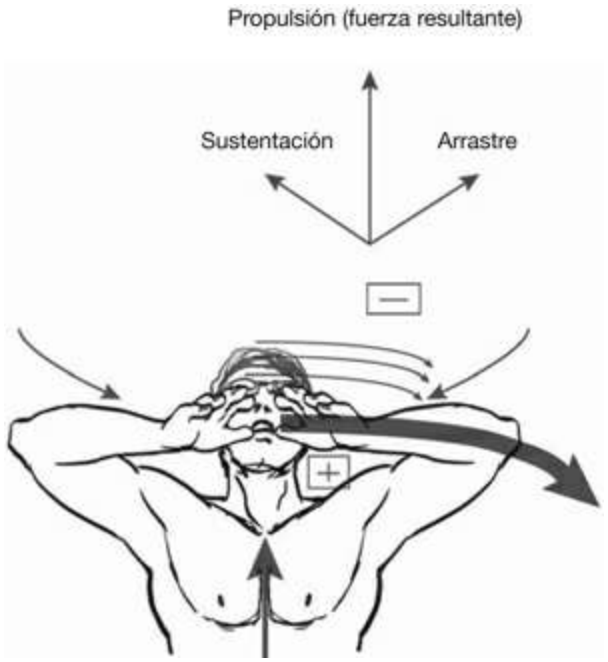


Figura 1.7. La aplicación del teorema de Bernoulli a la propulsión en la natación.

La ilustración de la figura 1.7 muestra la vista inferior de un nadador de mariposa desplazando sus manos hacia atrás y hacia dentro por debajo de su cuerpo. Al hacerlo, las fuerzas de arrastre indicadas por el vector de arrastre por encima de la mano izquierda del nadador se ejercerán en la dirección opuesta al desplazamiento de sus manos. Según el teorema de Bernoulli, el agua que fluye por encima de las superficies superiores más largas de las manos del nadador (ilustrada por las flechas pequeñas por encima de la mano izquierda del nadador) será acelerada de manera que llegará al lado del meñique de la mano del nadador al mismo tiempo que el agua que fluye por debajo de su mano (ilustrada por la flecha grande debajo de la mano izquierda del nadador). Como consecuencia, la presión del agua será más baja por encima de las manos del nadador, donde fluye más rápidamente, que por debajo de sus manos, donde el agua fluye más lentamente. Esta diferencia de presión se indica con los signos + y – debajo y encima de la mano del nadador. Estos diferenciales de presión producen fuerzas de sustentación que, como sabemos, actúan perpendicularmente a la dirección de las fuerzas de arrastre. La dirección de la fuerza de sustentación se indica en el vector de sustentación por encima de la mano izquierda del nadador.

La situación en cuanto a la propulsión en la natación humana es algo más complicada de lo que se indicó en el ejemplo simplificado del avión en la figura 1.6 (véase página 19). El movimiento hacia delante del nadador, llamado *propulsión* o *fuerza resultante* en la figura 1.7 (página 19), es causado realmente por una combinación de las fuerzas de sustentación y arrastre producidas por el cuerpo del nadador. Sus manos se desplazan diagonalmente hacia atrás, causando la producción de fuerzas de sustentación y arrastre en una dirección diagonal hacia delante y no directa. La combinación de partes de estas dos fuerzas produce un componente de fuerza que apunta directamente hacia delante. Ésta es la fuerza que acelera al nadador hacia delante. (Recuerda, ya que esta ilustración es de la vista inferior del nadador, que el vector que apunta hacia arriba realmente representa una fuerza que apunta hacia delante.) Para ser totalmente exacto, la fuerza propulsora se ejerce realmente contra la mano y el brazo del nadador. Sin embargo, cuando éste resiste esa fuerza manteniendo el empuje de sus manos hacia dentro y hacia atrás, la fuerza propulsora se transfiere a su cuerpo suspendido, que acelera hacia delante pasando al lado de sus brazos.

El teorema de Bernoulli ha ganado una amplia aceptación durante las últimas dos décadas porque proporcionaba una razón científica que explica los movimientos diagonales de brazada que utilizaban los nadadores. Sin embargo, recientemente, varios expertos han llegado a dudar de su aplicación a la propulsión en la natación humana. Algunas investigaciones de los últimos años sugieren que el teorema de Bernoulli no está implicado en la propulsión en la natación en absoluto.

Críticas al teorema de Bernoulli

La principal crítica relacionada con el teorema de Bernoulli es que puede que no se aplique a la propulsión en la natación humana. El teorema de Bernoulli sólo se aplica cuando el flujo del agua por encima de la superficie superior de un objeto con perfil de ala permanece unido al objeto, es decir, si el agua pudiera pasar por encima del objeto con perfil de ala sin que se separase la capa límite. La capa límite consiste en las moléculas de agua que permanecen en contacto con un objeto que se desplaza a través de ellas. Una capa límite intacta indica una baja turbulencia y baja presión, que resulta en un mayor diferencial de presión entre la superficie inferior del objeto con perfil de ala donde la presión es mayor y la superficie superior donde la presión es menor. Cuando aumenta la turbulencia, las moléculas de agua se separan de la superficie superior del objeto con perfil de ala y se dice que la capa límite se ha separado. Por lo tanto, una capa límite separada indica turbulencia y un aumento de la presión por encima del objeto. A su vez, esto reduce el diferencial de presión entre las superficies inferior y superior del objeto y reduce la fuerza de sustentación. *Como consecuencia, una capa límite intacta o unida es esencial para que se produzcan fuerzas de sustentación según el mecanismo de Bernoulli*. Cuando la capa límite se separa, ya no existen las condiciones necesarias para que el mecanismo de Bernoulli pueda producir la fuerza de sustentación.

Actualmente existen bastantes pruebas de que los miembros de los humanos no son, y nunca han sido, suficientemente lisos ni parecidos a objetos con perfil de ala para permitir que el flujo del agua permanezca

adherido a la superficie superior de las manos del nadador al pasar alrededor de ellas. Por lo tanto, es dudoso que el mecanismo de Bernoulli sea responsable de la propulsión en la natación. Por el momento, describiré los resultados de algunas investigaciones que tienden a desacreditar el teorema de Bernoulli como mecanismo propulsor. Sin embargo, antes de hacerlo, me gustaría describir cómo se miden los *ángulos de ataque* de las manos porque estaré refiriéndome a ellos regularmente a lo largo de este y otros capítulos.

Ángulos de ataque. El ángulo de ataque de las manos ha sido un tema que ha merecido mucha atención en relación con el teorema de Bernoulli. La razón ha sido que se creía que el ángulo de ataque desempeñaba un papel importante en la creación del diferencial de presión entre las superficies inferior y superior de la mano que causaba la producción de la fuerza de sustentación. El ángulo de ataque es el ángulo formado por la inclinación de la palma de la mano hacia la dirección en la que se desplaza por el agua. Por ejemplo, con un ángulo de 90º, la palma de la mano estaría mirando directamente en la dirección en la que se está desplazando. Con un ángulo de 0º, el borde de la mano, sea el borde del pulgar o el borde del meñique, estaría mirando en la dirección en la que se desplaza la mano.

La ilustración de la figura 1.8 presenta un ejemplo de cómo se mide el ángulo de ataque. Es importante saber cómo se desplaza la mano por el agua para poder comprender este valor. Saber qué parte de la mano está en cabeza y pasa primero por una sección de agua y, por lo tanto, qué parte va atrasada de manera que pasa la última por la sección de agua determina la dirección de la fuerza de arrastre y, por consiguiente, la dirección de la fuerza de sustentación. Como se mencionó anteriormente, se creará una fuerza de arrastre en la dirección opuesta a la dirección que lleva la mano en el agua. Para los movimientos hacia dentro, el borde del pulgar será la parte que va en primer lugar. Es decir, que el pulgar pasará primero por una sección de agua y el meñique pasará último por esa misma sección. Por lo tanto, la dirección de la fuerza de arrastre se ejercerá por la mano desde el pulgar hasta el meñique. En cambio, durante los movimientos hacia fuera el meñique irá en primer lugar y la fuerza de arrastre se ejercerá desde el meñique hacia el pulgar. De igual manera, las yemas de los dedos formarán el borde de la mano que va primero durante el primer movimiento descendente del brazo al principio de la brazada subacuática en el estilo libre y espalda. En otras

palabras, las yemas de los dedos pasarán primero por una sección de agua y la parte de la palma próxima a la muñeca pasará por dicha sección en último lugar, de manera que la fuerza de arrastre irá desde las yemas de los dedos hacia las muñecas. Durante los movimientos ascendentes del brazo, la parte de la palma próxima a la muñeca pasará primera por el agua, seguida del resto de la mano y los dedos, y la fuerza de arrastre irá desde las muñecas hacia las yemas de los dedos.

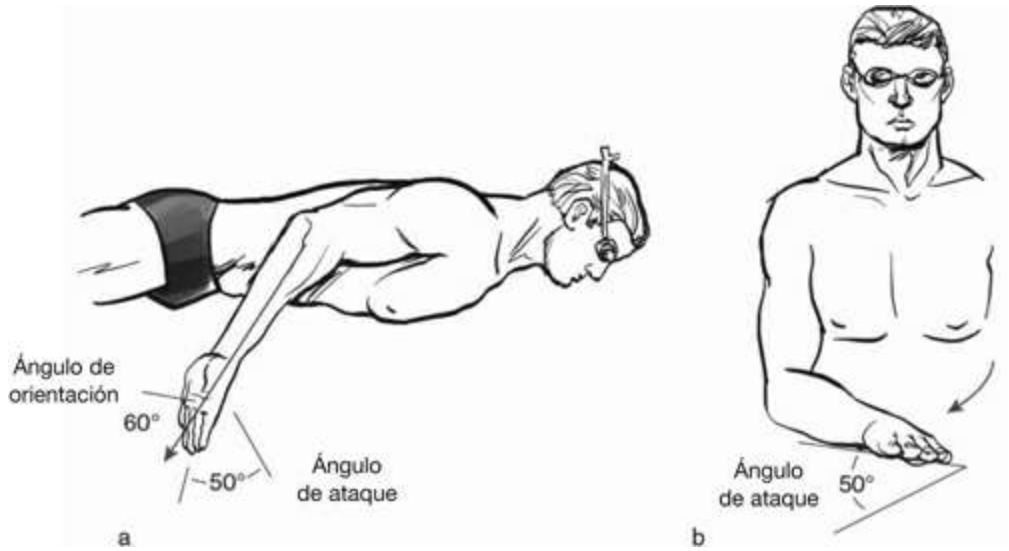


Figura 1.8. Vistas lateral e inferior del nadador de estilo libre terminando la fase propulsora de su brazada subacuática. El nadador ilustra el ángulo de orientación del movimiento hacia atrás en (a) y el ángulo de ataque en (b).

El agua no fluye siempre directamente debajo del centro de la palma desde el borde de ataque hasta el de salida, sino que normalmente fluye siguiendo un ángulo. La dirección del flujo de esta agua se denomina *el ángulo de orientación*. La línea que recorre la parte dorsal del antebrazo del nadador y atraviesa su palma en la figura 1.8a muestra este ángulo de orientación. La mano del nadador está desplazándose hacia fuera, hacia arriba y hacia atrás, y su mano está angulada hacia fuera y hacia arriba. Por lo tanto, el flujo relativo del agua baja por la palma del nadador, del borde de la muñeca del lado del meñique hacia las yemas de sus dedos del lado del pulgar.

El ángulo de ataque de la mano indica su inclinación en la dirección del

flujo relativo del agua al pasar por la palma. Los dibujos en la figuras 1.8a y b indican que el nadador está utilizando un ángulo de ataque de 50º. El ángulo de ataque es una medida tridimensional y, por lo tanto, no puede representarse con precisión en dos dimensiones. Por esta razón, la posición de la mano se muestra desde la vista lateral y la inferior.

Terminada esta explicación, volveré a describir algunos de los estudios que critican el principio de Bernoulli como mecanismo propulsor. Me gustaría describir cuatro de ellos. El primero fue una tesis de master dirigida por Ferrell en la Universidad Estatal de Cortland. El segundo es de un científico de cohetes y padre de nadador llamado Bixler. El tercer estudio fue dirigido por Holt y Holt en la Universidad de Dalhousie, y el cuarto y más reciente fue dirigido por Toussaint y colaboradores del Instituto para la Ciencia Fundamental y Clínica del Movimiento Humano de Ámsterdam.

La investigación de Ferrell. Ferrell (1991) utilizó tres modelos de las manos de nadadores hechas de resina de fibra de vidrio para estudiar su potencial para producir sustentación mediante el principio de Bernoulli. Colocó flecos (pequeñas tiras de látex que medían aproximadamente 2,5 cm de largo) en los modelos y luego los desplazaba por el agua con varios ángulos de ataque. Los dibujos de la figura 1.9 ilustran la mano de fibra de vidrio con los flecos utilizada por Ferrell. Los flecos estaban adheridos al dorso de la mano fijados sólo por un extremo de manera que el otro podía ondear libremente en el agua. Utilizando un dispositivo movido por gravedad, la mano era trasladada por el agua a velocidades de entre 0,30 y 3 m/s con ángulos de ataque que variaban entre 0º y 40º desde dos orientaciones diferentes. Todas las pruebas simulaban un movimiento hacia dentro con el lado del pulgar pasando por el agua primero. Se realizaron un total de cuarenta y cinco pruebas, y se filmó cada prueba con vídeo para observar cómo el movimiento de la mano afectaba los flecos adheridos a ella.

La idea en la que se basaba este procedimiento era utilizar los flecos como vehículo para visualizar el patrón del flujo del agua alrededor de la mano. Si la capa límite estaba adherida, todos los flecos serían empujados para atrás contra la superficie de la mano hacia el lado del meñique, es decir, en la dirección opuesta al movimiento de la mano por el agua. En cambio, si la capa límite se había separado al pasar el agua por encima de la mano, los

flecos estarían ondeando en direcciones aleatorias.

Ferrell no encontró ninguna evidencia de que la capa límite quedase unida. Los movimientos totalmente aleatorios de los flecos indicaron que el agua era tan turbulenta que la capa límite no podía permanecer intacta, incluso cuando la mano se desplazaba lentamente y con ángulos agudos de ataque. La figura 1.9 ilustra el movimiento de los flecos cuando la mano de fibra de vidrio se estaba moviendo por el agua con un ángulo de ataque de 30º. Se puede ver que los flecos están ondeando de forma aleatoria.

Ferrell concluyó que la turbulencia exhibida por los flecos indicaba una separación de la capa límite por encima de la superficie superior de la mano, que a su vez anulaba cualquier posibilidad de que fuerzas originadas por el teorema de Bernoulli pudiesen producirse con los ángulos de ataque y velocidades de la mano utilizados por los nadadores de competición.

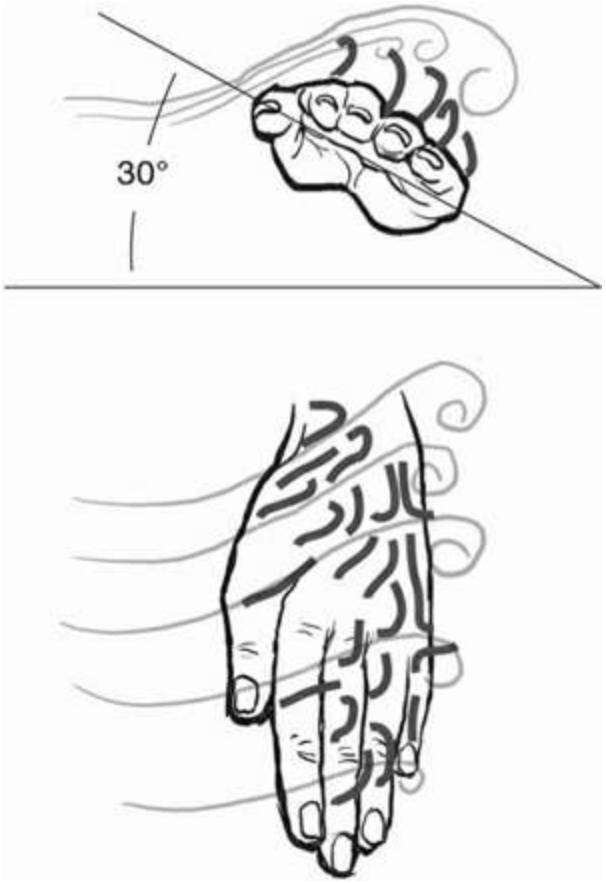


Figura 1.9. Reproducción de la imagen de vídeo de la mano de resina de fibra de vidrio de Ferrell con los flecos adheridos.

Adaptada de Ferrell, 1991.

La investigación de Bixler. Bixler (1999) utilizó un enfoque innovador para estudiar el flujo del agua alrededor de las manos del nadador. De profesión ingeniero, elaboró un modelo de la superficie de la mano y del brazo de un nadador en el ordenador, y luego utilizó un programa de análisis para calcular, entre otros factores, la dirección y la velocidad del flujo del fluido, los cambios de presión dentro de los fluidos y su efecto resultante sobre las fuerzas de sustentación y arrastre. Este procedimiento, llamado *dinámica de fluidos informatizada*, es una metodología bien establecida en el campo de la ingeniería para resolver problemas complejos de flujo con un ordenador. Según Bixler, se puede considerar que el método es parecido a un túnel de viento dentro de un ordenador.

Utilizando el ordenador para simular el flujo del agua alrededor de su modelo, Bixler demostró que el agua se alejaba antes de que pudiera pasar alrededor del modelo. Esto le llevó a concluir que: “El hecho de que la capa límite se separe es importante porque demuestra que la ecuación de Bernoulli no debe emplearse para explicar la sustentación que los nadadores generan con sus manos”. Afirmó además: “Uno de los supuestos establecidos por Bernoulli al derivar su ecuación era que el flujo de un fluido se realizaba sin fricción, lo que significa que la capa límite se quedaba unida”.

Quiero aclarar que los resultados de Ferrell y Bixler no significan que las fuerzas de sustentación no son producidas por los nadadores, sino que indican que el efecto de Bernoulli no podía ser responsable de ellas.

Bixler también comparó su modelo de la mano con un modelo combinado de una mano y un brazo para comprobar su capacidad para producir sustentación con varios ángulos de ataque y orientaciones en el agua. El modelo combinado de la mano y el brazo era aún menos parecido a una forma con perfil de ala. El modelo simulado de la mano y el brazo produjo grandes coeficientes de arrastre y coeficientes mínimos de sustentación con

todos los ángulos de ataque. De hecho, cuando se calcularon los coeficientes para el modelo combinado de la mano y el brazo, los de arrastre superaron los de sustentación por un margen considerable con todos los ángulos de ataque. Por lo tanto, es dudoso que las manos y los brazos de los nadadores puedan producir sustentación mediante el mecanismo del principio de Bernoulli cuando carecen de tantas características propias de una forma con perfil de ala.

La investigación de Holt y Holt. Los estudios que utilizaron canales de agua y modelos de escayola de los miembros humanos ciertamente han ampliado nuestros conocimientos sobre la propulsión en la natación. Sin embargo, si eres como yo, te gustará ver los resultados generados por sujetos humanos. En este caso, los resultados de otros dos estudios ponen en duda la aplicación del principio de Bernoulli a la propulsión en la natación humana. El primero de estos fue dirigido por Holt y Holt (1989).

Dichos investigadores hicieron que un grupo de nadadores completasen pruebas cronometradas de una distancia idéntica de 91,44 m con y sin palas con forma de aleta fijadas en el dorso de la mano. El objetivo de las palas era perturbar el flujo del agua de manera que la capa límite se separase y no se pudiese producir sustentación por el efecto de Bernoulli. Los tiempos de los nadadores eran, como promedio, sólo un 2% más lentos cuando utilizaban las palas. Dicho resultado llevó a los autores a concluir que, en el mejor de los casos, el principio de Bernoulli desempeñaba sólo un papel menor en la propulsión en la natación.

La investigación de Toussaint, van den Berg y Beek. Toussaint, van den Berg y Beek (2000) utilizaron la técnica de los flecos para examinar la dirección del flujo del agua alrededor de los brazos de atletas mientras nadaban. Adhirieron los flecos a la parte anterior de las manos y antebrazos de los nadadores y luego los filmaron mientras nadaban en la piscina con velocidad lenta, moderada y rápida. Se sorprendieron al ver que una parte del agua estaba bajando por la parte anterior de los antebrazos y las manos de los nadadores durante la fase propulsora de la brazada. Los tres habían supuesto que la dirección del flujo del agua sería opuesta a la de las manos y brazos de los nadadores. Esta dirección del flujo del agua hacia abajo, que ellos

denominaron fuerza *axial*, causaría turbulencia por encima de la mano e imposibilitaría mantener la capa límite intacta. Por consiguiente, concluyeron que las manos de los nadadores no podían funcionar como si tuviesen una forma con perfil de ala y así generar fuerzas de sustentación según el principio de Bernoulli.

La teoría del vórtice

Se ha ofrecido la teoría del vórtice para explicar cómo las fuerzas de sustentación podrían desempeñar un papel importante en la propulsión en la natación, incluso cuando la capa límite se separa al desplazar los nadadores sus miembros por el agua. Cecil Colwin (1992) ha sido el defensor más destacado del papel de la formación de vórtices en la propulsión en la natación. Cree que la formación de vórtices puede mantener un diferencial de presión entre las superficies inferior y superior de la mano de los nadadores, incluso cuando el flujo del agua es turbulento.

Un vórtice es una masa de fluido en rotación. La ilustración de la figura 1.10 muestra cómo la formación de un vórtice podría aumentar la fuerza de sustentación sobre un objeto con perfil de ala. El proceso empieza con la formación de un vórtice inicial. Algunas de las moléculas que pasan por encima de los bordes de salida del objeto y algunas que pasan por debajo de estos bordes de salida se enrollarán hacia arriba, hacia la superficie superior del objeto, porque la presión del agua por encima del objeto es menor que la que hay debajo. Estas moléculas de agua se desplazan no solamente hacia arriba sino también hacia delante, por encima del objeto formando el vórtice inicial. Según el principio de Newton de acción y reacción, un vórtice moviéndose en una dirección creará un “contravórtice” de igual magnitud girando en la dirección opuesta. Este “contravórtice” se denomina el *vórtice adherido*.

Un vórtice adherido actúa como una capa de fluido que circula alrededor del objeto con perfil de ala en dirección opuesta a la del vórtice inicial, es decir, rota en la dirección de las agujas del reloj desde la parte delantera hacia

la parte trasera por encima del objeto y desde la parte trasera hacia la parte delantera por debajo del mismo. Por esto, la fuerza del “contravórtice” por encima del objeto irá en la misma dirección que el flujo relativo del agua por encima del mismo, de delante atrás. Al hacerlo, aumenta la velocidad del flujo del agua por encima de la superficie superior del objeto que, a su vez, causa una reducción adicional de la presión por encima de esta superficie. Al mismo tiempo, la fuerza del “contravórtice” por debajo del objeto se ejerce en la dirección opuesta al flujo del agua. Por lo tanto, el “contravórtice” desacelerará la velocidad de aquel fluido y causará un aumento adicional de la presión por debajo del objeto. El resultado de estas acciones es que el diferencial de presión requerido para la producción de fuerzas de sustentación se intensificará entre las superficies inferiores (+) y superiores (-) del objeto, incluso cuando el flujo real del agua alrededor del objeto es inestable.

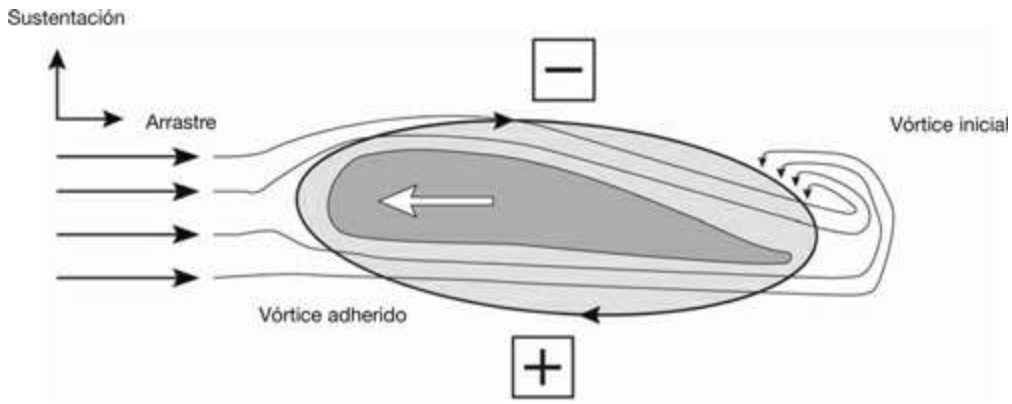


Figura 1.10. La formación de un vórtice adherido alrededor de un objeto con perfil de ala.

Habiendo dicho esto, debería aclarar que un vórtice adherido no es una realidad física. Es decir, una capa de agua no está realmente circulando alrededor del objeto con perfil de ala de la manera que acabo de describir. No obstante, la fuerza asociada con la formación de un vórtice inicial tiene que producir una fuerza contraria de igual magnitud. Esta fuerza contraria actuará como un “contravórtice” y aumentará el diferencial de presión entre las superficies inferiores y superiores del objeto como si hubiese una capa de agua circulando en dirección contraria a la del vórtice inicial. Esta fuerza contraria seguirá intensificando el diferencial de presión entre las superficies

inferiores (+) y superiores (–) del objeto con perfil de ala hasta que el vórtice inicial es arrastrado por el agua. El vórtice inicial normalmente es llevado por el agua en forma de una masa de moléculas girando en círculos cuando se produce un cambio repentino en la dirección o velocidad del objeto y/o en su ángulo de ataque.

Colwin cree que los nadadores se propulsan a través del agua con movimientos rotativos de los miembros que causan la formación de vórtices que luego son dejados con cada cambio de dirección que efectúan durante sus brazadas subacuáticas. Los nadadores eficientes, en su opinión, saben formar y dejar los vórtices controlando la forma y los movimientos de sus miembros para crear propulsión de dos tipos: *perfil de ala* y *aro volador*. En general cree que la propulsión tipo perfil de ala tiene lugar en la primera mitad de la brazada subacuática, mientras que el mecanismo del aro volador se utiliza, con mayor frecuencia, para producir propulsión durante la segunda mitad de la brazada. Colwin también ha sugerido que el mecanismo del aro volador crea propulsión cuando las piernas cambian de dirección descendente a ascendente, o viceversa, durante el batido. Ahora describiré los mecanismos de perfil de ala y aro volador con mayor profundidad.

La propulsión tipo perfil de ala. La propulsión tipo perfil de ala es el resultado de las fuerzas de sustentación producidas cuando se forma un vórtice inicial y antes de que se lo lleve el agua o sea dejado atrás. El flujo del fluido por las manos debe ser estable para que no se deje el vórtice inicial atrás. Se cree que los buenos nadadores establecen este flujo estable mediante la orientación cuidadosa de sus manos al principio de la brazada subacuática. Una vez establecido este flujo, los nadadores lo mantienen mediante una cuidadosa aceleración y orientación de los miembros de manera que el fluido no se separe de ellos. Sin embargo, sólo pueden mantener el flujo estable alrededor de las manos durante una pequeña parte de la brazada subacuática, porque los miembros están cambiando constantemente de dirección, de velocidad y de ángulo de ataque. Por consiguiente, el vórtice inicial debe ser dejado atrás y formarse uno nuevo cada vez que los nadadores realizan un cambio importante de dirección, de velocidad o de ángulo de ataque con los miembros. Colwin cree que el factor que diferencia a los nadadores con destreza de los que no tienen tanta es la habilidad de aquéllos de controlar los movimientos de sus miembros de manera que los vórtices iniciales se

mantengan durante una fase particular de la brazada y luego se dejen atrás en el momento oportuno.

La propulsión tipo aro volador. La propulsión tipo aro volador ocurre en los principales puntos de transición en la brazada subacuática cuando se dejan los vórtices iniciales. El agua que es lanzada hacia atrás desde los miembros después de un repentino cambio de velocidad, dirección o ángulo de ataque causa una fuerza contraria de igual magnitud que acelerará al nadador hacia delante. Un ejemplo de cómo se supone que aumenta este fenómeno la propulsión en la natación se ilustra en la figura 1.11 con un nadador de estilo libre.

En esta ilustración se ve al nadador ejecutando la última fase propulsora de su brazada subacuática. Cuando cambia la dirección de su mano de dentro afuera al principio de este movimiento, crea un vórtice inicial que es transportado con su mano hasta que desacelera justo antes de llegar a la superficie. En este punto, el vórtice inicial es dejado atrás, produciéndose una aceleración de la velocidad de avance del nadador.

La teoría de los vórtices en la propulsión en la natación se basa en los principios sólidos de la aerodinámica. Si realmente actúa durante la natación humana, significará que las fuerzas de sustentación contribuyen de modo considerable a la propulsión incluso cuando la capa límite se separa. Desafortunadamente, existen muchas dificultades para verificar o desmentir esta teoría.

Figura 1.11. Un ejemplo del mecanismo del aro volador con un nadador de estilo libre que completa la fase propulsora de su brazada subacuática.

Adaptada de Colwin, 1984.

El principal problema para verificar esta teoría es determinar si los nadadores pueden realmente establecer un vórtice adherido alrededor de las manos y los pies durante sus esfuerzos propulsores subacuáticos. Si no se puede mantener un vórtice adherido, aunque sea a lo largo de distancias cortas, su efecto para aumentar la fuerza de sustentación y perder los vórtices no estaría disponible para la propulsión tipo perfil de ala ni tipo aro volador.

Es cierto que se ven los vórtices perdidos por las manos, brazos y pies de los nadadores. No obstante, no existe ninguna prueba de que estas masas de aguas turbulentas que quedan atrás resulten de la creación y abandono de los vórtices adheridos. De hecho, las pruebas disponibles indican que un vórtice adherido no se desarrollará alrededor de unos objetos tan pequeños y tan poco hidrodinámicos como las manos y los brazos de los nadadores. Un vórtice adherido necesita tiempo para desarrollarse, y el hecho de que la capa

límite se separa tan deprisa al pasar por la mano humana hace dudoso que haya bastante tiempo para formar un vórtice inicial que se desarrollará en un vórtice adherido.

Los patrones de la velocidad de avance del centro de masas de los nadadores también crean una duda sobre la eficacia de los mecanismos de perfil de ala y aro volador para producir la propulsión. Si estuviesen funcionando, esperarías ver los cuerpos de los nadadores acelerando hacia delante al realizar los principales cambios de dirección y de velocidad de los miembros durante sus brazadas subacuáticas. Sin embargo, estos registros del centro de masas indican que los nadadores realmente desaceleran durante estos momentos. El patrón común es que el cuerpo acelerará hasta una velocidad pico en medio de cada fase propulsora de la brazada subacuática y desacelerará hacia el final de la misma. La única excepción a esta observación general ocurre durante el final de la brazada subacuática en mariposa, espalda y estilo libre.

El tercer principio del movimiento de Newton

Considero la evidencia de que el principio de Bernoulli no esté implicado en la propulsión en la natación bastante convincente. También creo que las pruebas actualmente disponibles no apoyan la noción de que la propulsión sea el resultado de la formación y pérdida de vórtices. En mi opinión, el tercer principio del movimiento de Newton, el principio de la acción y reacción, ofrece la explicación más probable de la propulsión en la natación humana.

La fuerza contraria que los nadadores producen cuando empujan diagonalmente hacia atrás contra el agua con sus miembros proporciona la fuerza que propulsa su cuerpo hacia delante. Esta fuerza contraria es una combinación de las fuerzas de sustentación y de arrastre que producen con

sus miembros porque, por razones que presentaré más adelante, no empujan esta agua directamente hacia atrás. Sin embargo, creo que el acto de empujar el agua mayormente hacia atrás crea la fuerza propulsora que acelera el cuerpo del nadador hacia delante. Aunque ésta es la teoría de la propulsión que he llegado a aceptar después de varios años de estudio, no puedo garantizar que es, en todos sus aspectos, una explicación precisa de los mecanismos de la propulsión humana. Sin embargo, en el momento actual, parece ser la explicación más lógica basada en las pruebas disponibles.

Preguntas acerca de la propulsión newtoniana

Había varias preguntas que tenía que contestarme antes de llegar a mi opinión actual de que los principios del movimiento de Newton fueran los responsables de la propulsión en la natación competitiva. El primer tema tenía que ver con por qué las manos de los nadadores se movían lateral y verticalmente durante tanto tiempo durante las brazadas subacuáticas.

P *¿Por qué los nadadores utilizan trayectorias de brazada diagonales si su objetivo es empujar el agua hacia atrás?*

Ésta es una pregunta que podría surgir de forma lógica. Quizá fue el tema más importante que tuve que resolver antes de aceptar que la propulsión en la natación humana resultaba de empujar el agua hacia atrás con los miembros. Un movimiento recto hacia atrás parecería ser el método más efectivo para producir la mayor fuerza contraria propulsora; sin embargo, los patrones de brazada mostraron universalmente que durante las brazadas subacuáticas los nadadores movían los miembros en direcciones laterales y verticales tanto o más que hacia atrás. Después de considerarlo durante mucho tiempo, creo que puedo proporcionar algunas explicaciones creíbles de estas trayectorias diagonales de brazada. Las presentaré en las siguientes secciones.

R *Los movimientos diagonales de brazada probablemente aumentan la distancia por brazada y la fuerza propulsora total por ciclo de brazada*.

Quizá la razón más convincente por la que se realiza una brazada diagonalmente hacia atrás fue presentada por Counsilman (1977) cuando razonó que los nadadores movían las manos con trayectorias con forma de S para alejar los miembros del agua que previamente habían acelerado hacia atrás e introducirlos en corrientes de agua que iban más lentamente y que podían acelerar hacia atrás con menos esfuerzo. Por lo tanto, los nadadores deberían poder ganar más distancia por brazada con menores frecuencias de ciclo y menor gasto energético muscular empujando contra varios segmentos de agua que fluyen lentamente.

Se podría cuestionar si los componentes lateral y vertical de las brazadas de los nadadores reducirían la cantidad de fuerza propulsora que podrían producir comparándola con la producida sencillamente por empujar el agua directamente hacia atrás. De hecho, los movimientos diagonales de la brazada hacen que una mayor cantidad de agua sea desplazada hacia atrás con menos esfuerzo muscular durante toda la brazada subacuática, mientras que, al mismo tiempo, causan sólo una pequeña reducción de la fuerza propulsora en cada fase de esta brazada. Bixler (1999) lo demostró con su modelo del brazo y mano generado por ordenador. Calculó que la fuerza propulsora que generaban los nadadores con un movimiento diagonal de brazada era sólo ligeramente menor que la fuerza propulsora que podrían generar empujando el agua directamente hacia atrás. Las diferencias en la fuerza propulsora que calculó de un empuje dirigido directamente hacia atrás y de dos empujes dirigidos diagonalmente hacia atrás se muestran en la figura 1.12. Las trayectorias de las brazadas y las manos ilustradas al final de cada barra ofrecen una imagen visual de los ángulos de brazada y los ángulos de ataque de las manos representados por la misma barra. Se presenta la vista inferior de la brazada derecha de un nadador de estilo libre en medio de la brazada por debajo del cuerpo, con las manos representando imágenes en espejo, para que puedas seguir la trayectoria con la mano derecha.

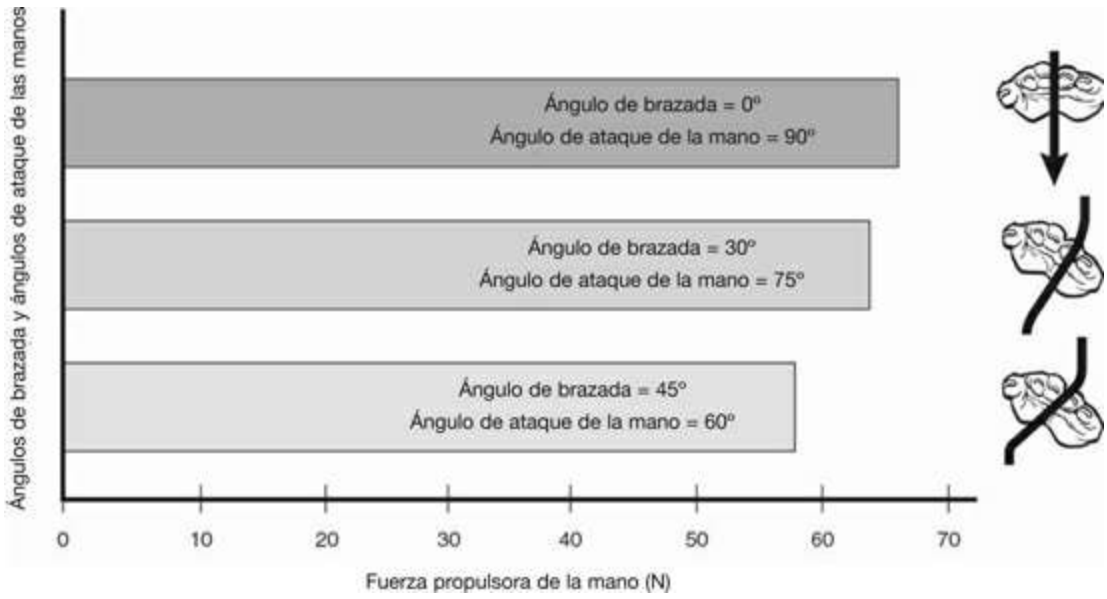


Figura 1.12. Las diferencias de fuerza propulsora calculadas para un empuje dirigido directamente hacia atrás y dos empujes dirigidos diagonalmente hacia atrás.

Adaptada de Bixler, 1999.

Cuando se compara con empujar la mano directamente hacia atrás (con un ángulo de brazada de 0º y un ángulo de ataque de 90º), la fuerza propulsora sólo se redujo en 2 newtons (N) (65 N frente a 63 N) cuando se cambió el ángulo de brazada a 30º y el ángulo de ataque de la mano a 75º. Se redujo en sólo 8 N (65 N frente a 57 N) cuando el ángulo de brazada fue de 45º y el ángulo de ataque de la mano fue de 60º.

La trayectoria de la brazada sería mucho más corta si los nadadores empujasen directamente hacia atrás desde el principio hasta el final de la brazada subacuática. También tendrían que utilizar una gran cantidad de fuerza muscular para acelerar los brazos y las manos hacia atrás lo bastante rápidamente para mantener la presión contra el agua que habían puesto en movimiento. Dado que la distancia es corta y los miembros deben acelerar rápidamente, el tiempo requerido para que los brazos recorriesen esta distancia también sería corto. Por lo tanto, los nadadores se desplazarían sólo una corta distancia hacia delante con cada brazada y necesitarían frecuencias

rápidas de ciclo para ser competitivos. Por consiguiente, parece razonable que, comparado con empujar directamente hacia atrás, realizar la brazada con una trayectoria más larga con menos esfuerzo muscular compensaría más que adecuadamente la pequeña cantidad de fuerza propulsora que pudieran perder. Si, como sugiere Bixler (1999), los nadadores pueden generar casi la misma cantidad de fuerza propulsora con un tirón diagonal hacia atrás, parece sensato utilizarlo. Los nadadores deberían poder ahorrar una cantidad significativa de energía aumentando la distancia que recorren por brazada y reduciendo la frecuencia de los ciclos, aunque estos ajustes se pagan con una pequeña reducción de la fuerza propulsora. Sin embargo, sospecho que la cantidad de fuerza propulsora generada con una brazada completa es mayor con una trayectoria de brazada más larga en la que los miembros se mueven diagonalmente hacia atrás que si la generasen con un empuje directo hacia atrás a lo largo de menos distancia.

Otro punto polémico es que los movimientos de brazada laterales y verticales podrían aumentar el arrastre porque causan que el cuerpo sea menos hidrodinámico. Aunque esto sea cierto, cualquier movimiento vertical o lateral del cuerpo que pudiese potencialmente aumentar el arrastre resistivo podría reducirse o eliminarse rotando el cuerpo en el estilo libre y espalda, y ondulándolo en mariposa y, quizá, braza. Ciertas acciones de contrapeso realizadas por las piernas y los brazos también ayudan a fijar una trayectoria recta de manera que el impulso propulsor total ganado por cada ciclo de brazada sea mayor que lo que sería si empujasen directamente hacia atrás.

R *Se necesitan movimientos de brazada laterales y verticales para aplicar la fuerza de forma más efectiva*.

Existen otras razones importantes por las que los nadadores deben incluir movimientos laterales y verticales en sus trayectorias de brazada. Las razones por las que los brazos se mueven hacia arriba y hacia abajo pueden explicarse de la siguiente manera. Después de entrar en el agua, los nadadores del estilo libre y de espalda deben bajar los brazos a una distancia considerable de la superficie del agua, de 50 a 70 cm, para colocarlos mirando hacia atrás para el agarre. Una vez alcanzada la profundidad adecuada para este propósito,

deben traer los brazos hacia arriba y sacarlos del agua para prepararlos para otra brazada subacuática. Por consiguiente, los brazos tienen que desplazarse hacia abajo y hacia arriba durante varias fases de la brazada subacuática.

Los nadadores no deben empujar hacia atrás contra el agua con los brazos y las manos mientras descienden hacia la posición del agarre. Sin embargo, deben aplicar la fuerza contra el agua cuando ascienden, y suelen hacerlo. Los nadadores al parecer escogen dar la brazada diagonalmente hacia arriba y hacia atrás en lugar de directamente hacia atrás, de manera que las manos estén preparadas para salir del agua cuando ha acabado su capacidad de producir una fuerza propulsora. Si empujasen los brazos directamente hacia atrás desde la posición del agarre, la fase propulsora de cada brazada terminaría con los brazos a una profundidad de 50 a 70 cm, y causarían una cantidad considerable de arrastre resistivo en su camino hacia la superficie. Comparado con dar la brazada diagonalmente hacia arriba y hacia atrás al subir a la superficie, arrastrar los brazos hacia arriba a través del agua probablemente reduciría la velocidad media de avance por brazada.

Las razones más probables de los movimientos laterales de los brazos son las siguientes. Los nadadores deben desplazar los brazos hacia fuera y hacia dentro para aplicar mejor las fuerzas propulsoras durante cada fase de la brazada. Por ejemplo, los nadadores pueden desplazar los brazos hasta la posición del agarre más rápidamente y con menos arrastre resistivo si los mueven hacia el lado separándolos del cuerpo, en lugar de directamente debajo de la línea media durante la primera mitad de la brazada subacuática. Luego, en aquellos estilos en los que es factible, necesitan traer las manos por debajo de la línea media donde puedan aplicar la propulsión más efectivamente en medio de la brazada. Finalmente, en mariposa y el estilo libre, deben sacar las manos hacia fuera desde debajo del cuerpo para llevarlas a la superficie para la próxima brazada.

R *Son necesarios movimientos diagonales de brazada para superar la inercia*.

La última razón que justifica los movimientos diagonales de brazada se

relaciona con el hecho de que los nadadores pueden reducir el esfuerzo muscular mediante la superación de la inercia de los miembros con cambios graduales de dirección. La *inercia* es la expresión del primer principio del movimiento de Newton, el principio de la inercia, que puede definirse así: una parte del cuerpo que se mueve en una dirección particular seguirá moviéndose en esa dirección hasta que la aplicación de la fuerza muscular la obligue a cambiar de dirección (Hay y Reid, 1988).

La fuerza necesaria para cambiar de dirección puede reducirse considerablemente haciéndolo gradualmente a lo largo de una mayor distancia en lugar de hacerlo repentinamente en una distancia corta. Repentinos cambios de dirección requieren un esfuerzo muscular adicional por parte de los nadadores para moverse en una dirección y luego acelerar en otra. Repentinos cambios de dirección también causan que el momento de la fuerza angular se aplique al cuerpo suspendido en el agua perturbando su alineación y aumentando la resistencia del agua contra su desplazamiento hacia delante. En cambio, se requiere menos esfuerzo para superar la inercia si se realizan los cambios en las direcciones de los miembros gradualmente y a lo largo de una mayor distancia. Se logra esto empezando el cambio de dirección antes de que haya terminado el movimiento en la dirección anterior, algo que se conoce con el término de *redondear*. No hace falta frenar cuando un movimiento se redondea; ni es necesaria una aceleración repentina e importante en la nueva dirección. Se puede realizar el cambio de dirección desacelerando gradualmente, sin parar el movimiento en una dirección, seguido de una aceleración gradual no repentina en la nueva dirección.

P *¿Realizan los nadadores movimientos de remada o de pala en el agua*?

Una vez que comprendí por qué los nadadores utilizaban trayectorias diagonales de brazada en lugar de movimientos rectos hacia atrás, la pregunta siguiente que había que contestar era cómo estaban utilizando sus miembros para desplazar el agua hacia atrás. Esta pregunta alude directamente al problema de cómo ejercen los nadadores la fuerza propulsora. ¿Desplazan el agua hacia atrás remando los bordes de las manos lateral y verticalmente como las paletas de una hélice, o empujándolas por el agua diagonalmente

hacia atrás como palas? La respuesta a esta pregunta depende de la definición que se da a los términos de *remos* y *palas*. Remar en su definición más estricta significa movimientos de brazada parecidos a una hélice que se realizan en direcciones lateral y vertical sin ningún componente que vaya hacia atrás; mientras que el movimiento de una pala en su significado más estricto implica empujes rectos hacia atrás sin ningún componente vertical ni lateral. Evidentemente, los movimientos diagonales utilizados durante las fases propulsoras de la brazada contienen elementos de movimientos que podrían describirse con ambas palabras. Por consiguiente, si se define remar como cualquier patrón de movimientos de los miembros que no vayan directamente hacia atrás, se considerarán las brazadas de los nadadores como remadas. Sin embargo, si defines los movimientos hacia atrás de los brazos de los nadadores como los de una pala, aunque contengan algunos componentes laterales y verticales, dirás que los nadadores utilizan movimientos de pala.

El término que escojan los entrenadores debería ser uno que transmita la esencia del esfuerzo propulsor. Creo que definir los movimientos de brazada como si fueran movimientos de pala es más apropiado para esto que describirlos como remadas. Existen tres razones principales por esta preferencia. Explicaré cada una de ellas en las siguientes tres secciones.

Existen bastantes pruebas de que el arrastre contribuye más que la sustentación a las fuerzas propulsoras producidas por los nadadores.

Los nadadores se propulsan con una combinación de fuerzas de sustentación y de arrastre. Podrías preguntarte por qué es importante saber cuál de las fuerzas, sustentación o arrastre, contribuye más. Es porque la fuerza que contribuye más determina el énfasis del movimiento propulsor. Si las fuerzas de sustentación contribuyen más, los nadadores deberán ejecutar grandes movimientos laterales y verticales de tipo hélice con los miembros con un componente mínimo que vaya hacia atrás. En otras palabras, los nadadores utilizarían movimientos de remada para propulsarse. En cambio, si la contribución de la fuerza de arrastre es mayor, como creo yo, los nadadores deberán realizar todos sus esfuerzos para empujar el miembro hacia atrás

contra el agua durante las fases propulsoras de la brazada. En otras palabras, deberían utilizar los miembros como palas para empujar hacia atrás contra el agua, aunque sus trayectorias en la brazada contendrían, necesariamente, algunos componentes laterales y verticales. Con esto en mente, ahora compartiré la investigación que me llevó a adoptar mi opinión actual de que los nadadores utilizan sus miembros como palas para empujar hacia atrás contra el agua.

Estudios de sustentación y arrastre con modelos de manos de escayola.

Las fuerzas de sustentación y arrastre son vectoriales porque tienen tanto dirección como magnitud. Ambas cualidades deben describirse de forma precisa para comprender su relación con la producción de las fuerzas propulsoras. No hay dificultades para determinar las direcciones de las fuerzas de sustentación y de arrastre que los nadadores producen durante varias fases de sus brazadas subacuáticas. Las fuerzas de arrastre se producen en la dirección opuesta al desplazamiento de las manos, y la fuerza de sustentación se ejerce en dirección perpendicular a la fuerza de arrastre. La dificultad reside en determinar la magnitud de estas dos fuerzas.

La magnitud de cada una se indica en la longitud de su respectivo vector. Si la fuerza de sustentación fuera la mayor de las dos, su vector se dibujaría proporcionalmente más largo en una medida que representase la diferencia entre el mismo y el vector de la fuerza de arrastre. Si la propulsión fuera predominantemente a causa de la fuerza de arrastre, el vector del arrastre sería el más largo. La figura 1.13 muestra gráficos de los vectores de (a) la propulsión predominantemente por sustentación y (b) la propulsión predominantemente por arrastre. Mi argumento es que la propulsión en la natación es predominantemente por arrastre. Creo que los buenos nadadores escogen intuitivamente las direcciones de brazada y los ángulos de ataque de las manos que maximizan la cantidad de fuerza de arrastre que pueden producir, y que al hacerlo utilizan los brazos y las manos como palas para empujar el agua hacia atrás.

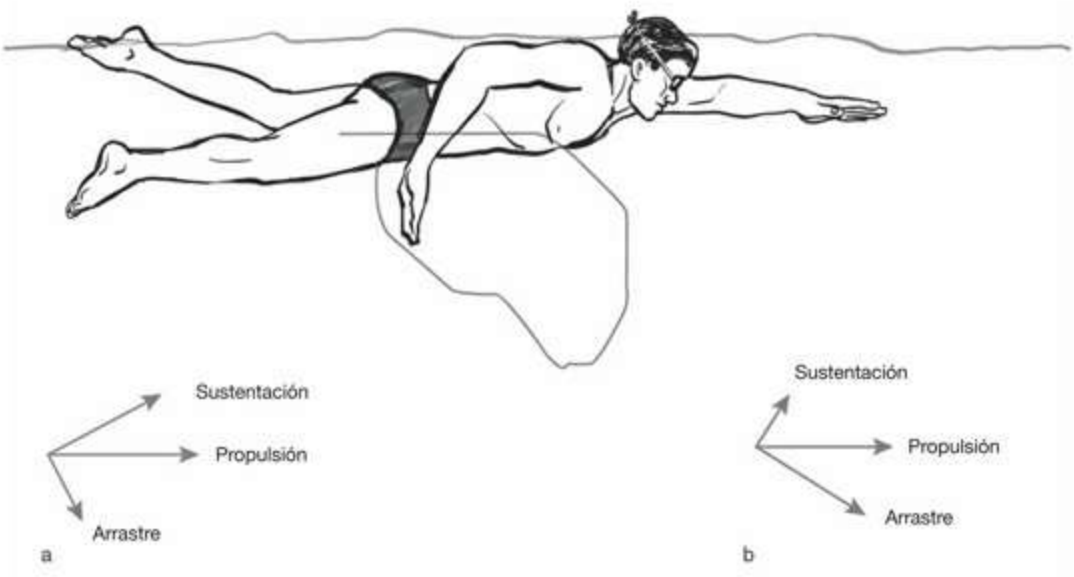


Figura 1.13. Ejemplos de propulsión con la sustentación como fuerza dominante y de propulsión con el arrastre como fuerza dominante durante el movimiento ascendente en el estilo libre. La propulsión con la sustentación como fuerza dominante se ilustra con el vector en (a). La propulsión con el arrastre como fuerza dominante se ilustra con el vector en (b).

Existen varias razones que inducen a creer que los nadadores escogen combinaciones de trayectorias de brazada y ángulos de ataque que maximizan la contribución de las fuerzas de arrastre a la fuerza de propulsión que producen. Los grandes ángulos de ataque de las manos que utilizan durante la fase propulsora de la brazada es una. Los grandes ángulos de ataque producen más fuerzas de arrastre que fuerzas de sustentación. Varios estudios lo han demostrado suspendiendo modelos de escayola en canales de agua o desplazándolos por el agua con muchos ángulos de ataque diferentes. Los resultados de uno de estos estudios (Schleifhauf, 1979) se ilustran en la figura 1.14.

Schleifhauf suspendió un modelo de escayola de la mano de un nadador en un canal de agua y hacía fluir el agua con una velocidad constante de 2,13 m/s. Repitió el mismo procedimiento con 10 incrementos con la mano colocada en ángulos de ataque que variaban desde 0º hasta 90º. También colocó la mano con varias orientaciones diferentes – de manera que el agua

fluía desde el lado del pulgar hasta el lado del meñique, desde el lado del meñique hasta el lado del pulgar, desde las yemas de los dedos hasta la muñeca y desde la muñeca hasta las yemas de los dedos– para simular todos los diferentes movimientos de la mano en la brazada. Estas diferentes orientaciones a la corriente de agua se denominan *ángulos de orientación*. El gráfico ilustrado en la figura 1.14 muestra los coeficientes medios de las fuerzas de sustentación y arrastre que se producían según el ángulo de orientación, para cada ángulo de ataque.

Es interesante destacar que los coeficientes de sustentación para la mano de escayola eran mayores que los de arrastre con ángulos de ataque de entre 10º y 30º. Las fuerzas de sustentación y arrastre eran casi iguales con un ángulo de ataque de 40º y los coeficientes de la fuerza de arrastre predominaban con ángulos mayores de ataque. Existen pruebas, que presentaré más adelante, que demuestran que la mayoría de los buenos nadadores, de los que se dispone de esta información, utilizan ángulos de ataque de las manos de entre 50º y 70º durante la fase propulsora de su brazada subacuática en por lo menos tres de los cuatro estilos competitivos. Braza es la única excepción posible, aunque creo que cuando se disponga de más datos encontraremos que la mayoría de los bracistas también utilizan grandes ángulos de ataque de las manos. Por lo tanto, los nadadores parecen escoger ángulos de ataque que maximizarán la producción de las fuerzas de arrastre en detrimento de las fuerzas de sustentación.

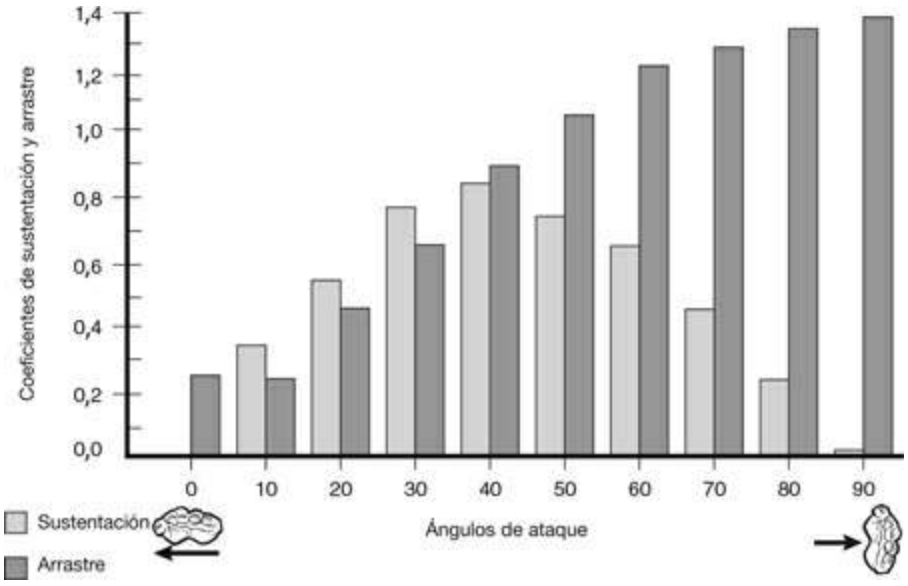


Figura 1.14. Coeficientes de sustentación y arrastre medidos con una mano de escayola suspendida en un canal de agua. Los coeficientes ilustrados son medias calculadas por ordenador para una gama completa de ángulos de orientación con una variedad de ángulos de ataque comprendidos entre 0º y 90º.

Adaptada de Schleihauf, 1979.

sub R *Medir los valores absolutos de la fuerza de sustentación y arrastre.*

Otra razón que induce a creer que los nadadores intuitivamente maximizan las aportaciones de la fuerza de arrastre tiene que ver con el hecho de que los coeficientes pueden no ser la mejor manera de estimar las contribuciones relativas de las fuerzas de sustentación y arrastre a la propulsión. “Un alto coeficiente no significa necesariamente que se aplica una fuerza grande” (Bixler, 1999). Los coeficientes son, después de todo, sólo índices que expresan la capacidad hidrodinámica de un objeto para producir sustentación o minimizar el arrastre. Por esta razón, un análisis de las magnitudes reales de las fuerzas de sustentación y arrastre producidas con cada ángulo de ataque debería proporcionar una representación más precisa del papel de cada una en la propulsión del nadador. Tanto Cappaert (1992) y Berger *et al*., (1995) como Bixler (1999) presentaron las magnitudes de las fuerzas de sustentación y arrastre en tres estudios distintos. Sus resultados proporcionan una evidencia aún más convincente de que la fuerza de arrastre es la fuerza propulsora dominante en la natación humana.

Utilizando modelos de manos que fueron arrastrados por el agua con velocidades de entre 0,3 y 3 m/s, Berger, de Groot y Hollander mostraron que los valores absolutos para las fuerzas de arrastre producidas por los modelos de las manos eran superiores a las de las fuerzas de sustentación con un margen considerable *en todos los ángulos de ataque*. Los valores para las fuerzas de arrastre eran ligeramente más del doble de las de sustentación, incluso con ángulos de ataque de entre 20º y 40º, y las fuerzas de arrastre eran más del triple con mayores ángulos de ataque.

En el segundo estudio, Cappaert suspendió el modelo de una mano en un canal de nado con una variedad de ángulos de ataque e hizo fluir la corriente de agua a velocidades de 1, 1,5 y 2 m/s. No presentó los valores absolutos para las fuerzas de sustentación y arrastre con cada ángulo de ataque, sino que presentó el valor medio para cada fuerza en todos los ángulos de ataque. Sus resultados muestran que la fuerza media de arrastre era casi seis veces mayor que la fuerza de sustentación con los ángulos de ataque que midió (17,5 N para las fuerzas de arrastre comparado con 3,2 N para las fuerzas de sustentación).

Bixler también calculó las magnitudes reales de las fuerzas de sustentación y arrastre producidas por su modelo computerizado de la mano y el brazo con una serie de ángulos de ataque. Las fuerzas de arrastre fueron bastante superiores a las de sustentación y con una diferencia considerable en todos los ángulos de ataque cuando el lado del pulgar era el borde de ataque en un movimiento hacia dentro simulado. Las fuerzas de arrastre para la mano y el brazo combinados aumentaron desde aproximadamente 30 N hasta más de 60 N al aumentar el ángulo de ataque de 0º hasta 75º, mientras que las fuerzas de sustentación estaban en el rango de 20 a 30 N con los mismos ángulos. Las fuerzas de sustentación y arrastre producidas orientando la mano de manera que el lado del meñique fuera el borde del ataque mostraron cifras similares, aunque las de arrastre fueron ligeramente superiores. Las fuerzas de arrastre estuvieron en el rango de 35 a 50 N con ángulos de ataque entre 45º y 75º, mientras que las fuerzas de sustentación estuvieron entre 25 y 34 N.

Finalmente, Bixler estimó las fuerzas propulsoras que podía producir su modelo de la mano y el brazo con varios ángulos de ataque. Calculó que las fuerzas de arrastre contribuyeron aproximadamente el 70% de la fuerza propulsora en los ángulos de ataque más comúnmente utilizados por los nadadores cuando el lado del pulgar era el borde de ataque en un movimiento hacia dentro simulado. Sin embargo, sus cálculos demostraron que las fuerzas de sustentación y arrastre solían contribuir de igual forma cuando el lado del meñique era el borde de ataque en un movimiento hacia fuera simulado. También demostraron que las mayores cantidades de fuerza propulsora se produjeron cuando los ángulos de ataque de la mano estaban entre 60º y 90º cuando las manos estaban casi perpendiculares a la dirección del desplazamiento.

Estos tres estudios indican que cuando se miden los valores absolutos de las fuerzas de sustentación y arrastre con modelos de las manos, las fuerzas de arrastre son mucho mayores que las otras. El estudio de Bixler fue el único que sugirió que las fuerzas de sustentación podrían desempeñar un mayor papel en la natación humana, y sólo en el movimiento hacia fuera cuando el lado del meñique era el borde de ataque. Sin embargo, sólo hay una situación en la natación competitiva en la que los nadadores realmente mueven las manos por el agua con el lado del meñique como borde de ataque, y esto es cuando los nadadores de espalda mueven las manos hacia abajo casi al terminar su brazada subacuática. Cuando los nadadores de mariposa y estilo libre sacan las manos hacia fuera desde debajo del cuerpo cerca del final de su brazada subacuática, las mueven también hacia arriba de manera que la palma de la mano es el borde de ataque en lugar del lado del meñique. En mariposa y braza, los nadadores suelen utilizar las yemas de los dedos como borde de ataque cuando mueven las manos hacia fuera en la primera parte de la brazada, y no el lado del meñique.

Medir las fuerzas de sustentación y arrastre en condiciones de corrientes de agua inestables.

Una cosa que hay que recordar en los estudios que acabo de mencionar es que fueron realizados en condiciones de un flujo estable de agua. En los estudios de Schleihauf y Cappaert, se sostuvieron mode-los de manos en posiciones estacionarias y con ángulos de ataque invariables mientras que el agua fluía a velocidades constantes. Cuando Berger y sus asociados tomaron sus datos, el modelo de la mano se movía a una velocidad constante sin cambiar el ángulo de brazada ni el ángulo de ataque. Y en el estudio de Bixler, su modelo computerizado de la mano y del brazo permanecía estacionario con varios ángulos de ataque y ángulos de orientación mientras que se simulaba el flujo del agua.

Existen dos dificultades principales cuando se miden las fuerzas en condiciones de un flujo de agua o un movimiento de un miembro estables. La más importante es que el flujo del agua alrededor de la mano y del brazo en la natación humana no es estable. Ni los miembros ni el agua fluyen a una

velocidad constante, sino que están constantemente acelerando y desacelerando. Además, diferentes segmentos de los miembros se desplazan por el agua con distintas velocidades según su distancia de la articulación del hombro, que es el centro de rotación del brazo. Estas velocidades diferentes y constantemente cambiantes de los miembros también hacen que el agua fluya alrededor del brazo a velocidades distintas.

La segunda dificultad concierne a la complicada relación tridimensional de la brazada. Los miembros de los nadadores no se desplazan por el agua en direcciones constantes con un ángulo de ataque invariable. Cambian de dirección y de ángulo de ataque varias veces durante cada brazada subacuática. Las combinaciones constantemente cambiantes de las direcciones seguidas en la brazada, con respecto a hasta qué punto el brazo se desplaza hacia abajo, hacia dentro, hacia fuera o hacia arriba en cualquier momento dado, añadidas a las combinaciones casi interminables de ángulos de desplazamiento, ángulos de ataque de los miembros y velocidades cambiantes de los miembros utilizadas durante una brazada subacuática, hacen que sea extremadamente difícil simular los movimientos reales del miembro del nadador al realizar la brazada con un modelo en un canal de agua.

Consciente de estas dificultades, Thayer (1990) trató de simular una brazada real con un modelo de la mano y del brazo impulsado por un motor para medir las fuerzas de sustentación y arrastre en condiciones de una corriente de agua inestable. Ató 127 sensores de presión a su modelo de la mano y del brazo para medir, entre otras cosas, estas dos fuerzas. Lo desplazó por el agua de manera que simulase los cambiantes ángulos de ataque y de desplazamiento utilizados por los nadadores durante las varias fases subacuáticas de la brazada del estilo libre. Su modelo de la mano y del brazo estaba constantemente cambiando su orientación con respeto al agua y sus ángulos de ataque al desplazarse por el agua, de igual manera que una mano y un brazo real lo harían durante la natación. Este procedimiento causó continuos cambios en la velocidad y la turbulencia del agua que rodeaba el modelo, creando las condiciones de una corriente de agua inestable.

Una vez que hubo recogido los datos con el modelo móvil de la mano y del brazo, Thayer también midió las fuerzas de sustentación y de arrastre

producidas por el mismo modelo en condiciones de una corriente estable de agua utilizando el método de Schleihauf y Cappaert. Luego comparó las medidas de sustentación y arrastre con un flujo estable con los valores medidos con el modelo móvil de la mano y del brazo en condiciones de corrientes inestables. Sus resultados se muestran en los gráficos presentados en la figura 1.15.

La comparación de las dos series de medidas de la fuerza de arrastre reveló que las fuerzas de arrastre producidas por el modelo móvil de la mano y del brazo eran de 10 a 20 N superiores a las fuerzas de arrastre medidas cuando el agua fluía alrededor del mismo modelo con una velocidad constante. En cambio, las fuerzas de sustentación medidas con el modelo móvil eran inferiores, en la parte media de la brazada subacuática, a las fuerzas de sustentación medidas con ángulos de orientación y de ataque similares cuando el modelo de la mano y del brazo estaba estacionario. Las fuerzas de sustentación para el modelo de la mano y del brazo eran superiores a los valores en condiciones de una corriente estable cerca del final de la brazada, pero sólo ligeramente. En términos menos técnicos, cuando se compara con un modelo de una mano y un brazo suspendido en un canal con agua fluyendo, un modelo que se desplaza a través del agua con una brazada simulada crea considerablemente más fuerzas de arrastre en todas las fases de la brazada subacuática y considerablemente menos fuerzas de sustentación durante la parte mediana de la brazada. Estos resultados sugieren que las fuerzas de arrastre creadas cuando los nadadores están realmente desplazándose por el agua serán mayores que las fuerzas de arrastre creadas cuando se desplazan modelos de manos y brazos por el agua en una posición estática a una velocidad constante o cuando el agua fluye alrededor de ellos con velocidad uniforme. En otras palabras, los nadadores están probablemente produciendo bastante más fuerza de arrastre durante la natación real libre que lo que indican los estudios que utilizan modelos de manos y brazos de escayola.

Las fuerzas de arrastre producidas por el modelo móvil de la mano y del brazo en el estudio de Thayer eran dos o tres veces mayores que las fuerzas de sustentación producidas durante todas las fases de la brazada subacuática simulada. Por lo tanto, puede que los atletas estén produciendo dos o tres veces más arrastre que sustentación con sus manos y sus brazos en la

natación real.

R *Los patrones de velocidad muestran que los nadadores aceleran el cuerpo hacia delante sólo cuando los brazos se desplazan hacia atrás.*

Se cree generalmente que las manos y los brazos de los nadadores no se desplazan hacia atrás, o por lo menos sólo lo hacen un poco, durante la brazada subacuática. Por lo tanto, lógicamente se podría preguntar: "¿Cómo pueden los nadadores empujar el agua hacia atrás si no están moviendo sus miembros hacia atrás?". La respuesta a esta pregunta es que los miembros efectivamente se desplazan hacia atrás, por lo menos durante las fases propulsoras de la brazada subacuática.

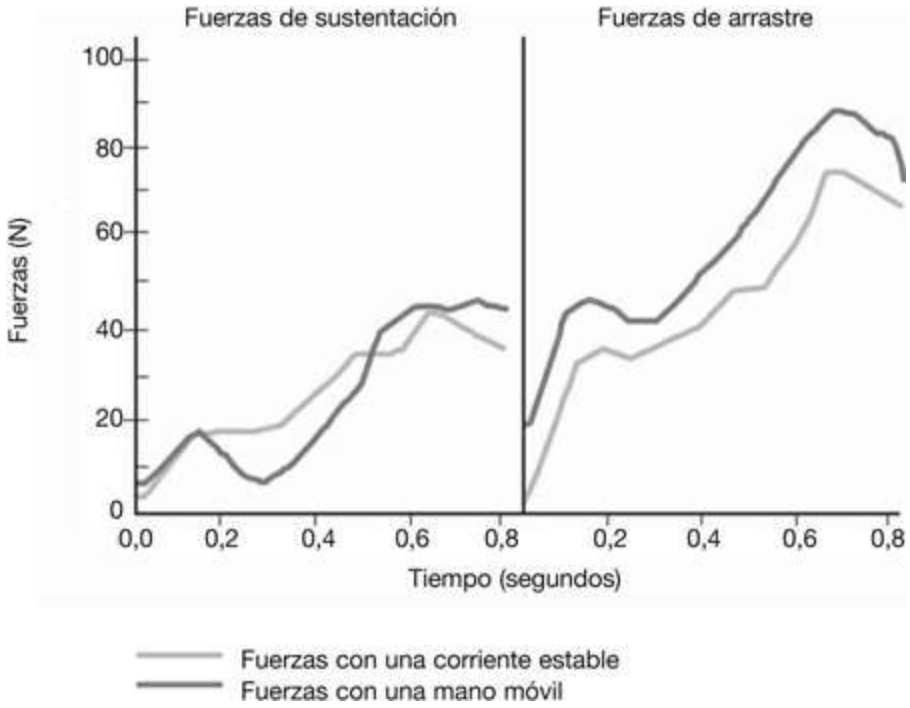


Figura 1.15. Una comparación de las fuerzas de sustentación y de arrastre producidas por un modelo de una mano desplazándose por el agua y un modelo de una mano suspendido en una corriente de agua de velocidad estable.

Adaptada de Thayer, 1990.

La noción de que las manos de los nadadores no se desplazaban hacia atrás durante la brazada subacuática se sacó de las trayectorias de brazada como la que se presenta en la figura 1.16. Se presenta una vista lateral de la trayectoria de la brazada de un nadador del estilo libre, dibujada en relación con un punto fijo de la piscina. Se puede observar que la mano del nadador sale del agua por delante del punto en el que entró en ella. Las ilustraciones como ésta tuvieron una influencia significativa en aquellos de nosotros que llegamos a aceptar la noción de que la sustentación representaba el mecanismo principal de propulsión en la natación humana. Estas trayectorias eran nuevas. No sabíamos qué partes de la trayectoria eran propulsoras y cuáles no. Por lo tanto, muchos de nosotros entendimos el hecho de que las manos dejasen el agua por delante del punto en el que entraban como una evidencia de que los nadadores no empujaban sus manos hacia atrás durante la brazada subacuática.

En realidad, el brazo se estira hacia delante después de entrar en el agua mientras que el otro brazo termina su brazada subacuática. Luego se desplaza hacia abajo y hacia delante para llegar al punto del agarre, donde los nadadores empiezan a acelerar el cuerpo hacia delante. Ambos acontecimientos hacen que las manos terminen bastante por delante de su punto de entrada en el agua antes de que los nadadores empiecen realmente a acelerar su cuerpo hacia delante con ellos. Cuando lo hacen, la trayectoria de la brazada muestra que la mano realmente se desplaza diagonalmente hacia atrás durante un buen trecho antes de salir del agua.

Cuando se combinan las trayectorias de brazada como la que se ilustra en la figura 1.16 con el patrón de velocidad de avance del centro de masas del mismo nadador, se hace evidente que los nadadores sólo aceleran el cuerpo hacia delante durante las fases de la brazada subacuática cuando las manos se desplazan hacia atrás. La ilustración presentada en la figura 1.17 muestra la vista lateral de la trayectoria, di-bujada en relación con un punto fijo de la piscina, de la parte subacuática de la brazada izquierda de Kieren Perkins. El gráfico ilustrado a continuación muestra su velocidad de avance durante aquella brazada, registrada durante su carrera récord de 1.500 m en los Juegos Olímpicos de 1992.

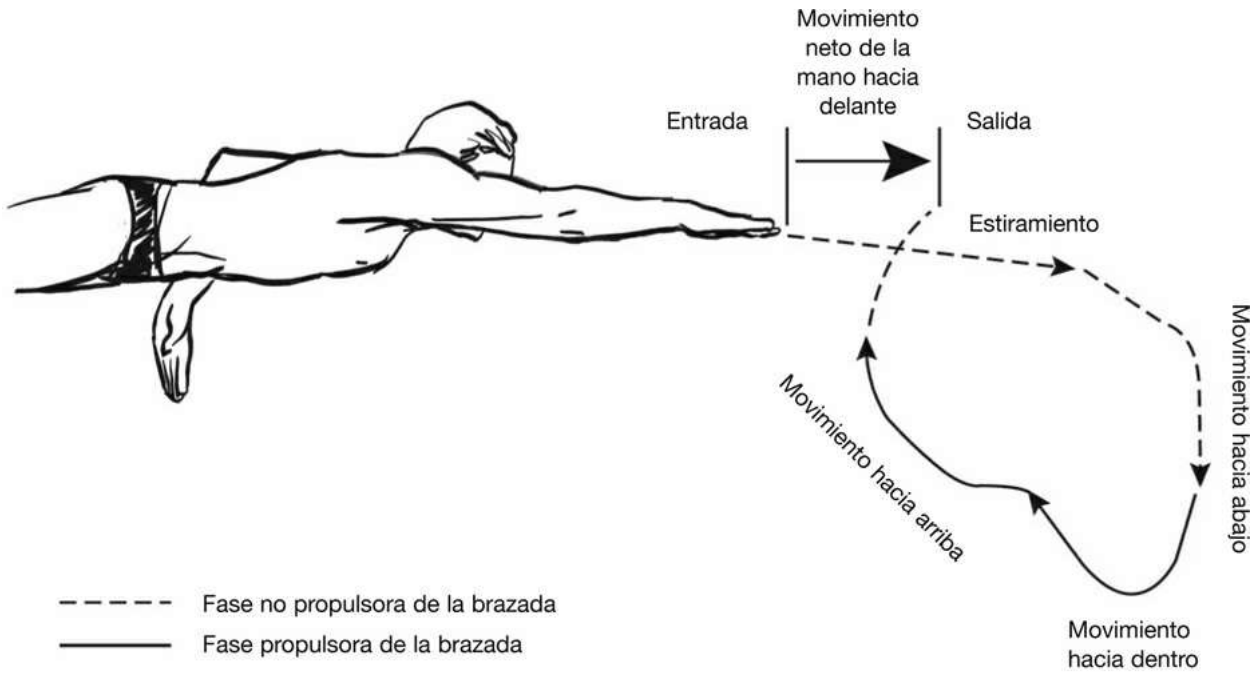


Figura 1.16. Vista lateral de la trayectoria de la brazada en el estilo libre ilustrando los puntos de entrada y salida relativos al agua.

Adaptada de Schleihauf, 1997.

Después de completar la fase propulsora de la brazada derecha, la velocidad de avance de Perkins desacelera al descender su mano izquierda hacia abajo y hacia delante. Su velocidad de avance sigue desacelerando hasta que su mano empieza a desplazarse hacia atrás cerca del final de ese movimiento, momento en el que realiza el agarre. Entonces su velocidad de avance aumenta, en dos tiempos, durante la parte media de su brazada subacuática hasta que la mano empieza a desplazarse hacia delante de nuevo al acercarse a la superficie del agua.

Este gráfico demuestra claramente que los nadadores no están acelerando el cuerpo hacia delante con los brazos desde el instante en que las manos entran en el agua delante de ellos hasta que salen del agua hacia atrás cerca de las caderas (con la excepción de braza). También muestra algo que he visto en todos los estilos competitivos: que el cuerpo sólo acelera hacia delante cuando las manos están desplazándose hacia atrás durante la brazada

subacuática.

Los patrones de velocidad mostrados en las figuras 1.18, 1.19, 1.20 y 1.21 ilustran este punto en los restantes tres estilos competitivos. Muestran claramente que los nadadores sólo aceleran su cuerpo hacia delante cuando las manos se desplazan diagonalmente hacia atrás. En cambio, la velocidad de avance se reduce siempre que las manos se desplazan hacia delante, como en la parte inicial de su brazada subacuática, cuando las manos y los brazos están acercándose a la posición del agarre, y al final de la brazada subacuática cuando las manos y los brazos empiezan a moverse hacia delante justo antes de salir del agua.

Se construyeron estos patrones de la velocidad de avance como parte de un análisis biomecánico de los medallistas en los Juegos Olímpicos de verano de 1992. Cappaert (1993) midió los ángulos de ataque de las manos y las velocidades de avance de los medallistas como parte de un análisis biomecánico más amplio de sus brazadas. También elaboró las trayectorias de las manos para los mismos nadadores, realizando los cálculos a partir de las películas de vídeo tomadas durante la misma competición olímpica.

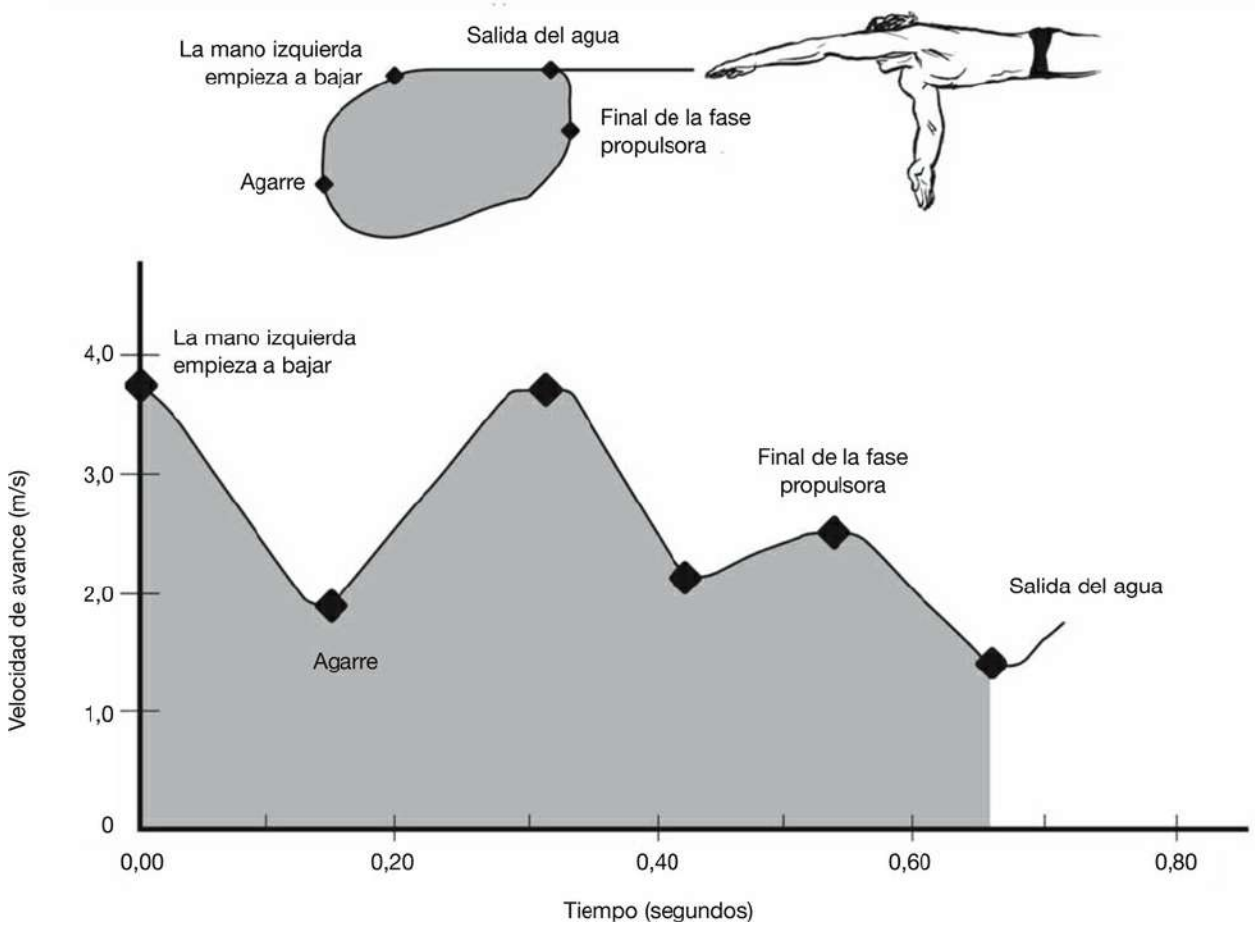


Figura 1.17. Vista lateral de la trayectoria de la brazada y el gráfico de la velocidad de avance de la brazada izquierda de Kieren Perkins.

Adaptada de Cappaert, 1993.

El patrón de la velocidad de avance de Perkins se ilustra en la figura 1.17. Los patrones de otros cuatro nadadores, uno de cada estilo competitivo, ilustran la relación entre las direcciones de la brazada y la velocidad de avance. Los nadadores son: Alexander Popov en el estilo libre, Pablo Morales en mariposa, Martín López-Zubero en espalda, y Mike Barrowman en braza.

Se ilustran la trayectoria y el gráfico de la velocidad de avance de la brazada derecha de Alexander Popov desde la vista lateral en la figura 1.18. Se calcularon tanto la trayectoria de la brazada como el registro de la

velocidad del centro de masas a partir de películas de vídeo tomadas durante la prueba de 100 m estilo libre. El momento de la trayectoria en el que Popov empieza a acelerar hacia delante está marcado con la letra A. El final de la fase propulsora de su brazada subacuática está marcado en la trayectoria con la letra B. Los mismos indicadores A y B están marcados en el registro de la velocidad para mostrar el efecto de los movimientos de sus brazos en la velocidad de avance.

Como se ve claramente, empieza a acelerar su cuerpo hacia delante al acercar su mano derecha a su punto más profundo y, lo que es más importante, cuando empieza a desplazarse hacia atrás en el punto A. La propulsión efectiva continúa, aunque no sin algunos cortos períodos de desaceleración, hasta que la mano se acerca a la superficie del agua y deja de desplazarse hacia atrás en el punto B, preparando su salida del agua.

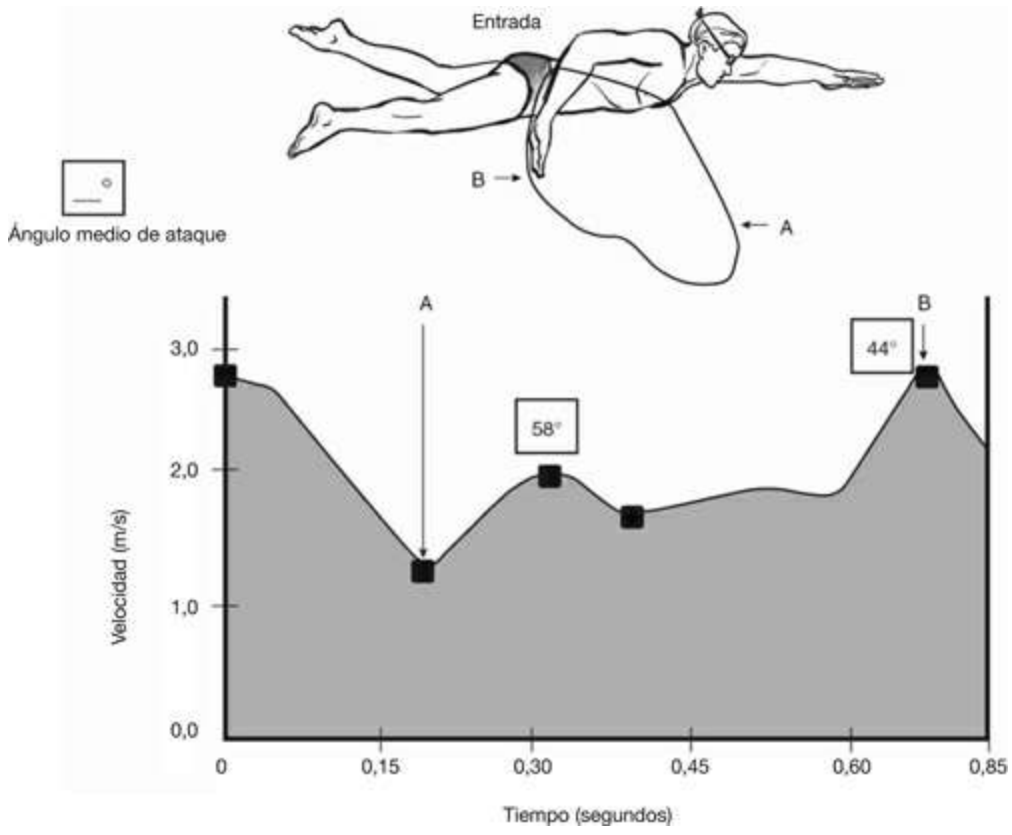


Figura 1.18. Vista lateral de la trayectoria de la brazada y gráfico de la velocidad de avance de la brazada derecha de Alexander Popov. Los números que están por encima de los picos

de propulsión del movimiento hacia dentro y del movimiento hacia fuera indican el ángulo medio de ataque de la mano durante esa fase propulsora particular.

Adaptada de Cappaert, 1993.

Se ilustran un gráfico y una trayectoria de la mano similares del nadador de mariposa Pablo Morales en la figura 1.19. Estos datos se recogieron de una película de vídeo tomada durante la prueba de 100 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1992. De nuevo, las fases propulsoras de su brazada subacuática empiezan en el punto A y terminan en el punto B. Sus manos se desplazan hacia delante y hacia fuera durante un corto período de tiempo después de entrar en el agua. La propulsión empieza en el punto A cuando se están desplazando hacia abajo y hacia atrás. Termina antes de que hayan acabado de empujar hacia atrás en el punto B, donde también marcan un cambio de dirección hacia la superficie.

Se ilustran la trayectoria de la mano izquierda y el gráfico de la velocidad de avance del nadador de espalda Martín López-Zubero en la figura 1.20 en la página 39. Estos datos fueron recogidos durante las eliminatorias de la prueba de 200 m espalda de los Juegos Olímpicos de 1992.

La propulsión empieza para López-Zubero en el punto A, poco después de la entrada, cuando la mano empieza a desplazarse hacia atrás además de hacia abajo. Continúa acelerando su cuerpo hacia delante a través de tres picos de propulsión, mientras que la mano se desplaza diagonalmente hacia atrás. La propulsión termina en el punto B cuando la mano empieza a desplazarse hacia delante durante su ascensión hacia la superficie.

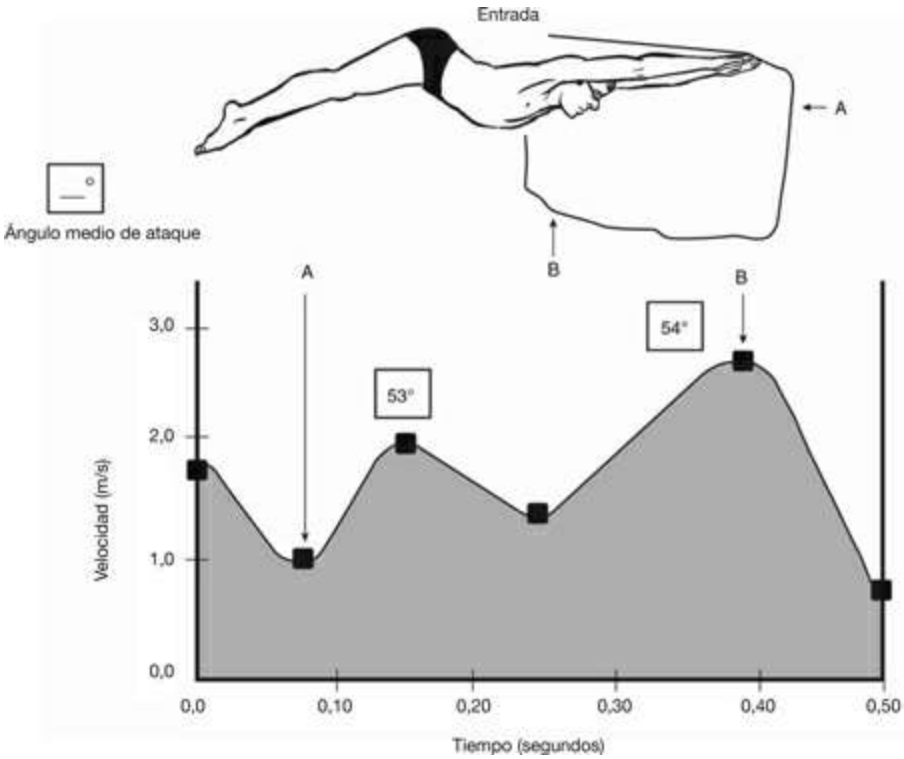


Figura 1.19. Vista lateral de la trayectoria de la brazada y el registro de la velocidad del centro de masas de Pablo Morales. Los números que están por encima de los picos de propulsión indican el ángulo medio de ataque de las manos durante esa fase propulsora particular.

Adaptada de Cappaert, 1993.

El gráfico de la velocidad del centro de masas y la trayectoria de la mano ilustrados en la figura 1.21 (pá-gina 40) corresponden al bracista Mike Barrowman. La trayectoria está dibujada desde abajo para poder ver los movimientos de la mano hacia delante y hacia atrás. Estos datos se recogieron de películas de vídeo tomadas durante las eliminatorias de la prueba de 200 m braza en los Juegos Olímpicos de verano de 1992.

Las trayectorias de la mano de los bracistas son más perpendiculares a su desplazamiento hacia delante que las de los nadadores de otros estilos. No obstante, se puede ver que Barrowman no empieza a acelerar su cuerpo hacia delante hasta el punto A, donde la dirección de sus manos llega a ir un poco

hacia atrás además de hacia fuera. Desde el punto A, las manos se desplazan hacia fuera y hacia atrás y luego hacia dentro y hacia atrás hasta el punto B, donde empieza a desacelerar. Su velocidad de avance continúa con un ritmo acelerado siempre que sus manos se desplazan hacia atrás. Es importante señalar, sin embargo, que desacelera cuando sus manos se desplazan hacia delante, como en la última parte del tirón del brazo antes del recobro.

Me parece, viendo estas trayectorias de las manos y estos gráficos de la velocidad de avance, y cientos de otros que he estudiado, que las manos de los nadadores tienen que desplazarse diagonalmente hacia atrás para que puedan acelerar su cuerpo hacia delante. La velocidad de avance del cuerpo disminuye durante la primera parte de la brazada subacuática y también cerca del final, cuando las manos se desplazan diagonalmente hacia delante. Sólo acelera hacia delante durante aquellas partes de la brazada subacuática en que las manos se desplazan hacia atrás, aunque no directamente hacia atrás. Las varias desaceleraciones entre las fases propulsoras de las brazadas subacuáticas (entre los puntos A y B en las figuras 1.18 a 1.21) corresponden, mayormente, a períodos en los que los nadadores realizaron cambios importantes en la dirección que seguían sus manos y brazos. Aunque sus manos normalmente estaban desplazándose hacia atrás durante estos cambios de dirección, se reducía la velocidad de las mismas y es-to es lo que causó una reducción momentánea de la velocidad de avance de su cuerpo que seguía hasta que las manos aceleraban otra vez en una nueva dirección.

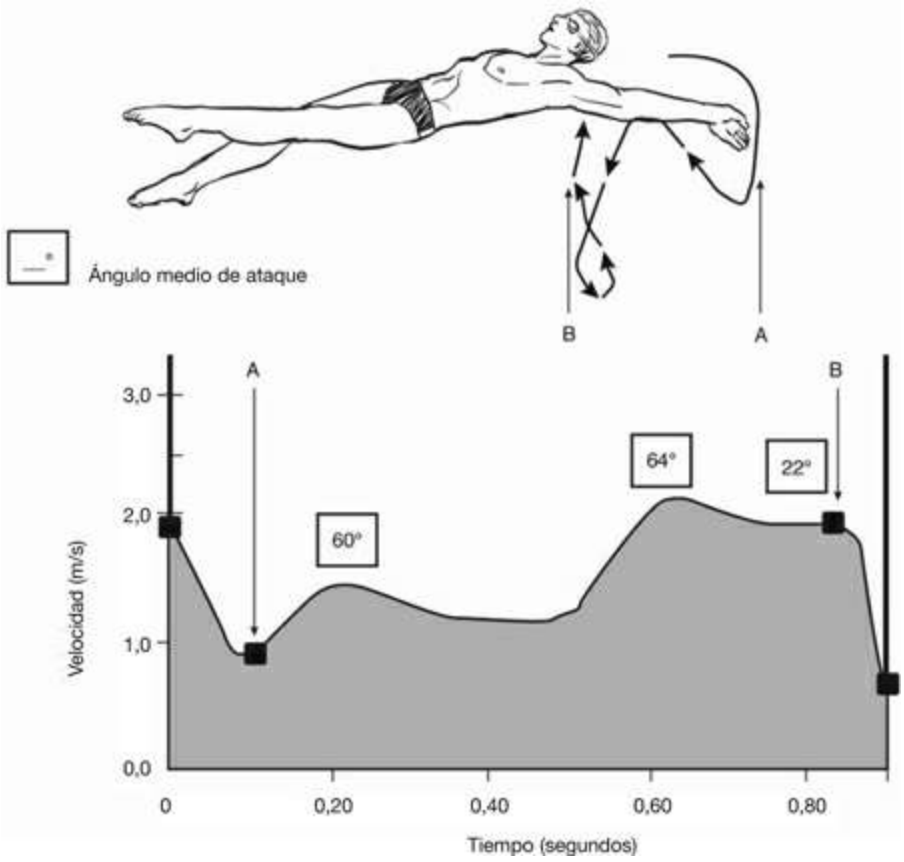


Figura 1.20. Vista lateral de la trayectoria de la brazada y el registro de la velocidad del centro de masas de la brazada izquierda de Martín López-Zubero. Los números que están por encima de los picos de propulsión indican el ángulo medio de ataque de la mano izquierda durante esa fase propulsora particular.

Adaptada de Cappaert, 1993.

Se podría argumentar que es mejor remar que usar las manos como palas porque los nadadores están desplazando sus manos diagonalmente hacia atrás y porque las fuerzas de sustentación contribuyen a su fuerza propulsora cuando aceleran hacia delante. Sin embargo, el hecho de que sólo aceleran hacia delante cuando los miembros se desplazan hacia atrás indica, por lo menos a mí, que están tratando de maximizar la contribución de las fuerzas de arrastre a sus esfuerzos propulsores. Esto se logra mejor utilizando las superficies más amplias posibles para empujar hacia atrás contra el agua. En otras pala-bras, el rendimiento es mayor cuando los nadadores utilizan los

miembros como palas, aunque los desplazan con trayectorias circulares por el agua.

Un apoyo adicional a la teoría del uso de las manos como palas viene del hecho de que estos patrones de velocidad también sugieren que movimientos *puros* de remada, los que son enteramente laterales y verticales sin ningún componente hacia atrás, no aceleran a los nadadores hacia delante. Demuestran que los nadadores sólo se aceleran hacia delante cuando las manos se desplazan hacia atrás.

R *Los ángulos de ataque de las manos utilizados por los nadadores parecen ser una tentativa de mantener las palmas de las manos orientadas hacia atrás mientras que las desplazan diagonalmente por el agua*.

Otra indicación que sugiere que los buenos nadadores están utilizando sus manos y brazos como palas en lugar de formas con perfil de ala reside en el hecho de que siempre tienen las manos y los antebrazos mirando hacia atrás, casi perpendiculares a la dirección de su desplazamiento hacia delante, aunque los mueven por el agua con una trayectoria diagonal. Un ejemplo de esta orientación de los miembros está ilustrado en los dibujos (a) y (b) de la figura 1.22, vistas lateral e inferior del nadador que completa el movimiento ascendente de su brazada subacuática. Obsérvese que en ambas vistas los brazos y las manos del nadador están mirando casi directamente hacia atrás. Esta orientación hacia atrás probablemente tiene una influencia significativa en la fuerza propulsora que puede producir, aunque sus brazos realmente están trazando una trayectoria circular. Parece que el nadador está tratando de empujar directamente hacia atrás contra el agua con sus manos y brazos mientras se desplazan diagonalmente hacia arriba, hacia fuera y hacia atrás. En otras palabras, los nadadores no empujan sus brazos directamente hacia atrás en el agua, sino que parecen empujar hacia atrás contra el agua al desplazarse diagonalmente a través de ella.

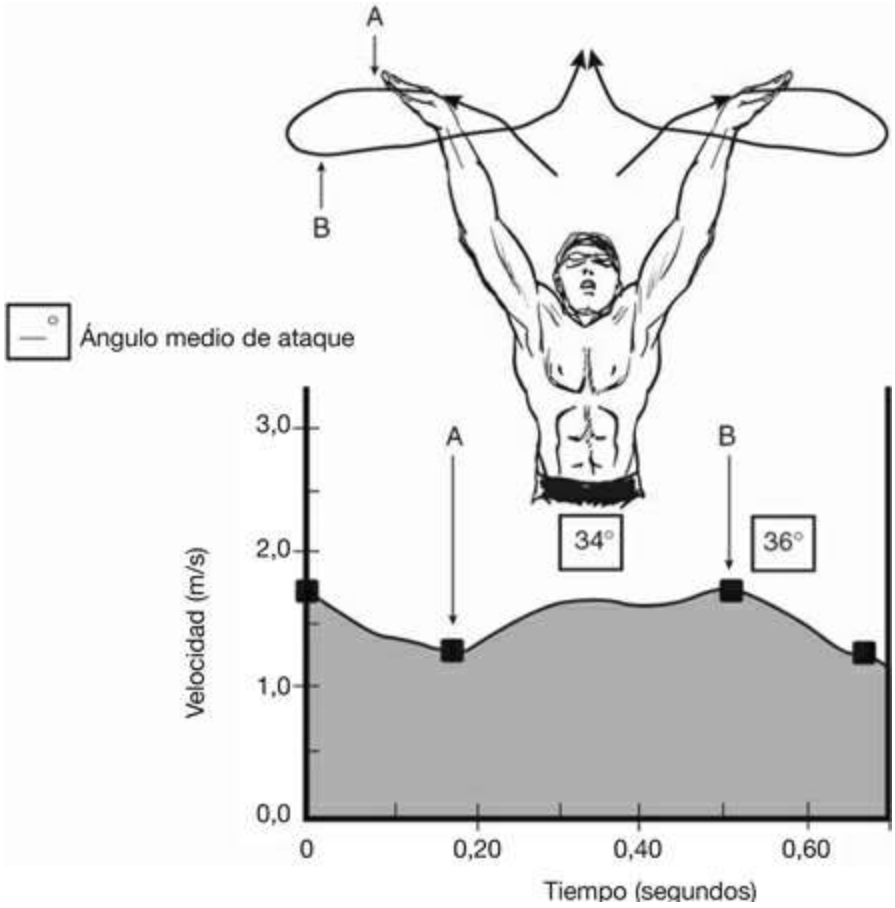


Figura 1.21. La trayectoria de la brazada y el registro de la velocidad del centro de masas de una brazada de Mike Barrowman. Se muestra la vista inferior de la trayectoria. Los números que están por encima de los picos de propulsión indican el ángulo medio de ataque de las manos durante esa fase propulsora particular.

Adaptada de Cappaert, 1993.

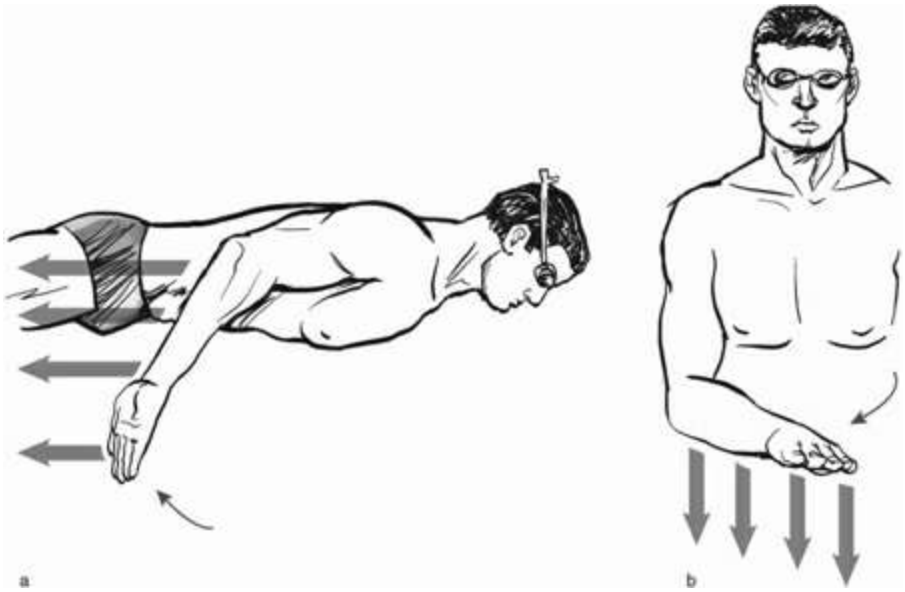


Figura 1.22. El movimiento ascendente en el estilo libre ilustrado desde (a) la vista lateral y (b) la vista inferior. Estas ilustraciones indican la manera en que los nadadores parecen empujar hacia atrás contra el agua mientras que realmente desplazan los brazos y las manos hacia arriba y hacia fuera acercándolos a la superficie. Obsérvese que la mano y el antebrazo del nadador, aunque se desplazan diagonalmente hacia arriba (a) y hacia fuera (b), están mirando hacia atrás.

Desafortunadamente ningún experto en la hidrodinámica ha tratado de explicar el mecanismo que debe estar operando aquí. Sospecho que corrientes sucesivas de moléculas de agua estacionarias o desplazándose lentamente están siendo desplazadas hacia atrás por los movimientos diagonales de los brazos de los nadadores, siempre que el movimiento tenga un componente que se dirija hacia atrás y que las mayores superficies practicables de la palma de la mano y del brazo estén orientadas hacia atrás. Se ilustra este método de desplazar el agua hacia atrás con las flechas dibujadas detrás del brazo del nadador en la figura 1.22. Es interesante notar que Bixler (1999) llegó a una conclusión similar como resultado de su modelo computerizado de las fuerzas fluidas cuando afirmó que, por toda una amplia gama de ángulos de desplazamiento, el único denominador común de la propulsión máxima de la mano era que “la palma debe mirar directamente hacia atrás”. Los ángulos de ataque de la mano que han sido registrados durante la natación quizá no sean las tentativas de los nadadores de realizar

movimientos propulsores de brazada como si se tratase de objetos con perfil de ala que maximizan las fuerzas de sustentación. En lugar de esto, pueden ser una tentativa de mantener las manos y los brazos orientados hacia atrás mientras se desplazan en direcciones diagonales durante la brazada subacuática para maximizar las fuerzas de arrastre. Creo ahora que los procedimientos que hay que realizar para acoplar el ángulo de ataque correcto con el ángulo de brazada correcto, presentados por mí y otros, han complicado la enseñanza de la mecánica de los estilos mucho más de lo necesario. Lo único que tienen que hacer los nadadores es mantener las manos y los brazos en una posición mayormente mirando hacia atrás mientras los desplazan diagonalmente por el agua, y encontrarán que utilizan los ángulos de ataque correctos de forma bastante natural.

La manera más fácil para los nadadores de encontrar y mantener el ángulo correcto de ataque con la mano durante una fase particular de la brazada subacuática es sentir que están trazando la trayectoria tradicional en forma de S relativa al cuerpo. También deben sentir que las manos y los brazos se mantienen casi perpendiculares a la dirección en la que se desplazan los miembros en relación con el cuerpo. Las ilustraciones presentadas en las figuras 1.23 y 1.24 quizás ayuden a clarificar este punto.

Las dos trayectorias de brazada presentadas en la figura 1.23 muestran la vista inferior de la brazada derecha de una nadadora de estilo libre. La trayectoria se dibuja (a) en relación con el cuerpo de la nadadora y (b) en relación con un punto fijo de la piscina. Trayectorias similares a la presentada en (a) representan lo que los nadadores sienten que hacen. En realidad, sin embargo, las manos están desplazándose hacia dentro y hacia fuera por debajo del cuerpo con una trayectoria más parecida a la ilustrada en (b). Las manos se desplazan más hacia dentro y hacia fuera que hacia atrás porque el cuerpo también está desplazándose hacia delante pasando por los brazos al mismo tiempo que los brazos están desplazándose diagonalmente hacia atrás.

Evidentemente, las trayectorias que usan los nadadores son considerablemente más diagonales que las que sienten que utilizan. Por lo tanto, si mantienen las palmas de las manos perpendiculares a la dirección en la que creen que se están desplazando los brazos, los ángulos de ataque de las manos serán realmente menos que perpendiculares a su verdadera dirección.

De hecho, los ángulos de ataque reales variarán entre 40º y 70º de la dirección real en la que se están desplazando, casi perpendiculares a su movimiento hacia delante. Como resultado, no estarán empujando tanta agua hacia arriba o hacia fuera como se podría suponer, sino que la estarán empujando bastante hacia atrás.

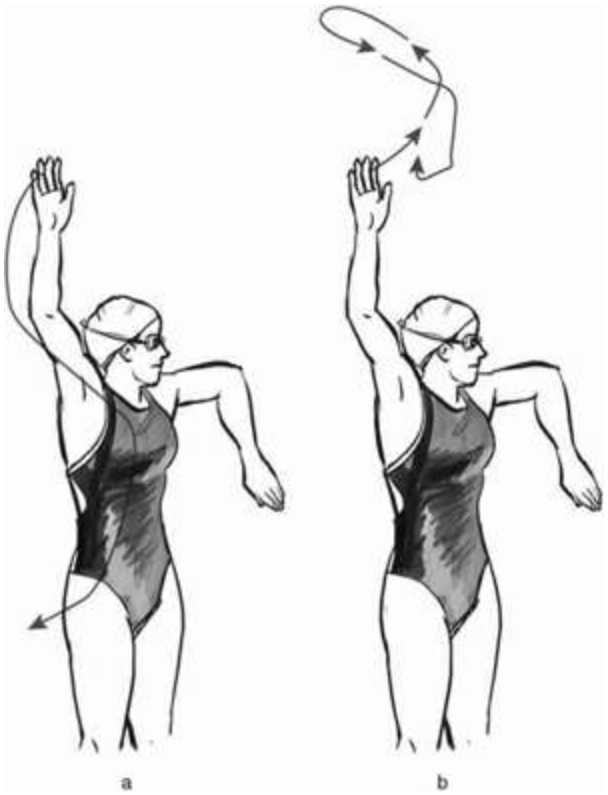


Figura 1.23. Dos trayectorias de la brazada del estilo libre, dibujadas (a) en relación con el cuerpo de la nadadora y (b) en relación con un punto fijo de la piscina.

Las ilustraciones presentadas en la figura 1.24 ayudan a clarificar este punto complicado. Muestran las mismas trayectorias de la brazada derecha ilustradas en la figura 1.23, pero en esta figura las manos de la nadadora están superpuestas encima de la trayectoria. Las manos en la figura 1.24a muestran los ángulos de ataque que los nadadores sienten que están utilizando cuando visualizan sus brazadas en relación con el cuerpo. Siempre son perpendiculares a la dirección en la que creen que se están desplazando sus manos. Las inclinaciones de las manos presentadas en las figuras 1.24b y

1.24c son idénticas a las de la figura 1.24a, pero las trayectorias están dibujadas en relación con un punto fijo de la piscina y representan las trayectorias reales de la brazada. La parte de la brazada que corresponde al movimiento hacia dentro se ilustra en la figura 1.24b, y el movimiento hacia arriba, en la figura 1.24c. Obsérvese que los ángulos de ataque de las manos se vuelven menos perpendiculares a la dirección real de su desplazamiento cuando se dibujan las trayectorias en relación con un punto fijo de la piscina.

La cuestión es que los nadadores sienten desde un punto de vista cinestésico como si estuviesen empujando las manos y los brazos hacia atrás contra el agua como palas, mientras se desplazan hacia dentro y hacia fuera por debajo del cuerpo. Sin embargo, las manos nunca están realmente perpendiculares a su verdadera dirección de desplazamiento, sino que en realidad están inclinadas con menos ángulo de ataque. Creo que es una tentativa de empujar el agua directamente hacia atrás con las manos y los brazos, aunque estén desplazándose diagonalmente por el agua. No pueden ni deben mantener sus miembros mirando directamente hacia atrás. Deben girarlos ligeramente hacia fuera, hacia dentro, hacia abajo y hacia arriba en la misma dirección en la que se están desplazando para hacer una pala efectiva, porque el área de superficie de las palmas y de la cara inferior de los brazos que podrían utilizarse para empujar hacia atrás contra el agua se reduciría considerablemente si los miembros mirasen directamente hacia atrás en lugar de estar angula-dos ligeramente en la dirección en la que se están desplazando. Angular los miembros directamente hacia atrás haría que los bordes de las manos cortaran lateral o verticalmente el agua, o, peor aún, podría causar que la parte dorsal de la mano empujase una gran cantidad de agua en alguna dirección que no fuera hacia atrás. Cualquiera de estas situaciones reduciría la velocidad de avance de manera considerable.

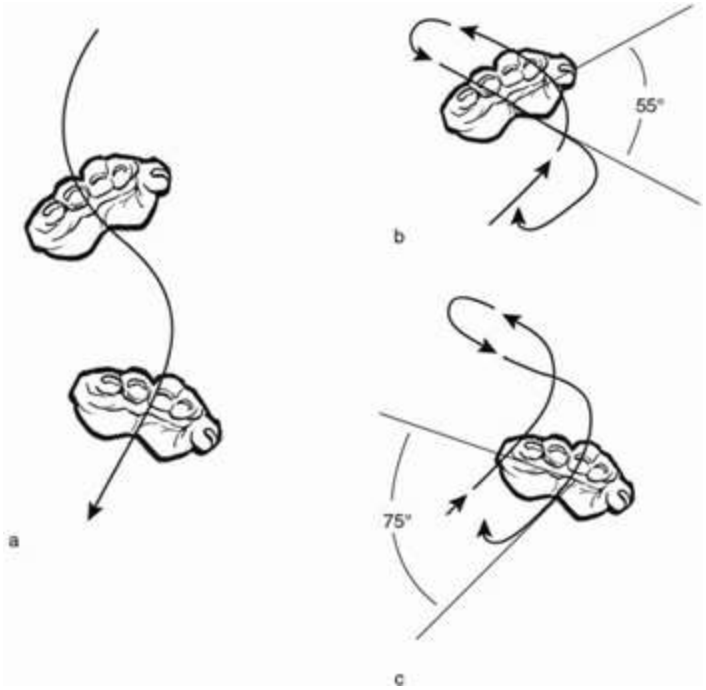


Figura 1.24. Trayectorias de la brazada derecha. La ilustración muestra (a) una trayectoria de brazada dibujada en relación con el cuerpo de la nadadora, con las manos superpuestas en puntos del movimiento hacia dentro y hacia arriba. Las manos están inclinadas perpendicularmente a la dirección en la que se desplazan. Las trayectorias de la brazada ilustradas en (b) y (c) están dibujadas en relación con un punto fijo de la piscina. Se ilustra el movimiento hacia dentro en (b) y el movimiento hacia arriba en (c). Obsérvese que cuando las manos de la ilustración se superponen sobre las trayectorias en (b) y (c) se reduce el ángulo de ataque porque la trayectoria verdadera es bastante más diagonal.

Para ser preciso, quiero señalar que las ilustraciones presentadas en las figuras 1.23b y 1.24b y c son sólo ejemplos y no representan las trayectorias de las brazadas y los ángulos de ataque reales utilizados por los nadadores en el estilo libre. Dichas trayectorias son tridimensionales e incluyen movimientos verticales de la mano y del brazo que no se pueden ilustrar en una vista inferior. Sin embargo, creo que estos dibujos ilustran precisamente la relación entre los ángulos de ataque de la mano, además de la diferencia entre las trayectorias de brazada trazadas realmente por los nadadores y las que sienten que están usando.

Todas las respuestas a mis preguntas relacionadas con la propulsión newtoniana me han reforzado la creencia de que el principio de Newton de

acción y reacción es principalmente responsable de la propulsión en la natación competitiva.

Contribución del antebrazo a la propulsión en la natación

Hasta ahora, me he concentrado casi exclusivamente en las fuerzas de propulsión producidas por la mano. Creo que el antebrazo y quizá la parte superior del brazo son superficies propulsoras efectivas que en gran parte se han ignorado. Sin embargo, algunos investigadores han estudiado la efectividad propulsora del antebrazo; entre ellos, una investigadora llamada Cappaert (1992) afirmó que la fuerza media de arrastre producida por el conjunto de antebrazo y mano en todos los ángulos de ataque estudiados era aproximadamente un 50% mayor que las producidas por la mano sólo. Aunque menores que las fuerzas de arrastre, las fuerzas de sustentación eran, sin embargo, más del 100% mayores para los conjuntos de antebrazo y mano que para la mano sólo. Se presenta un gráfico de estos resultados en la figura 1.25.

Los datos presentados en esta figura son los resultados de las mediciones que hizo Cappaert de su modelo de la mano con una velocidad de agua de 2 m/s y su modelo del antebrazo con una velocidad de agua de 1,5 m/s. Lo hizo así para que la fuerza combinada de los modelos de antebrazo y mano fuese más parecida a la natación real. Como se mencionó anteriormente, estas dos partes del miembro se desplazan a velocidades diferentes durante la natación real, con la mano moviéndose a más velocidad que el antebrazo. Dado que el brazo y la mano rotan en torno a la articulación del hombro, la velocidad lineal de la mano será mayor que la del antebrazo sencillamente porque la mano está más lejos del centro de rotación.

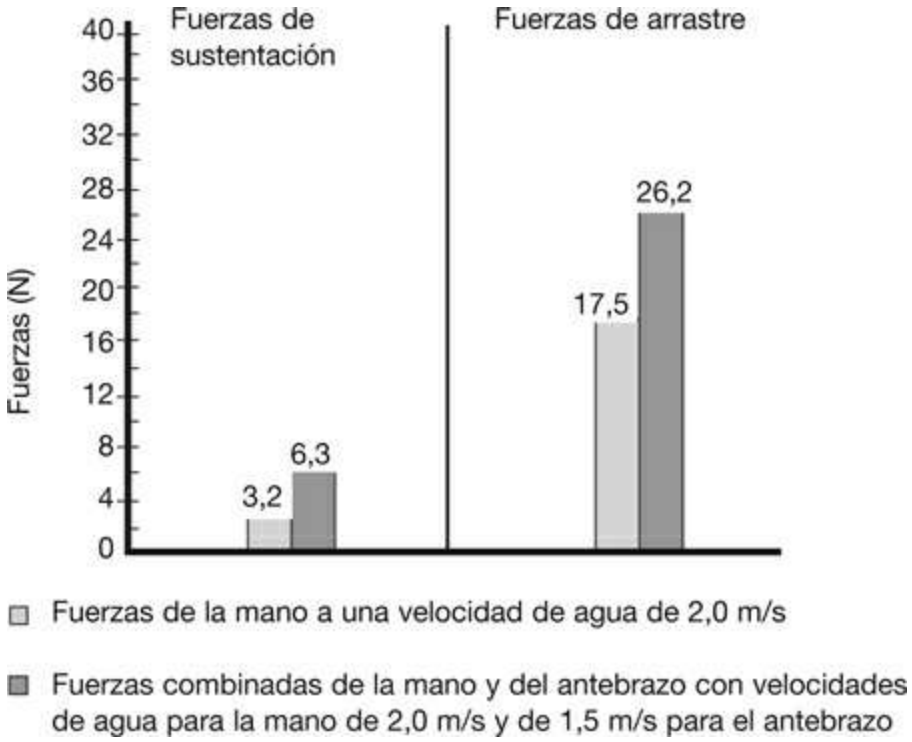


Figura 1.25. Una comparación de las fuerzas de sustentación y arrastre producidas por un modelo de escayola de la mano y de un modelo de escayola de la mano y del antebrazo de un nadador.

Adaptada de Cappaert, 1992.

Cuando la fuerza de arrastre producida por el modelo del antebrazo con una velocidad de agua de 1,5 m/s se añadió a la fuerza de arrastre producida por el modelo de la mano con una velocidad de agua de 2 m/s, la fuerza de arrastre combinada aumentó en casi un 50%, desde 17,5 N para la mano sola hasta un total de 26,2 N para el antebrazo y la mano combinados. Las fuerzas de sustentación aumentaron en más del 100% desde 3,1 N para la mano sola hasta 6,3 N para el antebrazo y la mano. Cappaert concluyó lo siguiente: “La mano y el antebrazo trabajando juntos durante la trayectoria del tirón tienen un mayor potencial para generar fuerzas que la mano sola.”

Bixler (1999) comparó los coeficientes de sustentación y de arrastre para su modelo computerizado de la mano y del brazo, y sus resultados también

sugieren que el antebrazo contribuye de forma significativa a la fuerza propulsora total durante la brazada. Utilizando una velocidad de 2,0 m/s para la mano y 1,5 m/s para el brazo, la fuerza propulsora producida por su modelo estaba alrededor de 50 a 60 N con los ángulos de brazada y ángulos de ataque de la mano utilizados con más frecuencia por los buenos nadadores. Las fuerzas propulsoras de la mano estaban entre 35 y 43 N con los mismos ángulos de brazada y de ataque. Por lo tanto, añadir el antebrazo al modelo pareció aumentar la fuerza propulsora en aproximadamente un 27% sobre la cantidad producida por la mano sola. Calculó estas fuerzas para ángulos de brazada de entre 45º y 60º y ángulos de ataque de las manos de entre 60º y 75º en los movimientos de brazada dirigidos tanto hacia dentro como hacia fuera.

Schleihauf (1984) también presentó datos sobre la contribución del antebrazo a la propulsión en el estilo libre. Sus resultados se basaron en los cálculos matemáticos de la fuerza propulsora producida por las manos y los antebrazos de nadadores reales. Mostraron que, en el estilo libre, los antebrazos produjeron una cantidad significativa de fuerza propulsora durante la fase mediana de la brazada subacuática cuando los nadadores traían las manos hacia dentro por debajo de sus cuerpos y luego empezaban a moverlas hacia fuera y hacia arriba. La fuerza propulsora efectiva producida por los antebrazos rondaba los 15 N durante la mayor parte de este período. Las manos estaban produciendo aproximadamente 50 N de fuerza propulsora efectiva durante la misma fase, de manera que los antebrazos contribuían aproximadamente un 23% a la fuerza propulsora total.

De hecho, los resultados de estos tres estudios son académicos, es decir, no reflejan las verdaderas diferencias entre las velocidades de la mano y del antebrazo en la natación real. Cuando se impulsa el agua para que fluya alrededor de modelos de manos y brazos que están suspendidos en canales o simulados por ordenador, su velocidad será la misma en todos los puntos de los modelos. Será igual cuando se empuja el modelo de una mano o un brazo por el agua a una velocidad constante. Sin embargo, en la natación real, la velocidad del antebrazo y, en menor grado la mano, varía a lo largo de su longitud, según la distancia del hombro a un segmento particular. En otras palabras, en la natación real la parte inferior del antebrazo estaría desplazándose a una menor velocidad que la mano, pero más rápidamente

que la parte media y superior del mismo. Como consecuencia, los cálculos que implican el uso de una velocidad para todas las partes de la mano y otra velocidad, arbitrariamente más lenta, para todos los segmentos del antebrazo evidentemente no serán totalmente exactos. Por lo tanto no es de extrañar que las estimaciones que hicieron estos tres investigadores acerca de la contribución propulsora del antebrazo difieran tanto.

Independientemente de este hecho, los resultados de los tres estudios sí que indican que el antebrazo puede contribuir de manera significativa a la fuerza propulsora total que los nadadores crean durante las brazadas. Si suponemos que la diferencia entre la velocidad de la parte de la mano que se desplaza con más rapidez (las yemas de los dedos) y la parte que se desplaza con más lentitud del antebrazo (cerca del codo) era aproximadamente 0,5 m/s, el antebrazo estaría contribuyendo alrededor del 27% (según los cálculos de Bixler) y 38% o más (según los cálculos de Cappaert) a la fuerza propulsora total de la brazada.

Desafortunadamente, no podemos calcular la contribución real del antebrazo en la propulsión en la natación hasta que se haga una investigación en la que se midan la fuerza propulsora de la mano y la del antebrazo según la relación complicada que existe entre sus diferentes velocidades. En ausencia de una investigación de este tipo, los resultados de estos tres estudios sugieren claramente que el antebrazo puede contribuir con mucho a la fuerza propulsora total producida por los nadadores con sus brazadas, aunque el valor exacto de esa contribución nos es desconocido en este momento.

Propulsión con las piernas

En la década de los sesenta y principios de los setenta, la opinión dominante entre los expertos de la natación era que las piernas no contribuían a la propulsión en tres de los cuatro estilos competitivos porque se movían hacia

arriba y hacia abajo en lugar de hacia atrás. La excepción era la braza, en la que las piernas efectivamente empujaban hacia atrás. Esta opinión cambió a finales de los setenta. Se reexaminó el papel de las piernas cuando llegó a estar de moda la propulsión por sustentación y empezamos a pensar que la contribución del batido a la propulsión podría ser mayor de lo que habíamos imaginado. Desde entonces, ha habido un renacimiento del interés por la contribución del batido a la velocidad de avance, y con justicia.

Creo que el batido del estilo libre y espalda y el batido de delfín que se utiliza en mariposa contribuyen mucho a la velocidad del nado. Ahora citaré los resultados de dos estudios que apoyan el batido como agente propulsor.

Watkins y Gordon (1983) hicieron que un grupo de 33 nadadores competitivos de ambos sexos nadasen unas distancias cortas a velocidad máxima con el estilo libre completo (con brazos y piernas) y sólo con los brazos. Durante las pruebas sólo con los brazos, los nadadores llevaban un *pullbuoy* para dar soporte a las piernas. Encontraron que los nadadores sólo podían nadar con los brazos al 90% de la velocidad que alcanzaban cuando ejecutaban el estilo completo. Por consiguiente, el batido aumentaba la velocidad aproximadamente en un 10% como promedio.

El trabajo más convincente sobre la propulsión de las piernas fue realizado por Hollander y colaboradores (1988), que utilizaron un sistema llamado MAD (medición del arrastre activo) para medir la fuerza propulsora durante la natación con estilo completo y con sólo los brazos. La figura 1.26 ilustra el sistema MAD.

El sistema MAD consta de una serie de almohadillas montadas en palos debajo del agua. Las almohadillas están también debajo del agua y están colocadas a distancias iguales a lo largo del palo de manera que los nadadores pueden estirarse hacia delante, agarrar una almohadilla y empujar hacia atrás contra ella con un brazo tras otro mientras nadan por la piscina. Se sitúan las almohadillas después de varias pruebas con los nadadores, para que su ritmo de brazada sea lo más normal posible durante la prueba. Cada almohadilla está conectada a un transductor de fuerza que tiene una interfaz con un ordenador de manera que se pueda medir la fuerza aplicada por el nadador al empujar contra la almohadilla. Dado que no hay deslizamiento cuando los

nadadores empujan contra la almohadilla, toda la fuerza aplicada será propulsora y nada se pierde ni se usa para otros propósitos tales como la estabilización. Por consiguiente, el efecto de cualquier tratamiento experimental de la fuerza propulsora puede medirse directamente según la cantidad de fuerza que los nadadores puedan aplicar contra las almohadillas.

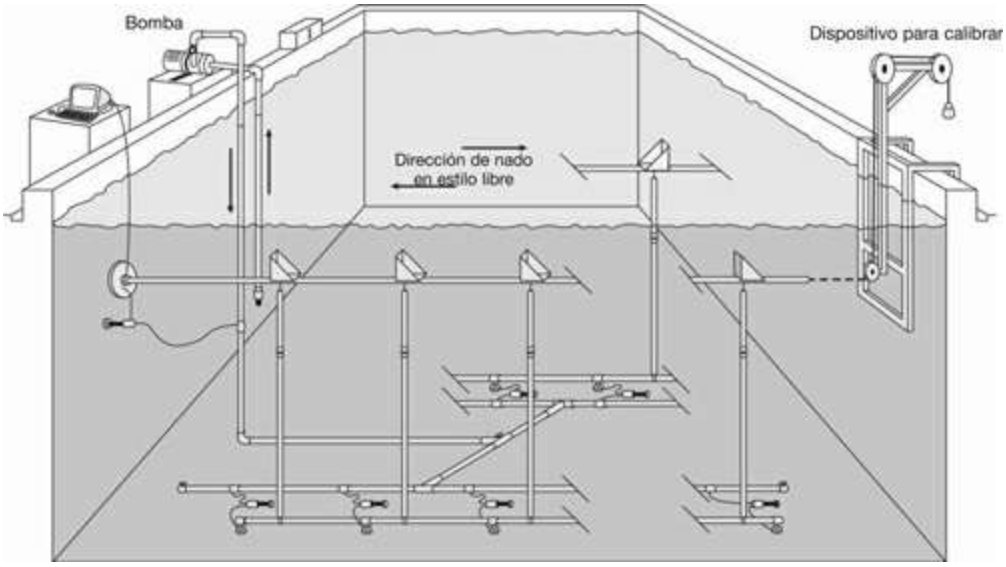


Figura 1.26. Un esquema del sistema MAD.

Adaptada de Toussaint, 1988.

Hollander y sus colaboradores estudiaron a 18 nadadores holandeses de ambos sexos del equipo nacional y de nivel olímpico en cada una de las dos condiciones:

1. Cuando nadaban estilo libre completo (con brazos y piernas) a velocidad máxima.
2. Cuando nadaban estilo libre sólo con los brazos con un *pullbuoy* para dar soporte a las piernas.

La fuerza media producida por los sujetos durante la natación completa fue, como promedio, aproximadamente un 12% mayor que cuando sólo utilizaban los brazos. Hollander y sus colaboradores concluyeron, por lo tanto, que el batido contribuía como promedio un 12% a la propulsión en el estilo libre completo.

Lo que es bastante interesante es que estos investigadores encontraron que algunos atletas ganaron una cantidad considerable de fuerza propulsora de su batido mientras que otros, al contrario, perdían fuerza propulsora cuando realizaban el estilo libre completo. Esto significa que el batido puede aumentar o reducir la fuerza propulsora según la habilidad con la que se realiza. Algunos nadadores sacaban hasta un 27% más de fuerza propulsora del estilo completo, mientras que otros producían hasta un 6% más de fuerza propulsora cuando sólo nadaban con los brazos.

Existen pocas investigaciones acerca de la contribución del batido de delfín a la natación estilo mariposa. Sin embargo, yo supondría que contribuye aún más que el batido a la propulsión de los nadadores del estilo libre. El batido de espalda probablemente contribuye por lo menos tanto a la propulsión como el batido del estilo libre.

El batido es aceptado ahora por la mayoría de los expertos como un importante agente propulsor, pero el mecanismo responsable de la propulsión sigue siendo un misterio. Creo que el principio de Newton de acción y reacción también es responsable de la propulsión del batido. Es relativamente fácil de entender cómo los bracistas podrían utilizar las plantas de los pies para empujar el agua hacia atrás durante el batido, pero no es tan fácil comprender cómo pueden hacer esto en el batido del estilo libre y el de delfín, porque las piernas se desplazan hacia arriba y hacia abajo mucho más que hacia atrás en estos movimientos.

Un estudio de la trayectoria de los pies de los nadadores a través del agua revela que existe una pequeña cantidad de movimiento hacia atrás al inicio del movimiento descendente del batido del estilo libre y del delfín, y también durante el movimiento ascendente del batido de espalda. Es probablemente durante estos dos períodos cortos de tiempo en los que los pies se están desplazando hacia atrás cuando los nadadores aceleran su cuerpo hacia

delante con los batidos del estilo libre y de delfín. La figura 1.27 muestra las trayectorias del movimiento descendente y ascendente del batido de delfín en mariposa y el movimiento ascendente y descendente del batido de espalda. La trayectoria del batido del estilo libre es parecida a la del batido de delfín.

Las líneas que representan las trayectorias de los pies en las figuras 1.27a y c muestran cómo los pies se desplazan efectivamente hacia atrás además de hacia abajo durante la primera mitad del movimiento descendente del nadador de mariposa y durante la primera mitad del movimiento ascendente del nadador de espalda. El dibujo de los vectores indica cómo la fuerza propulsora podría producirse por una combinación de las fuerzas de sustentación y de arrastre que los nadadores provocan con las piernas al desplazarlas hacia abajo y hacia atrás. Obsérvese que hay sólo un pequeño período de tiempo durante estos batidos en que los nadadores realmente están empujando el agua hacia atrás. Los pies se desplazan hacia abajo o hacia arriba en mayor grado y también se desplazan hacia el lado en espalda, aunque este movimiento no se ve en las vistas laterales presentadas en esta figura. Por lo tanto, los nadadores probablemente aceleran el cuerpo hacia delante durante sólo la primera parte del movimiento descendente en el estilo libre y del movimiento ascendente en espalda, pero el coste es alto ya que sólo una pequeña cantidad de la fuerza total producida se utiliza para este propósito. Esta observación está en la línea de dos hechos comúnmente conocidos acerca del batido del estilo libre y de espalda:

1. Los nadadores no pueden propulsarse hacia delante tan rápidamente con las piernas como con los brazos.
2. El coste energético de producir la fuerza propulsora con el batido es mucho mayor que el coste de producir la misma cantidad de fuerza propulsora sólo con la brazada.

Basándome en los dibujos de los vectores para la segunda mitad del batido de delfín en la figura 1.27a y del movimiento ascendente del batido de espalda en la figura 1.27c, he concluido que estas partes del batido no son propulsoras porque todas las fuerzas combinadas de sustentación y arrastre

serán dirigidas hacia arriba, como indican dichos dibujos. Por lo tanto, el propósito principal de la segunda mitad del movimiento descendente del batido del estilo libre y la fase correspondiente del movimiento ascendente del batido de espalda es probablemente para estabilizar las caderas en la superficie y así mantener una buena alineación horizontal y lateral. Sin embargo, sí que creo que los nadadores de mariposa ganan propulsión durante la segunda mitad del batido de delfín utilizando un mecanismo que he denominado la *ondulación corporal inversa*, que describiré en el capítulo 3.

Los movimientos ascendentes del batido del estilo libre y de delfín y el movimiento descendente del batido de espalda son probablemente sólo efectivos para mantener la alineación corporal y no tienen una función propulsora. He basado este supuesto en el hecho de que los pies nunca se desplazan hacia atrás durante los movimientos ascendentes de estos batidos (excepto en espalda). Como se aprecia en las trayectorias de los pies ilustradas en la figura 1.27, se están desplazando hacia arriba y hacia delante en el batido del estilo libre y de delfín, y hacia abajo y hacia delante en el batido de espalda. Los dibujos de los vectores muestran que durante los movimientos ascendentes del batido de delfín y del estilo libre todas las fuerzas combinadas de sustentación y arrastre se dirigen hacia abajo. Esta fuerza se dirige hacia arriba para los nadadores de espalda durante el movimiento ascendente del batido.

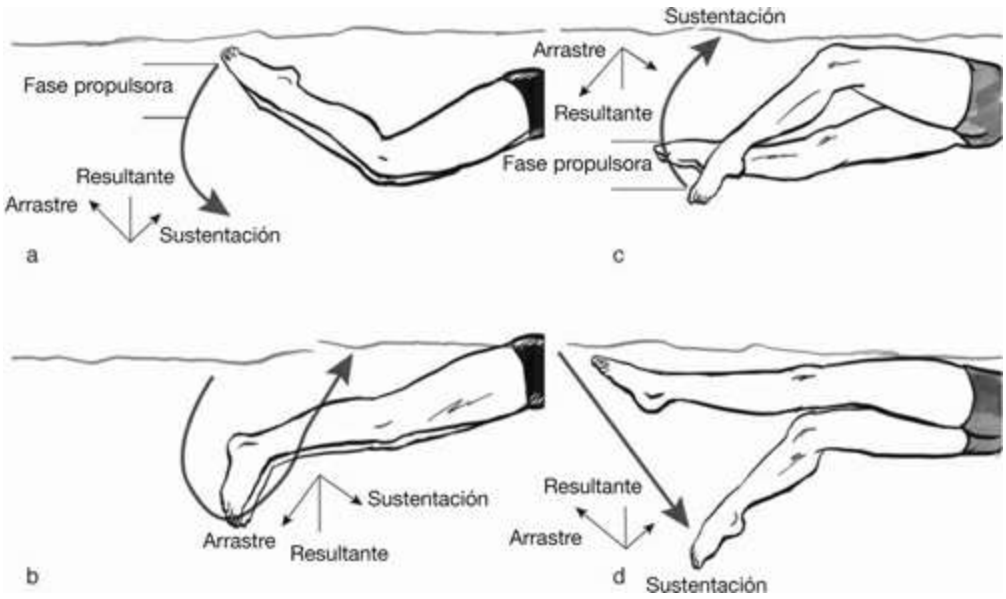


Figura 1.27. Trayectorias del movimiento descendente (a) y ascendente (b) del batido de delfín en mariposa y movimiento ascendente (c) y descendente (d) del batido en espalda.

No se conoce la magnitud real de las fuerzas de sustentación y de arrastre que producen los nadadores con los pies, aunque sospecho que producen más arrastre que sustentación, porque los dibujos de los vectores indican que las caderas se verían arrastradas hacia abajo si los nadadores produjeran más sustentación que arrastre durante el movimiento descendente del batido del estilo libre y de delfín y que las caderas serían empujadas hacia arriba durante el movimiento ascendente de espalda. Se han elaborado dibujos de los vectores en los que las fuerzas de sustentación son mayores que las de arrastre para el movimiento descendente del batido de delfín y el movimiento ascendente del batido de espalda en las figuras 1.28 (a) y 1.28 (b), respectivamente.

Como se ilustra, si las fuerzas de sustentación generadas por los pies fuesen iguales o mayores que las fuerzas de arrastre que producen, la fuerza dominante (sustentación) iría dirigida hacia abajo y hacia delante durante el movimiento descendente del batido del estilo libre y de delfín, arrastrando las caderas hacia abajo. Esto es, por supuesto, lo opuesto al efecto real del movimiento descendente de estos dos batidos, en los que las caderas suelen

ser empujadas hacia arriba cuando los nadadores dirigen el batido hacia abajo. De igual manera, una gran fuerza de sustentación tendería a empujar las caderas hacia arriba durante el movimiento ascendente del batido de espalda. Esto también es el efecto opuesto de lo que se produce durante el movimiento ascendente del batido en el que las caderas suelen ser empujadas hacia abajo. Por consiguiente, es dudoso que las fuerzas de sustentación predominen durante los movimientos de batido.

Colwin (1992) ha planteado que el mecanismo del aro volador es responsable de la propulsión de los batidos. Se ha propuesto que el mecanismo del aro volador en el movimiento descendente del batido de delfín, ilustrado en la figura 1.29, opera de la siguiente manera: durante el movimiento descendente, el nadador lleva agua hacia abajo con los pies. Esa agua es empujada hacia atrás rápidamente cuando los pies llegan al final del movimiento descendente y cambian de dirección para empezar a ascender. El impulso hacia atrás del agua crea una propulsión efectiva porque produce una fuerza contraria que impulsa el cuerpo hacia delante. Sin embargo, dudo que el mecanismo del aro volador realmente propulse a los nadadores hacia delante de esta forma. Como ya se ha explicado, la propulsión por este mecanismo depende de la capacidad de los nadadores de mantener el efecto de un vórtice adherido al desplazar los pies hacia abajo por el agua. Este mecanismo, aunque sea posible con objetos con perfil de ala en el aire y el agua, probablemente no ocurre con los seres humanos porque los pies no tienen un perfil de ala. Los pies humanos son aun menos parecidos a formas con perfil de ala que las manos, que, como se ha indicado anteriormente, tampoco tienen dicho perfil. Por lo tanto, es dudoso que se pudiese mantener una corriente estable de agua alrededor de los pies mientras realizan el movimiento descendente.

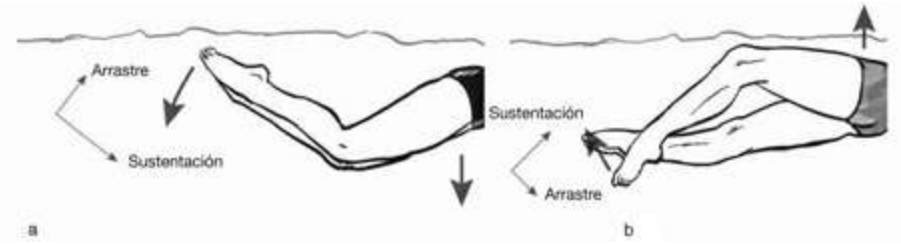


Figura 1.28. La propulsión dominada por la fuerza de sustentación durante el batido. El dibujo del vector (a) muestra el efecto de la propulsión dominada por la fuerza de sustentación durante el movimiento descendente del batido de delfín en mariposa. El dibujo del vector (b) muestra el mismo efecto para el batido de espalda.

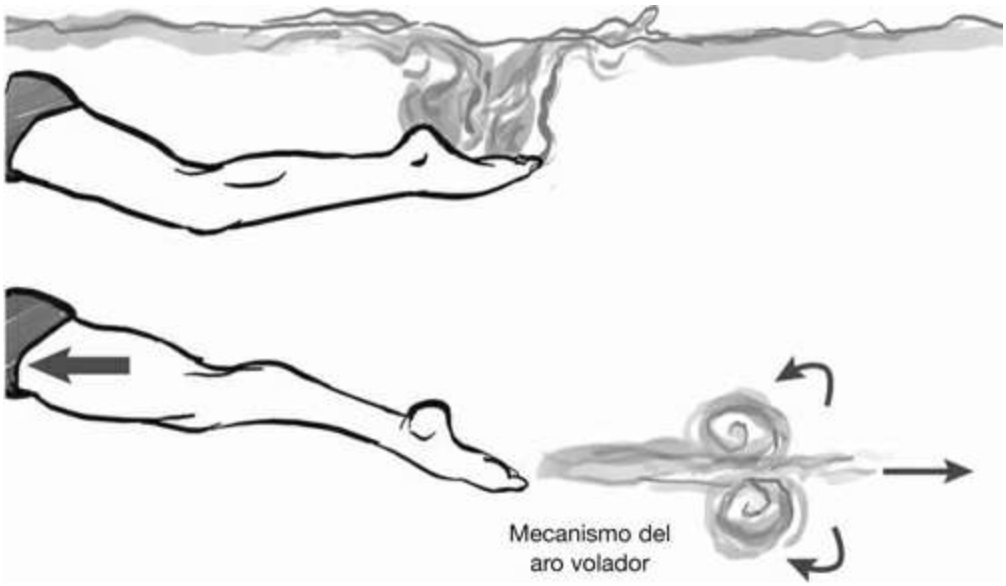


Figura 1.29. Un ejemplo de cómo el mecanismo del aro volador podría propulsar al nadador hacia delante durante el movimiento descendente del batido del estilo libre o delfín.

Otra razón por la que dudo que el mecanismo del aro volador sea propulsor durante el batido es porque el momento de la propulsión del batido no encaja con el momento en el que el agua sería impulsada hacia atrás por los pies. Si operase el mecanismo del aro volador, la velocidad de avance debería acelerar al completar el movimiento descendente del batido del estilo libre y de delfín y el movimiento ascendente del batido de espalda. Pero mis observaciones de registros de la velocidad de avance de nadadores que realizaban el batido con tabla mostraron que la mayor aceleración en la velocidad de avance tuvo lugar durante la primera mitad del movimiento descendente del batido del estilo libre y mariposa y durante la primera mitad del movimiento ascendente del batido de espalda. Desaceleraban durante la segunda mitad del movimiento descendente del batido del estilo libre y mariposa y en la segunda mitad del movimiento ascendente del batido de espalda. También desaceleraron durante los cambios de dirección de abajo

arriba, que es el momento en que el agua supuestamente sería impulsada hacia atrás con el mecanismo del aro volador.

Por lo tanto, si el batido es tan inefectivo para producir fuerza propulsora, ¿por qué algunos nadadores de hecho se desplazan mediante el batido debajo del agua más rápidamente de lo que nadan en la superficie? Como se explicará en el capítulo 3, las ondulaciones del cuerpo probablemente son responsables de parte de la velocidad alcanzada con el batido de delfín. Sin embargo no puede explicar el hecho de que algunos nadadores pueden desplazarse con más velocidad con el batido de delfín debajo del agua que la que alcanzan cuando nadan en la superficie con el estilo completo. La velocidad superior del batido de delfín subacuático probablemente puede explicarse por el hecho de que los nadadores están debajo del agua donde la fuerza de arrastre es menor, y por el número de impulsos propulsores que aplican en cada segundo de batidos. Lyttle y colaboradores (1999) afirmaron que, comparando con la superficie, la fuerza de arrastre resistivo se reduce en hasta un 18% a una profundidad de 0,40 m. Por lo tanto, los nadadores no tendrían que proporcionar tanta fuerza propulsora para lograr nadar a la misma velocidad cuando nadan debajo del agua que cuando nadan en la superficie. También los nadadores mueven sus piernas a un ritmo de más de 150 batidos/minuto cuando realizan el batido de delfín debajo del agua, comparado con un ritmo máximo de brazada de 60 ciclos/minuto cuando realizan el estilo completo. Estos movimientos extremadamente rápidos de las piernas probablemente permiten a algunos nadadores alcanzar velocidades mayores debajo del agua que las que pueden alcanzar en la superficie, por lo menos durante un corto período de tiempo.

Puntos clave que apoyan la propulsión newtoniana

Como se mencionó anteriormente, hasta ahora nadie ha podido explicar el mecanismo implicado en la propulsión en la natación. Sólo contamos con

teorías que se relacionan con los principios físicos implicados y la manera en que se aplican. En este capítulo he tratado de presentar y criticar las teorías más populares. También he propuesto el tercer principio del movimiento de Newton, el de acción y reacción, como el mecanismo más probable. Se presentan a continuación los principales puntos que he mencionado para apoyar esta afirmación.

• *Empujar el agua hacia atrás es probablemente responsable de la natación humana*. El principio de acción y reacción de Newton se aplica de la manera siguiente: cuando los nadadores empujan el agua hacia atrás, reciben una fuerza contraria que acelera el cuerpo hacia delante. Sin embargo no empujan el agua directamente hacia atrás, ni deben hacerlo, porque la estructura y la función de la articulación del hombro y los requisitos de la brazada efectiva hacen que este método sea menos efectivo que realizar una brazada diagonal a través del agua.

• *Los nadadores utilizan las manos como palas no como hélices*. Las empujan hacia atrás contra el agua en lugar de remar por el agua. Empujan sus miembros hacia atrás para maximizar la contribución de las fuerzas de arrastre a la propulsión porque el arrastre es una fuerza propulsora más efectiva que la sustentación. Esa conclusión parece deducirse de los ángulos de ataque que se midieron en buenos nadadores durante la fase propulsora de sus brazadas subacuáticas. En la mayoría de los casos, los nadadores escogen intuitivamente utilizar ángulos mayores de ataque que maximizan la contribución de las fuerzas de arrastre en lugar de ángulos más pequeños en los que la contribución de las fuerzas de sustentación serían mayores.

• *Los nadadores de nivel mundial siempre desplazan las manos diagonalmente hacia atrás durante la fase propulsora de sus brazadas subacuáticas*. En cambio, la velocidad de avance de los nadadores se reducirá cuando utilizan movimientos verticales y laterales de las manos en forma de remada que no tienen un componente que vaya hacia atrás. La velocidad de avance disminuye aún más cuando las manos se desplazan diagonalmente hacia delante.

• *Los buenos nadadores tratan de mantener las manos casi perpendiculares a la dirección del desplazamiento hacia delante del cuerpo durante la fase propulsora de las brazadas subacuáticas*. Los buenos nadadores del estilo libre, de espalda y de mariposa prefieren utilizar ángulos de ataque de las manos de entre 50º y 70º durante estas fases propulsoras. Esto parece ser una tentativa para mantener la mayor área de superficie posible de las manos y de los brazos mirando hacia atrás cuando realizan la brazada diagonalmente por el agua. Este rango de ángulos de la mano favorece la producción de las fuerzas de arrastre más que de las de sustentación.

Creo que los bracistas también deben mantener las manos mirando casi perpendicularmente a la dirección del avance, aunque los datos disponibles muestran que algunos prefieren utilizar ángulos de ataque menores.

• *Los nadadores no necesitan preocuparse por los ángulos de ataque de las manos durante las fases propulsoras de las brazadas subacuáticas*. Sólo necesitan mover sus brazos por el agua en las trayectorias tradicionales en forma de S en relación con el cuerpo. Al hacerlo, estarán utilizando ángulos de ataque de las manos que son muy cercanos a los ideales para las direcciones reales que los miembros están siguiendo en relación con un punto fijo de la piscina.

• *Aunque de menor importancia, el papel de la sustentación en la propulsión de la natación debe tenerse en cuenta*. Los movimientos de brazada de los nadadores producen fuerzas de sustentación además de las de arrastre. Aunque la cantidad con que contribuyen las fuerzas de sustentación a la fuerza propulsora total es un tema polémico, cualquier contribución que realizan debe considerarse significativa.

• *El antebrazo y quizá la parte superior del brazo desempeñan un papel importante en la propulsión de la natación.* Los resultados recogidos por Cappaert, Bixler y Schleihauf sugieren que el antebrazo contribuye del 15% al 38% de la fuerza propulsora total producida por la brazada. Parece razonable, por lo tanto, concluir que el brazo contribuye de manera considerable a la propulsión, especialmente considerando el área de

superficie adicional proporcionado por el antebrazo.

• *La propulsión del batido probablemente se logra al empujar hacia atrás contra el agua.* Las trayectorias del movimiento de los pies revelan que las piernas se desplazan hacia atrás durante la primera parte del movimiento descendente del batido del estilo libre y de delfín y durante la primera parte del movimiento ascendente del batido de espalda. Los registros del centro de masas indican que los nadadores propulsan el cuerpo hacia delante más rápidamente durante estas mismas fases. También parecen estar empujando hacia atrás contra el agua con las plantas de los pies durante la fase más propulsora del batido de braza, lo que da un apoyo adicional a la noción de que la propulsión de las piernas probablemente se debe al principio de Newton de acción y reacción.

2

Reducir la resistencia

El agua es 1.000 veces más densa que el aire, de manera que, cuando el cuerpo avanza por ella, el agua resiste el movimiento con una fuerza sustancialmente mayor que la resistencia del aire. Esta fuerza, como se indicó en el capítulo anterior, es el arrastre resistivo. Los nadadores acelerarán hacia delante siempre que las fuerzas propulsoras que aplican sean mayores que las fuerzas del arrastre resistivo que los frenan. De la misma manera, desacelerarán cuando las fuerzas del arrastre resistivo superen las de propulsión. Los cambios en las cantidades relativas de fuerzas propulsoras y de arrastre resistivo son las razones por las que la velocidad de avance de los nadadores acelera o desacelera en varios momentos de cada ciclo de brazada.

Al avanzar los nadadores se encuentran con el arrastre resistivo porque deben literalmente quitar corrientes de moléculas de agua de su camino para poder abrir un agujero por donde puede pasar su cuerpo.

Los nadadores deben tratar de reducir el arrastre resistivo que encuentran al avanzar por la piscina para mantener una mayor velocidad media de avance con menos esfuerzo. Las únicas excepciones a esta afirmación se aplican a los brazos y las piernas, y sólo cuando los nadadores están realizando

movimientos propulsores con ellos. Los movimientos de recobro de los brazos y de las piernas deben realizarse de manera que reduzcan el arrastre resistivo.

El arrastre resistivo con que se encuentran los nadadores es directamente proporcional a la turbulencia que crean al avanzar por la piscina. Desafortunadamente, dado que el cuerpo humano no es tan hidrodinámico como el de peces u otros mamíferos marinos, los nadadores encontrarán una cantidad considerable de arrastre resistivo, incluso cuando adoptan una posición perfectamente hidrodinámica. Un factor que aumenta aún más el arrastre es el cambio constante y drástico de la orientación del cuerpo en el agua (Clarys, 1979). Por consiguiente, los nadadores crearán turbulencia al desplazarse por el agua. No pueden eliminar esta turbulencia, pero pueden reducirla utilizando una serie de técnicas descritas en este y en los siguientes capítulos dedicados a cada estilo competitivo.

La importancia de reducir el arrastre resistivo

En el pasado, las técnicas utilizadas para reducir el arrastre resistivo han sido eclipsadas por los métodos utilizados para mejorar la fuerza propulsora. Sin embargo, recientemente, ha habido un renacimiento del interés por el papel desempeñado por el arrastre en la natación de velocidad. Ahora muchos expertos creen, y con razón, que la reducción del arrastre resistivo puede mejorar la velocidad de nado incluso más que las destrezas que aumentan la fuerza propulsora. De hecho, en un estudio de competidores en los Juegos Olímpicos de 1992, los investigadores afirmaron que:

> … los atletas de elite no utilizan fuerzas propulsoras significativamente mayores de sus brazos y piernas. En lugar de esto, adoptan una forma más hidrodinámica con todo el cuerpo, lo que reduce las fuerzas de arrastre del agua. Por lo tanto, pueden lograr nadar más rápidamente utilizando una propulsión parecida a la de otros atletas que no son de elite (Cappaert, Pease y Troup, 1996).

La razón por la que la reducción de la resistencia del agua es tan importante para la natación de velocidad se ilustra en la figura 2.1.

El gráfico presentado en la figura 2.1a muestra el patrón típico de la velocidad del centro de masas de una brazada subacuática del estilo libre durante dos períodos principales de aceleración (el movimiento hacia dentro y el movimiento ascendente) y tres períodos principales de desaceleración (el movimiento descendente, la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento ascendente, y el recobro del brazo). La velocidad media de la brazada puede determinarse calculando la altura de estos picos (aceleraciones) y valles (desaceleraciones), y la cantidad de tiempo que tarda cada fase de la brazada. En la figura 2.1a la velocidad media era de 1,98 m/s.

El gráfico presentado en la figura 2.1b muestra el efecto hipotético de una mejor hidrodinámica sobre la velocidad media del nadador durante una brazada. La mejor hidrodinámica reducía la cantidad de desaceleración durante los períodos de desaceleración del ciclo de brazada. En este caso, la mejor hidrodinámica aumentó la velocidad media del nadador a 2,04 m/s por brazada. Sin embargo, el ejemplo ilustrado en la figura 2.1b no es suficiente. Cuando el nadador adopte una mejor forma hidrodinámica, también acelerará más hacia delante durante las fases propulsoras del ciclo de brazada porque habrá menos resistencia a sus esfuerzos propulsores. El efecto real de adoptar una forma más hidrodinámica se presenta mejor en el gráfico de la figura 2.1c.

En este caso, el nadador desacelera menos y acelera más de manera que su velocidad media llega a ser 2,07 m/s para esta brazada. Para poner en perspectiva la importancia de una buena hidrodinámica, la velocidad media representada en la figura 2.1a resultaría en un tiempo de 50,50 para los 100 m, mientras que la velocidad media ilustrada en la figura 2.1c arrojaría un tiempo de 48,31 para la misma distancia. Reducir el arrastre resistivo puede mejorar claramente el rendimiento de forma considerable.

Evidentemente, el ejemplo ilustrado en la figura 2.1 es hipotético ya que no tiene en cuenta la influencia de circunstancias tales como el dominio

lateral, la fatiga, la salida y el viraje. No obstante, el punto que ilustra es válido. Los nadadores que reducen el arrastre resistivo pueden aumentar su velocidad media por ciclo de brazada. Y lo que es mejor, pueden hacerlo sin aumentar el esfuerzo muscular. Más adelante en este capítulo se presentarán técnicas para reducir el arrastre resistivo. Sin embargo, primero quiero hablar de las causas del arrastre resistivo.

Las características laminares y turbulentas del movimiento del agua

El agua está formada por moléculas de hidrógeno y oxígeno. Cuando se desplaza uniformemente de una manera no turbulenta, estas moléculas suelen estar amontonadas una sobre otra como láminas. Por esta razón el flujo del agua tranquila ha sido denominado *laminar*. Los nadadores perturban el estado laminar de ciertas corrientes de agua cuando se desplazan a través de ellas, haciéndolas turbulentas. Como se mencionó anteriormente, las láminas de moléculas de agua deben separarse hacia arriba y hacia abajo y hacia los dos lados para formar un agujero por donde pueden pasar las partes del cuerpo del nadador. Cuando esto ocurre, se perturba el flujo laminar de las moléculas de agua y empiezan a mezclarse y a rebotar unas sobre otras de forma violenta y en direcciones aleatorias. Se dice que el flujo del agua se ha vuelto turbulento cuando esto ocurre. Por lo tanto, el flujo de agua *turbulento* se refiere al movimiento violento y aleatorio de las moléculas de agua, mientras que el flujo *laminar* se refiere a moléculas que se mueven en la misma dirección a la misma velocidad. El flujo laminar del agua crea el mínimo de arrastre resistivo, y el flujo turbulento aumenta tanto la presión del agua como el arrastre resistivo.

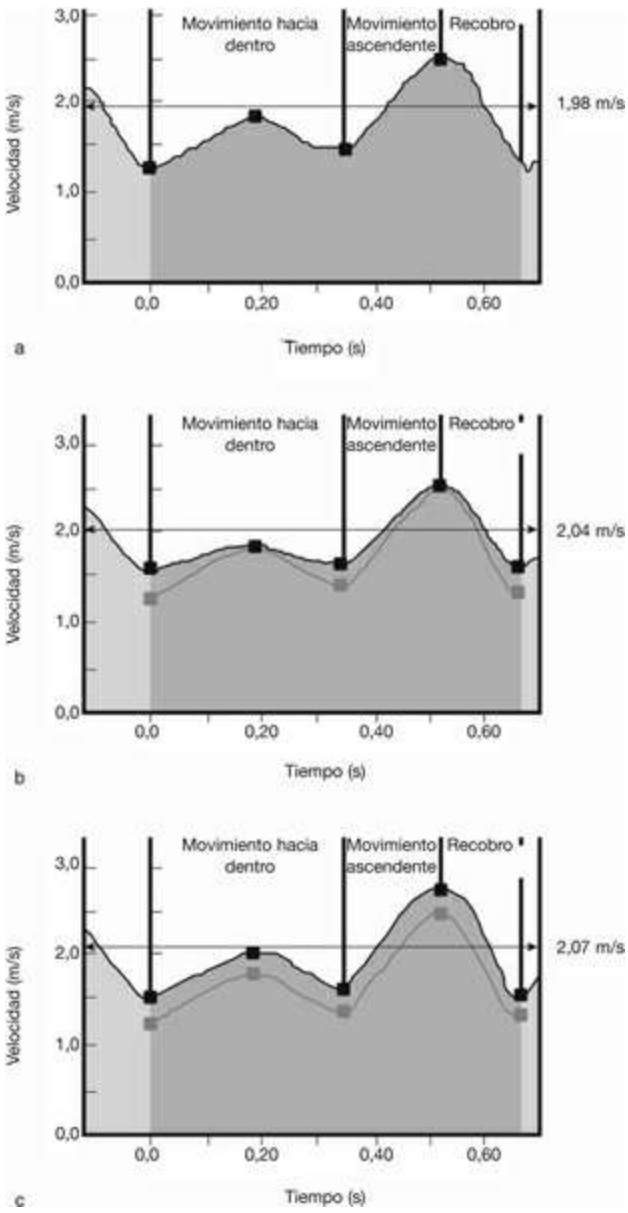


Figura 2.1. El efecto de reducir el arrastre sobre la velocidad media.

Las moléculas de agua que se han vuelto turbulentas invadirán las láminas adyacentes que están más lejos del objeto, poniéndolas en movimiento y causando un patrón cada vez más amplio de turbulencia. Este patrón es visible como aguas blancas en la superficie, pero no puede apreciarse debajo del agua. La turbulencia, a causa del movimiento violentamente aleatorio de las moléculas de agua, aumenta la presión del agua inmediatamente delante y

a los lados de los nadadores y suele reducir su velocidad de avance a no ser que ejerzan bastante fuerza propulsora adicional para superarla. De hecho, algunas moléculas de agua, en lugar de ser empujadas más allá, se adherirán al cuerpo de los nadadores. Dichas moléculas serán llevadas como una masa añadida, causando fricción que también reduce la velocidad.

Las secciones de agua inmediatamente detrás del cuerpo de los nadadores permanecerán turbulentas y sólo parcialmente llenas de moléculas de agua durante un corto período de tiempo después de su paso. La presión en la sección detrás será considerablemente menor que la presión delante porque los agujeros creados no se llenan inmediatamente después del paso del nadador, y las moléculas de aquella zona seguirán siendo turbulentas durante un corto período de tiempo. Esta área de presión más baja tenderá a succionar a los nadadores hacia atrás a no ser que, de nuevo, aumenten la fuerza propulsora lo bastante para superar dicha tendencia. Las moléculas del agua que se arremolinan en las áreas por las que pasan los nadadores se denominan *remolinos*. También se ha utilizado el término *succión trasera* para identificar la reducción de la presión que tiende a arrastrar a los nadadores hacia atrás.

El agua turbulenta, en muy poco tiempo, rellenará la zona por la que haya pasado el nadador y se restablecerá la condición laminar. El tiempo necesario para que el agua rellene los agujeros dependerá del tamaño de estos y del tamaño de la turbulencia que crearon. Si los agujeros son grandes y el patrón de turbulencia extenso, requerirán más tiempo para rellenarse, lo que creará un mayor efecto de succión que durará más tiempo. Los agujeros más pequeños producen patrones de turbulencia más pequeños que se rellenan más rápidamente después del paso del nadador, de manera que el efecto de la succión será menor y durará menos tiempo.

Se ilustran ejemplos de las características laminar y turbulenta del agua en la figura 2.2. En esta ilustración, los flujos laminares son representados por rectas, mientras que la turbulencia es representada por formas curvilíneas. Como se describió anteriormente, el agua puesta en movimiento inmediatamente por delante y a los lados del nadador se vuelve turbulenta y aumentará la presión delante de él. Esta área de alta presión está indicada por el símbolo + delante del nadador. El símbolo – inmediatamente detrás del cuerpo indica el agujero que las moléculas del agua no han rellenado todavía.

Se ilustran los remolinos o la turbulencia en esta área (detrás de las piernas del nadador).

La combinación de una mayor presión delante de los nadadores, donde han creado un muro virtual de agua turbulenta, y la menor presión detrás de ellos, donde el agua turbulenta todavía no ha llegado a rellenarse, aumentará el diferencial de presión entre la parte delantera y la parte trasera. De hecho, el cuerpo de los nadadores será empujado hacia atrás por la presión alta delante de ellos, y serán arrastrados o succionados hacia atrás por la presión baja detrás. Este gran diferencial de presión evidentemente reducirá su velocidad de avance a no ser que aumenten la fuerza propulsora para superarlo.

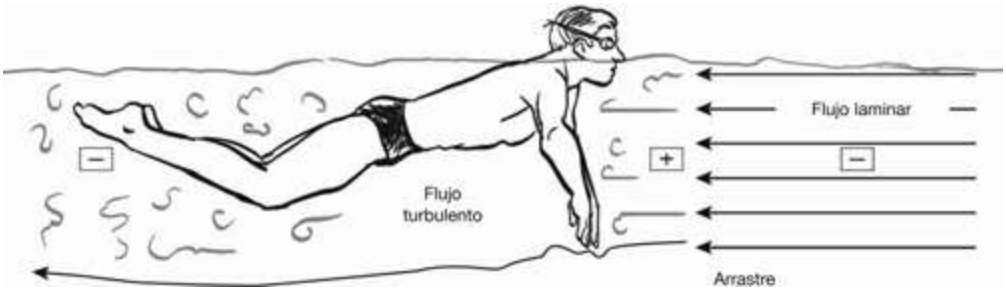


Figura 2.2. Turbulencia causada por el cuerpo del nadador penetrando en corrientes laminares.

Los nadadores “chupan rueda” a otros nadadores en el entrenamiento y en las competiciones siguiendo muy de cerca, detrás o al lado, a otro nadador de manera que puedan nadar dentro de la bolsa de fuertes remolinos donde existe la succión trasera. Dado que la presión inmediatamente delante del nadador que va detrás es mayor que la presión en la bolsa detrás del nadador que va delante, el que va detrás es arrastrado hacia el área de menor presión. La ventaja de “chupar rueda” a otro nadador es que el diferencial de presión hará algo del trabajo para el que va detrás para que pueda mantener una velocidad alta con menos esfuerzo. En un estudio, se calculó que “chupar rueda” detrás de otro nadador podría mejorar el rendimiento en 9,5 s en 400 m (Chatard *et al.*, 1998).

Olas

El movimiento de los nadadores a través del agua crea olas de proa que se levantan y presionan contra su cuerpo. El movimiento hacia atrás de estas olas de proa retrasa la velocidad de avance del nadador. El tamaño de la ola de proa aumenta al incrementarse la velocidad de nado, creando un muro de agua que el atleta debe atravesar, que, a su vez, causa un aumento considerable del arrastre resistivo. Las olas de proa ejercen un efecto retardador tan poderoso sobre la velocidad de avance que se aumenta el arrastre en un factor de 8 cuando se duplica la velocidad de nado (Northrip, Logan y McKinney, 1974). Otros tipos de arrastre sólo aumentan en un factor de 4 cuando se duplica la velocidad de nado.

El tamaño de las olas de proa y su arrastre resistivo podría reducirse si se nada más despacio, pero esta opción no está disponible para los atletas que quieren ganar su prueba. Por lo tanto, una gran ola de proa es un mal necesario que hay que manejar. Los nadadores deben evitar cualquier acción que aumente innecesariamente el tamaño de la ola de proa. Una acción de este tipo es la de hidroplanear, o desplazarse en una posición innaturalmente alta en el agua. Cuando los nadadores arquean la espalda y levantan la cabeza para alcanzar una posición corporal alta, aumentan el tamaño de la ola de proa innecesariamente, lo que reduce la velocidad de avance. Los nadadores hidroplanean naturalmente en las pruebas más cortas porque se desplazan con más rapidez. Esto es, que el aumento de la presión del agua inmediatamente delante y debajo de su cuerpo, causado por el aumento de su velocidad, tenderá a empujar su cuerpo más arriba en el agua. Esto es una reacción normal en la natación rápida y no debe evitarse, pero los nadadores no deben tratar de intensificarlo arqueando la espalda y levantando la cabeza.

Otra manera de que los nadadores aumenten el tamaño de la ola de proa innecesariamente es exagerando los movimientos verticales del cuerpo y de la cabeza. En mariposa y braza, por supuesto, un cierto grado de ondulación corporal es esencial para poder respirar correctamente y crear el efecto de estar montando sobre las olas. Sin embargo, una ondulación excesiva es

innecesaria y sólo les frenará.

Los nadadores del estilo libre y de espalda no tienen problemas con la ondulación del cuerpo, pero pueden aumentar las olas innecesariamente levantando o lanzando la cabeza de un lado a otro mientras nadan. Los nadadores de estilo libre deben rotar hacia un lado y respirar sin levantar la cabeza del agua. Los nadadores de espalda pueden reducir el tamaño de la ola de proa al mínimo nadando con una posición de la cabeza que no es innecesariamente alta y dejando de moverla de un lado a otro.

Durante la competición, los nadadores deben también superar otras fuentes de arrastre por las olas sobre las que no tienen ningún control. Algunas piscinas tienen más olas que otras, evidentemente, causadas por un mal diseño de los rebosaderos y corcheras inadecuadas, entre otras cosas. El rendimiento de los atletas es generalmente peor cuando compiten en estas piscinas, llamadas lentas; no obstante, como las olas afectan a todos los nadadores por igual, no deben influir en el resultado de las pruebas.

Medir el arrastre resistivo

Evidentemente, el arrastre resistivo puede tener un efecto negativo significativo sobre la velocidad de nado. Algunos expertos han especulado que la magnitud del arrastre resistivo puede estar sometida a la influencia del tamaño y de la forma del cuerpo de los nadadores y, por supuesto, de su habilidad (Miyashita, 1997; Ohmichi, Takamoto y Miyashita, 1983; Rouard y Billat, 1990; Sydney *et al*., 1997). Desafortunadamente, no ha sido posible medir la influencia de estos factores con exactitud. Para hacerlo habría que medir el arrastre *activo*, el arrastre resistivo ejercido sobre un cuerpo que está constantemente cambiando de posición y velocidad al desplazarse por el agua. Los métodos que tenemos para medir el arrastre resistivo en la actualidad sólo calculan el arrastre *pasivo*, el arrastre resistivo creado por objetos que son remolcados por el agua sin cambios de velocidad ni

dirección. Las mediciones del arrastre pasivo han proporcionado algunos datos útiles que pueden aplicarse a las posiciones que los nadadores deben adoptar mientras se deslizan por el agua. Sin embargo, tienen poco o ningún valor práctico para determinar el arrastre resistivo que los atletas encuentran en la natación real.

Recientemente ha habido varias tentativas de desarrollar procedimientos para medir el arrastre activo, pero ninguno ha sido validado (Hay, 1988; Toussaint *et al*., 1988; Vaart *et al*., 1987). Un método pionero que se ha probado es el de añadir un contrapeso con un arrastre hidrodinámico conocido a un nadador en desplazamiento y luego calcular cuánto reduce ese peso la velocidad y/o aumenta el gasto energético comparado con la natación libre (Kolmogorov y Duplishcheva, 1992; Kolmogorov y Rumyantseva, 1998). Primero se remolca a los nadadores por el agua a una velocidad constante y en una posición estática, tanto con como sin el contrapeso atado, para determinar la fuerza de remolque adicional necesaria para superar el contrapeso. Luego nadan por el agua a la misma velocidad mientras remolcan el contrapeso. Una vez que se conozca el arrastre pasivo del contrapeso, se puede restar su valor de la fuerza requerida para superar el peso durante la natación real. Lo que queda es la fuerza necesaria para superar la resistencia del agua durante la natación real, y se considera esa fuerza igual al arrastre activo.

La exactitud de este método depende de dos suposiciones:

1. Que los nadadores ejercen la misma cantidad de fuerza cuando nadan libremente que cuando remolcan el contrapeso.
2. Que los nadadores nadan con la misma velocidad por ciclo de brazada cuando nadan libremente y cuando remolcan el contrapeso.

Ambas suposiciones evidentemente requieren mucha fe, especialmente si se pide a los atletas que naden a la velocidad de la competición o a una cercana. Dependemos de que ellos ejerzan el mismo esfuerzo cuando nadan con el contrapeso que cuando nadan libremente. Es una tarea muy difícil,

incluso para los sujetos más colaboradores. En un estudio reciente, Strojnik, Bednarik y Strombelj (1998) afirmaron que no era muy probable que los nadadores pudiesen o quisiesen ejercer el mismo esfuerzo cuando nadaban a velocidad máxima tanto con como sin el contrapeso.

Otra fuente de error es que los valores de nadar con y sin el contrapeso deben convertirse en una ve-locidad media constante mediante una simulación por ordenador. Los factores tomados en cuenta por este modelo computerizado son la distancia por ciclo de brazada, las velocidades máxima y mínima dentro de cada ciclo, y el tiempo del ciclo. El error posible al calcular los valores para la natación con y sin el contrapeso a una velocidad constante, según la literatura, está entre un 6% y un 8% (Kolmogorov y Duplishcheva, 1992). Por consiguiente, sería muy difícil llegar a unos valores exactos para el arrastre activo.

Parecería que el arrastre activo con que se encuentran los nadadores al desplazarse por el agua cambiando constantemente de posición sería considerablemente mayor que lo que indicaría cualquier medida de arrastre pasivo. Sin embargo, las comparaciones reales de valores medidos del arrastre pasivo y activo han dado resultados contradictorios. Glazkov y Denentyev (1977) afirmaron que la resistencia encontrada cuando se nada libremente es casi el doble de la de ser remolcado pasivamente. Estos investigadores utilizaron un enfoque bioenergético en el que se determinó el arrastre activo midiendo la diferencia del gasto energético entre nadar con y sin un contrapeso. Sus valores calculados para el arrastre activo fueron posteriormente comparados con valores para el arrastre pasivo. Sin embargo, Kolmogorov y Duplishcheva (1992) afirmaron que los valores del arrastre activo eran realmente menores que los del arrastre pasivo en tres de los cuatro estilos competitivos. La única excepción era braza. Dichos autores utilizaron un enfoque hidromecánico en el que los valores del arrastre activo se calcularon matemáticamente a partir de las diferencias de velocidad cuando se nadaba con y sin un contrapeso y luego los compararon con cálculos para el arrastre pasivo con y sin un contrapeso.

Sigue siendo una pregunta sin respuesta si los métodos utilizados en estos estudios realmente miden el arrastre activo u otro aspecto de la relación entre la fuerza de nado, el gasto energético y la resistencia del agua. Aunque los

resultados de los dos estudios fueron contradictorios, parece razonable que los atletas deben encontrar más arrastre cuando están constantemente cambiando de posición y de velocidad durante la natación real que cuando están siendo remolcados a velocidad constante en una posición hidrodinámica constante. Por lo tanto, el arrastre activo encontrado por los nadadores es probablemente mayor que el que indican las mediciones de arrastre pasivo. Cuánto mayor es una incógnita en este momento. Clarys (1979) ha estimado que los verdaderos valores del arrastre activo podrían ser desde un 85% hasta un 300% mayores que las mediciones de arrastre pasivo a varias velocidades de nado.

Aunque no tenemos mediciones viables del arrastre activo en que apoyarnos, la mayoría de nosotros creemos que algunos nadadores tienen una clara ventaja sobre otros, a saber, por su habilidad (1) para adoptar formas corporales más hidrodinámicas en los cuatro estilos competitivos, y (2) por cambiar de una forma a otra dentro de cada ciclo de brazada causando menos turbulencia en el agua a su alrededor. Las formas y los métodos de cambiarlas se presentarán más adelante en este capítulo. Sin embargo, primero quiero describir los factores implicados en la reducción o el aumento del arrastre restrictivo.

Cómo los nadadores crean arrastre resistivo

Los cuatro factores más importantes que determinan el arrastre resistivo con que se encuentran los nadadores al avanzar por el agua son:

1. El espacio que ocupan dentro del agua.
2. La forma que presentan al agua.
3. Los movimientos de los miembros que empujan el agua hacia delante

en lugar de hacia atrás.

4. La fricción entre el cuerpo y las corrientes de agua que están en contacto con él.

El arrastre resistivo que resulta del espacio ocupado por los nadadores dentro del agua y la forma que presentan a ella ha sido denominado arrastre *por forma*, por razones evidentes. Resulta de las formas que los nadadores presentan al agua al desplazarse a través de ella. He denominado el efecto de los movimientos de los miembros que empujan el agua hacia delante arrastre por *empuje*, y el efecto de la fricción se identifica como arrastre por *fricción*.

El arrastre por forma

Como ya se ha indicado, el arrastre por forma es un producto tanto del espacio que ocupa el cuerpo de los nadadores como de las formas que presentan al agua que avanza hacia ellos. El espacio que ocupan es una función del tamaño corporal y lo bien que alinean su cuerpo tanto horizontal como lateralmente. Los humanos no están formados para desplazarse por el agua con un mínimo de resistencia. La mejor forma para este propósito es la de los peces o los mamíferos del océano: lisa, sin proyecciones irregulares, y afilada hacia delante y hacia atrás. Los humanos no son ni lisos ni bien afilados. Nuestros hombros se proyectan hacia fuera desde el cuello con un ángulo agudo, nuestros cuerpos se afinan en la cintura y luego se ensanchan en las caderas, y nuestros pies son más irregulares que afilados al final de nuestras piernas. Además, para nadar nuestros brazos deben avanzar constantemente contra el agua al prepararse para cada nuevo ciclo de brazada, y nuestras piernas y pies deben moverse constantemente por fuera de la línea del tronco para aplicar la fuerza propulsora.

Cuanto mayor es el ser humano, más espacio ocupará en el agua y mayor será el arrastre resistivo. Sin embargo, dado que los mayores atletas son normalmente más fuertes que sus compañeros más pequeños, en la mayoría

de los casos, los atletas más grandes pueden compensar el arrastre añadido con su habilidad para aplicar más fuerza propulsora. Las atletas a veces son una excepción a esta regla. Algunas mujeres añaden significativamente más tamaño que fuerza en la pubertad y tienen dificultades para igualar sus rendimientos anteriores.

Otros factores que determinan el espacio que los nadadores ocupan en el agua conciernen a cómo alinean su cuerpo horizontal y lateralmente. Los nadadores ocupan menos espacio en el agua manteniendo el cuerpo lo más horizontal posible desde la cabeza hasta la punta de los pies. También ocupan menos espacio si mantienen todos los segmentos dentro de la línea de la parte más ancha del cuerpo, normalmente los hombros. En otras palabras, los nadadores ocupan menos espacio si no permiten al cuerpo serpentear por la piscina con las piernas y las caderas balanceándose de un lado a otro. Sin embargo, los movimientos propulsores pueden interferir con la alineación horizontal y lateral en algunos estilos más que en otros. En todos los estilos, los nadadores deben realizar brazadas y batidos en direcciones laterales y horizontales para aplicar las fuerzas propulsoras efectivamente. Por la misma razón, deben ondular el cuerpo en mariposa y braza. Por lo tanto, los nadadores deben encontrar un camino medio entre alinear el cuerpo y sacrificar la propulsión.

Entonces no es de extrañar que el espacio que los nadadores ocupan en el agua haya recibido el máximo de atención a la hora de abordar la reducción del arrastre resistivo. Pero la forma que presentan al agua probablemente tiene un efecto aún más importante sobre su velocidad de avance. Formas más afiladas producen menos arrastre resistivo que formas irregulares. Consecuentemente, aunque los nadadores no están bien formados para reducir el arrastre, tienen que alinear los bordes irregulares de su cuerpo el máximo posible, excepto cuando los utilizan para aplicar fuerzas propulsoras.

La observación de los nadadores de nivel mundial sugiere que ciertos tipos de cuerpo crean menos arrastre por forma a causa del contorno que presentan al agua. Por ejemplo, los nadadores altos, magros y con cuerpos afilados deben tener una ventaja sobre los que son bajos y muy musculosos. Clarys (1979), sin embargo, no encontró una relación entre la forma del cuerpo y el arrastre medido durante la natación real. Quizás, incluso los nadadores más

magros y afilados no pueden seguir siendo lo bastante hidrodinámicos para eliminar la turbulencia. Otra posibilidad es que los nadadores con tipos de cuerpo menos que ideales pueden eliminar su desventaja afilando cuidadosamente las posiciones del cuerpo en el agua. Hablaré del efecto del espacio en la primera parte de esta sección, y de la influencia de la forma que adopta el cuerpo más adelante.

El efecto del espacio ocupado por el cuerpo sobre el arrastre por forma

El espacio ocupado por los nadadores en el agua tiene componentes tanto horizontales como verticales. El componente horizontal concierne a la profundidad del cuerpo. El componente lateral se refiere al espacio que ocupan de un lado a otro.

Alineación horizontal. Un método para reducir el arrastre por forma es permanecer tan horizontal como sea posible a la superficie del agua sin reducir la fuerza propulsora. Las ilustraciones presentadas en la figura 2.3 contrastan una buena y una mala alineación para un nadador del estilo libre.

El nadador de la figura 2.3a tiene una buena alineación horizontal. Su cuerpo está casi horizontal a la superficie del agua y su inclinación desde la cabeza a la punta de los pies es mínima. Como resultado ocupa menos espacio en el agua que el nadador de la figura 2.3b. Este nadador está cometiendo el error demasiado común de tratar de hidroplanear por el agua. Lleva la cabeza alta con la espalda arqueada y, por lo tanto, tiene que realizar un batido más profundo y más fuerte para mantener esas partes del cuerpo por encima del agua. Por lo tanto, su cuerpo se inclina hacia abajo desde la cabeza hasta la punta de los pies de manera que perturba muchas más corrientes de moléculas de agua que el nadador de la figura 2.3a.

En cuanto al batido, los nadadores deben encontrar un camino medio entre realizar el batido lo bastante profundo como para propulsar el cuerpo hacia

delante pero no lo bastante profundo como para ocupar más espacio de lo necesario. La profundidad ideal del batido para cada estilo competitivo se describe en los capítulos en los que se habla de la mecánica del mismo.

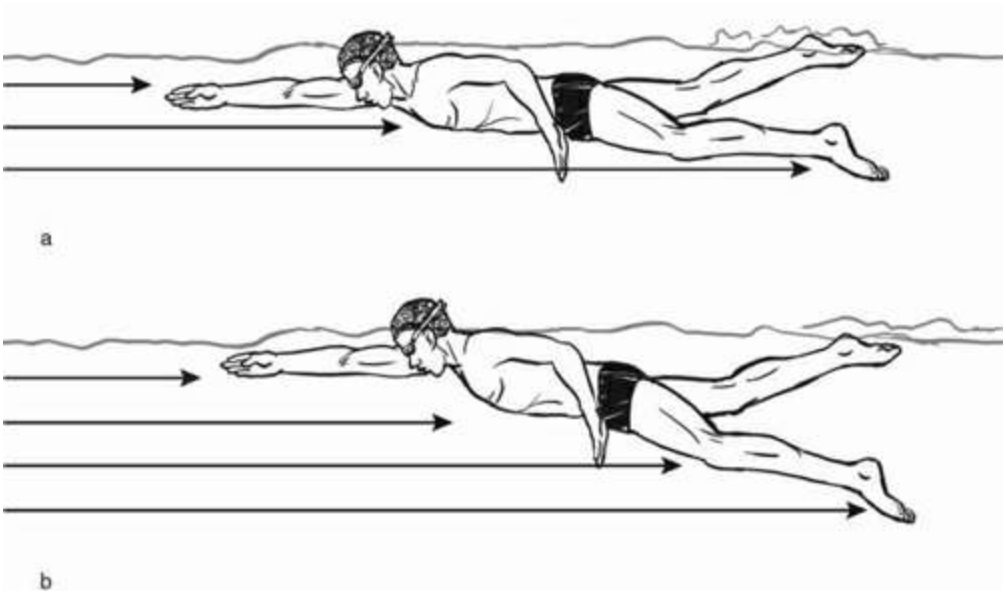


Figura 2.3. El efecto del espacio ocupado por los nadadores en el agua sobre el arrastre. El nadador en el dibujo superior (a) mantiene una posición horizontal en el agua que le permite ocupar un espacio mínimo. El nadador en el dibujo inferior (b) está tratando de hidroplanear haciendo un batido más profundo. Su cuerpo está inclinado hacia abajo, lo que provoca que ocupe más espacio en el agua.

Se contrastan la buena y la mala alineación horizontal para los otros tres estilos competitivos en la figura 2.4. El nadador de espalda en la figura 2.4a tiene una buena alineación horizontal porque mantiene su cabeza alineada con su cuerpo y no baja excesivamente las caderas. Contrástalo con la nadadora de espalda en la figura 2.4b, que lleva su cabeza demasiado alta y las caderas demasiado bajas, ocupando así bastante más espacio en el agua.

Esta regla general de que los nadadores deben permanecer lo más horizontalmente posible en la superficie del agua se aplica igualmente al estilo libre y a espalda. Mariposa y braza son excepciones a esta regla porque presentan una situación especial en relación con la alineación horizontal. La ondulación del cuerpo y la respiración causarán que los nadadores estén

menos horizontales durante ciertos períodos de cada ciclo de brazada. Estos movimientos ondulatorios son necesarios, sin embargo, a causa de la propulsión adicional que proporcionan. Los nadadores de ambos estilos deben encontrar un camino medio entre una ondulación excesiva y mover el cuerpo hacia arriba y hacia abajo lo bastante como para producir una fuerza propulsora adecuada.

Las ilustraciones de mariposa y braza muestran una buena alineación horizontal en la figura 2.4a y una mala alineación horizontal en la figura 2.4b Como ya se ha mencionado, la ondulación es una parte esencial de los aspectos propulsores de estos estilos.

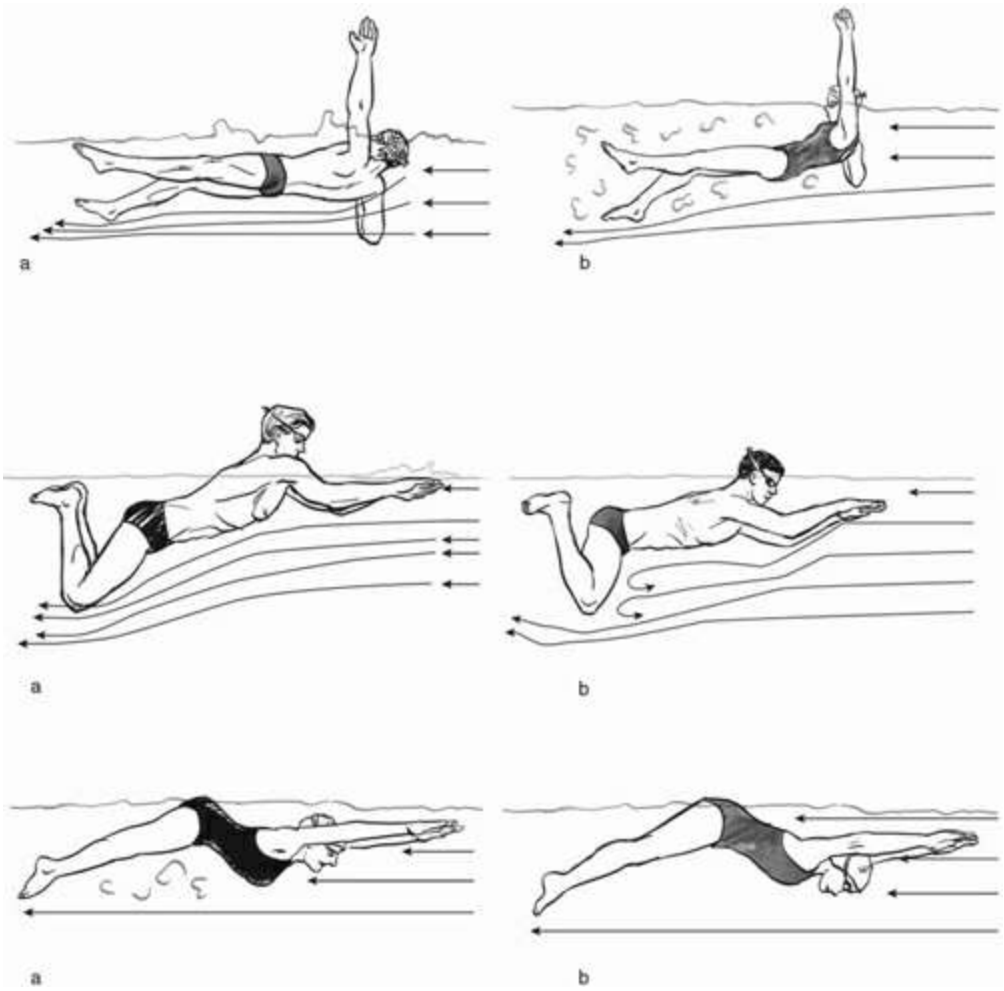


Figura 2.4. Una buena y una mala alineación horizontal en espalda, braza y mariposa. Los

nadadores en (a) muestran una buena alineación horizontal, mientras que se ilustran ejemplos de una mala alineación horizontal para cada estilo en (b).

Por lo tanto, mantener una buena alineación horizontal es cuestión de ondular el cuerpo desde una posición horizontal en la superficie hasta una posición inclinada por encima de la superficie. Los nadadores de estos estilos no deben permitir que los movimientos ondulatorios empujen partes del cuerpo demasiado dentro del agua. Una mala alineación horizontal puede resultar del hecho de realizar el batido con demasiada profundidad y/o bajar las caderas demasiado cuando ondulan hacia abajo. Como se explicará más adelante, los nadadores de ambos estilos serán propulsados hacia adelante por la acción de la ola durante el recobro del brazo si ondulan el cuerpo correctamente. Sin embargo, perderán esta fuente de propulsión si ondulan excesivamente. Hablaré más sobre la acción de la ola en el capítulo 3.

Alineación lateral. Los movimientos laterales excesivos también aumentarán el arrastre por forma. Las partes del cuerpo, especialmente las caderas y las piernas, que se balancean lateralmente por fuera del espacio en el agua ocupado por el tronco causarán que los nadadores encuentren más agua, y, por lo tanto, más resistencia al avanzar. Una mala alineación lateral sólo será un problema en el estilo libre y espalda, en los que los movimientos alternos de los brazos y las piernas tienen el potencial de mover el cuerpo por el agua con un desplazamiento serpenteante.

Las ilustraciones de la figura 2.5 muestran las vistas superiores de nadadoras de estilo libre con una buena y una mala alineación lateral. La nadadora en la figura 2.5a tiene una forma hidrodinámica mientras que la de la figura 2.5b está serpenteando excesivamente de lado a lado. Estos movimientos de lado a lado de las caderas y de las piernas hacen que ocupe mucho más espacio en el agua que la nadadora en (a). Además, los movimientos de lado a lado hacen que empuje el agua lateralmente y hacia delante. Ambas acciones aumentarán considerablemente el arrastre resistivo.

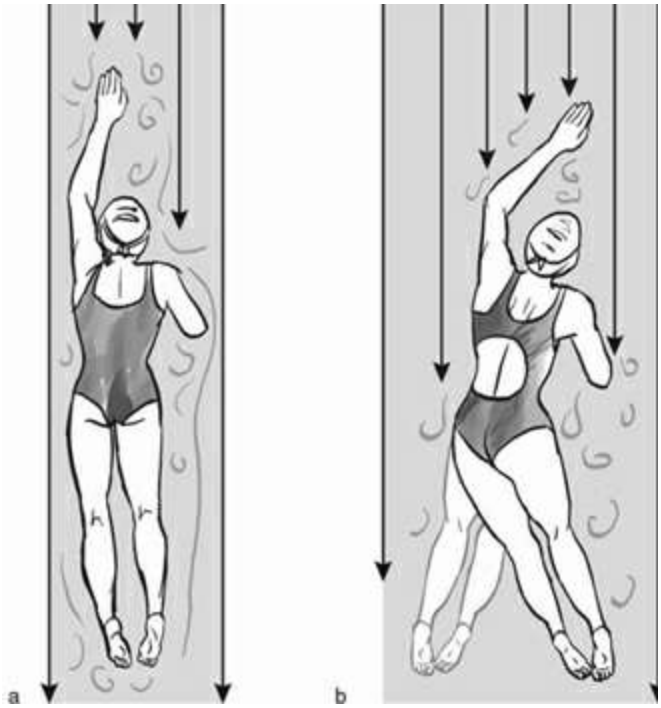


Figura 2.5. El efecto de movimientos corporales exagerados hacia los lados sobre el arrastre en el estilo libre. La nadadora en (a) tiene una buena alineación lateral. Está moviéndose por un espacio más pequeño en el agua porque está rotando longitudinalmente de lado a lado. Véase el contraste con la nadadora en (b), cuyas caderas y piernas se están desplazando por fuera de la línea de los hombros.

Técnicas adicionales para reducir el arrastre por forma. Los nadadores de estilo libre y mariposa que realizan un recobro muy alto de los brazos por encima de la cabeza pueden fácilmente perturbar su alineación horizontal. El peso de los brazos empujará el torso más hacia abajo en el agua. Los nadadores de estilo libre deben realizar el recobro de los brazos un poco hacia el lado y con el codo flexionado, para desplazar algo de su peso por fuera del cuerpo. Los nadadores de mariposa deben realizar el recobro de los brazos hacia el lado por la misma razón. Los nadadores de espalda deben realizar el recobro directamente por encima del cuerpo, a pesar del efecto negativo que tendrá sobre su alienación horizontal. La alternativa, realizar el recobro hacia los lados, perturbaría aún más la alineación lateral.

En sus esfuerzos por nadar rápidamente algunos nadadores utilizan una serie de movimientos de brazada incorrectos que pueden hacer que el cuerpo

se balancee de lado a lado. Los nadadores de espalda y estilo libre pueden perturbar la alineación lateral cruzando la línea media del cuerpo con las manos al meter los brazos en el agua. Los de estilo libre también pueden perturbar la alineación lateral durante el tirón de la fase subacuática de la brazada cruzando demasiado la línea media del cuerpo con los brazos.

Tanto los nadadores de estilo libre como los de espalda pueden hacer que las piernas y las caderas se balanceen de lado a lado realizando el recobro con un amplio movimiento lateral por encima del agua. Un movimiento circular vigoroso hacia el lado con el brazo que realiza el recobro tenderá a arrastrar las caderas hacia fuera y en la dirección en la que se desplaza el brazo. Los nadadores de estilo libre necesitan utilizar un recobro con el codo alto que minimice los movimientos de los brazos hacia fuera. Como se mencionó anteriormente, los nadadores de espalda deben realizar el recobro directamente por encima del cuerpo en una posición extendida para minimizar los movimientos hacia fuera de los miembros y el efecto resultante sobre la alineación lateral del cuerpo. Los nadadores de mariposa pueden realizar el recobro de los brazos hacia los lados sin perturbar la alineación lateral. El efecto potencialmente perturbador de lanzar un brazo hacia el lado será compensado por el movimiento simultáneo hacia fuera del otro brazo en la dirección opuesta, de manera que las caderas no se verán arrastradas hacia el lado sino que seguirán desplazándose hacia delante en línea recta.

Los nadadores de estilo libre y espalda también pueden perturbar la alineación lateral empujando los brazos demasiado hacia el lado durante la primera parte de su brazada subacuática. Un empuje vigoroso de un brazo hacia fuera tenderá a empujar el cuerpo hacia el lado opuesto. Como se explicará en el capítulo 3, los nadadores de estos estilos no pueden evitar desplazar los brazos hacia los lados, incluso un poco, al inicio de su brazada subacuática. Deben hacerlo para colocarlos en una buena posición para aplicar la fuerza propulsora lo antes posible. No obstante, los nadadores de ambos estilos no deben mover los brazos hacia los lados más de lo necesario para realizar un buen agarre, y bajo ninguna circunstancia deberían empujarlos vigorosamente hacia el lado al realizar el agarre.

Los nadadores de mariposa y braza deben desplazar los brazos hacia los lados incluso más que los de estilo libre y espalda cuando realizan el agarre.

No deben preocuparse por si estos movimientos laterales perturban la alineación lateral del cuerpo por la misma razón que se describió con relación al recobro de los brazos. Movimientos laterales simultáneos de cada brazo que se realizan en direcciones opuestas anulan cualquier tendencia del movimiento hacia fuera de empujar el cuerpo de lado a lado. Sin embargo, dado que fuertes empujes hacia fuera podrían reducir la velocidad de avance, como en los otros estilos, los movimientos de los brazos hacia fuera deben ser suaves hasta que alcancen la posición del agarre.

El contorno corporal y el arrastre por forma

Como se indicó anteriormente, la forma que los nadadores presentan al agua tiene un efecto considerable sobre el arrastre por forma que producen. Los objetos afilados encuentran menos resistencia del agua que los objetos con ángulos rectos y formas enrolladas porque permiten a las corrientes de moléculas del agua que hay delante cambiar gradualmente de dirección al pasar el nadador entre ellas, y también permiten al agua rellenar gradualmente detrás. Para minimizar la turbulencia y así el arrastre por forma, se debe apartar las corrientes de moléculas de agua gradualmente, no repentinamente, al pasar los nadadores a través de ellas. Una vez que se haya abierto el agujero, se debe permitir al agua rellenarlo gradualmente detrás de ellos.

Se rellena el hueco a causa de los diferenciales de presión. Las corrientes de moléculas de agua son empujadas de áreas donde la presión es mayor hacia áreas de presión más baja, en este caso, el área que los nadadores acaban de dejar. Por eso, el agujero se rellenará gradualmente, y no al instante, detrás de los nadadores.

Objetos con forma de bala, caracterizados por una pequeña área frontal que se ensancha paulatinamente hacia el centro y luego se estrecha hasta una pequeña área trasera, producen la menor cantidad de arrastre por forma al desplazarse por el agua. El extremo frontal afilado gradualmente desplaza las corrientes de moléculas de agua al pasar el objeto a través de ellas, lo que

minimiza la turbulencia y reduce el número de corrientes adyacentes más lejos del objeto que se ven afectadas por su movimiento. Por lo tanto, la presión del agua no aumentará tanto inmediatamente por delante del objeto y el efecto retardador de esa agua no será tan grande. El área afilada trasera permite a las corrientes de moléculas de agua empezar a rellenar tan pronto como la parte más ancha del objeto haya pasado. Por lo tanto, rellenan el espacio por donde ha pasado el nadador mucho más rápidamente, y se reduce el tamaño de la zona de baja presión formada por remolinos que tiende a retener al nadador. El efecto de las formas afiladas sobre el arrastre por forma se ilustra con el objeto con forma de bala de la figura 2.6a El efecto de objetos no afilados se ilustra con el objeto rectangular de la figura 2.6b.

En la figura 2.6b la gran superficie frontal recta presenta una superficie plana al muro delantero de agua, lo que provoca que encuentre varias corrientes de moléculas de agua simultáneamente. El efecto es como tirar agua contra un muro. Las moléculas de agua son empujadas hacia atrás, hacia arriba, hacia abajo y a cada lado del objeto de manera repentina y aleatoria, lo que provoca que colisionen unas con otras en un área cada vez mayor de corrientes adyacentes. Esto crea una gran cantidad de turbulencia que aumenta mucho la presión por delante del objeto y retrasa su velocidad de avance.

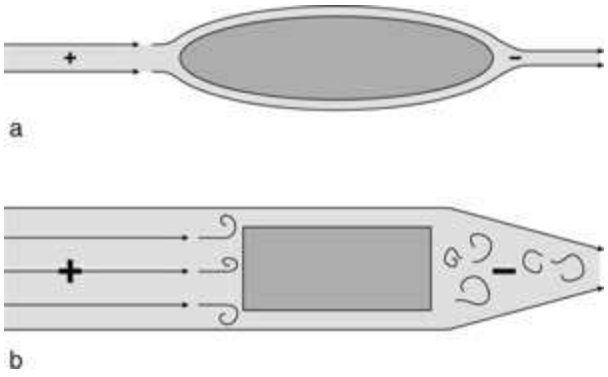


Figura 2.6. El efecto de la forma sobre el arrastre. El objeto cilíndrico en (a) tiene una forma excelente para reducir el arrastre por forma porque está afilado en ambas extremidades. El objeto en (b) tiene una mala forma para reducir el arrastre por forma, a pesar del hecho de que tiene exactamente la misma área de superficie que el objeto en (a). Sus extremidades planas aumentan el número de corrientes laminares perturbadas por delante y aumenta el

tiempo necesario para restablecer el flujo laminar de detrás.

Adaptada de Prandtl y O.G. Tietgens, 1957.

La extremidad trasera recta de la caja ilustrada en la figura 2.6b impide que estas corrientes perturbadas de moléculas de agua rellenen el hueco hasta que el objeto haya pasado completamente a través de ellas. El resultado es una gran área de baja presión formada de remolinos detrás del objeto donde las corrientes todavía no la han rellenado. Dado que el proceso del relleno es gradual, esta área de baja presión persiste durante más tiempo después del paso del objeto. La combinación de un gran aumento en la presión del agua delante y una disminución igualmente grande y más duradera detrás del objeto creará un diferencial de presión entre el agua delante y el agua detrás del objeto, que tendrá un profundo efecto retardador sobre su avance.

A lo largo de los años, la forma de los barcos, coches y aviones y otros objetos que se desplazan a través del aire y del agua se ha hecho cada vez más afilada por delante y por detrás, y por ello han reducido considerablemente el arrastre por forma. Desafortunadamente el cuerpo humano no está naturalmente afilado. Además, los nadadores no pueden permanecer en una posición estática al desplazarse por el agua. Cambian constantemente de posición, presentando una variedad de formas diferentes al agua delante y al lado de su cuerpo. Para contrarrestar estas desventajas, es importante que los nadadores presenten al agua la forma más afilada posible durante las varias fases de cada ciclo de brazada. Para lograrlo, deben tratar de aplicar las dos siguientes reglas generales en todos los estilos.

1. Los nadadores deben tratar de deslizar el cuerpo entero hacia delante por los agujeros que abren con sus brazos cuando entran y se deslizan hacia delante por el agua. Se podría considerar el tamaño de estos agujeros como abarcando la anchura y profundidad de los hombros y del tronco. Cualquier movimiento del cuerpo no propulsor que se realice por debajo de esta profundidad y por fuera de esta anchura aumentará el arrastre por forma.

2. Los nadadores deben tratar de deslizar la superficie más pequeña y

afilada de todas las partes del cuerpo hacia delante por el agua. Las únicas veces que deben presentar superficies planas al agua son cuando están empujando hacia atrás contra ella para acelerar el cuerpo hacia delante. En particular, las manos deben salir del agua con el meñique en primer lugar, entrar en el agua con las yemas de los dedos en primer lugar y deben deslizarse hacia delante con las yemas de los dedos en primer lugar. Los bracistas deben mantener los muslos alineados hacia atrás durante el recobro de las piernas.

La rotación longitudinal del cuerpo y el arrastre por forma

La necesidad de crear fuerzas propulsoras no permite a los atletas permanecer con una alineación horizontal y lateral perfectas al nadar por la piscina. Los nadadores de estilo libre y espalda deben rotar su cuerpo longitudinalmente de lado a lado para ganar fuerza propulsora, mientras que los nadadores de braza y mariposa necesitan mover el cuerpo hacia arriba y hacia abajo de forma ondulatoria por la misma razón. La rotación y la ondulación aumentarán el arrastre por forma hasta cierto punto, pero incrementan la propulsión aún más. Por consiguiente, para poder nadar rápidamente, los atletas necesitan equilibrar la necesidad de permanecer alineados horizontal y lateralmente con la necesidad de aplicar la fuerza propulsora. Sin embargo, los nadadores pueden exagerar demasiado cualquiera de los dos aspectos. Pueden mover el cuerpo más de lo necesario en su afán de aplicar la propulsión. De igual manera, las tentativas de mantener el cuerpo en una posición estática que reduce el arrastre resistivo pueden reducir la propulsión aún más.

Algunos expertos creen que la rotación longitudinal reduce el arrastre por forma permitiendo a los nadadores de estilo libre y de espalda pasar más tiempo de lado, donde ocupan menos espacio en el agua. Sin embargo, sospecho que las posiciones con el cuerpo de lado producen al menos tanto arrastre resistivo, si no más, como las posiciones pronas. Un torso plano que está horizontal en relación con la superficie no debería necesariamente ocupar

más espacio que uno colocado de lado. De hecho, en los estudios en los que se ha medido el arrastre pasivo, era mayor cuando se remolcaba a los nadadores de lado que cuando se les remolcaba en la posición prona (Counsilman, 1955).

Los nadadores que están de lado pueden de hecho ocupar más espacio en una dirección vertical que lo que ocupan los nadadores que están planos en el plano horizontal. Además, el hecho de rotar el cuerpo de un lado a otro probablemente aumenta el arrastre resistivo comparado con el mantenimiento de una posición prona. No obstante, los nadadores de estilo libre y de espalda deben rotar el cuerpo de lado a lado, porque al hacerlo mejoran la fuerza propulsora que pueden aplicar con el brazo que trabaja y facilitan el recobro del otro. Estas dos ventajas probablemente valen más que cualquier aumento del arrastre resistivo causado por la rotación longitudinal. Los nadadores de estos dos estilos no deben rotar excesivamente de lado a lado bajo la impresión errónea de que están reduciendo el arrastre por forma. La cantidad de rotación del cuerpo debe ser impuesta por los movimientos laterales de los brazos. Los nadadores no deben minimizar estos movimientos para reducir la rotación, ni aumentar los movimientos verticales de los miembros más de lo que requiere una brazada eficaz simplemente para conseguir una mayor rotación longitudinal del cuerpo.

El efecto de la rotación longitudinal del cuerpo de lado a lado sobre el mantenimiento de la alineación lateral en el estilo libre y en espalda se describirá en esta sección porque es muy importante para la natación eficaz. Las ilustraciones de las figuras 2.3 a 2.5 realmente simplifican demasiado el proceso complejo de reducir el arrastre por forma. La natación es una actividad dinámica en la que el cuerpo está cambiando constantemente de posición durante cada ciclo de brazada. Los nadadores deben reducir el arrastre por forma para facilitar la aplicación de la fuerza propulsora y reducir los posibles efectos perturbadores que los movimientos de los brazos ejercen sobre la alineación horizontal y lateral. Los nadadores de estilo libre y de espalda realmente no tienen ninguna elección entre rotar y nadar plano, incluso si las posiciones planas del cuerpo producen menos arrastre por forma. Su elección es rotar o serpentear.

El cuerpo serpenteará de lado a lado si los nadadores tratan de aplanar la

posición de su cuerpo al nadar por la piscina porque el cuerpo está suspendido en el agua y los movimientos ascendentes y descendentes de los brazos ejercen fuerzas sobre el torso que lo hacen seguir en la misma dirección. Si tratan de impedir rotar el tronco y las piernas hacia arriba y hacia abajo en la misma dirección que los brazos, el tronco y las piernas se balancearán hacia los lados.

Las fotografías presentadas en la figura 2.7 muestran a los nadadores en su punto máximo de rotación en el estilo libre y en espalda. Como se ve, sus cuerpos rotan considerablemente de la horizontal. Por lo menos rotarán tanto hacia el otro lado durante la próxima brazada.

La rotación longitudinal incrementa la velocidad de nado en el estilo libre y de espalda de varias maneras. Permite a los nadadores colocar sus brazos en una posición más efectiva para ejercer la fuerza propulsora y les permite realizar un batido diagonal que ayuda a estabilizar el tronco durante los movimientos alternos de los brazos. También minimiza los movimientos laterales del tronco, de las caderas y de las piernas, como se ha indicado anteriormente.

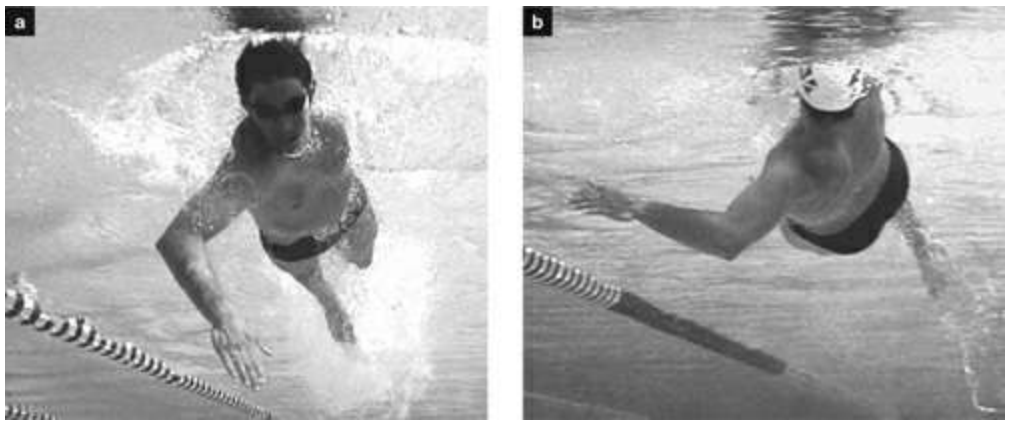


Figura 2.7. Nadadores de estilo libre (a) y de espalda (b) en el punto máximo de rotación durante el ciclo de brazada respectiva.

Los nadadores del estilo libre y de espalda deben permitir que el cuerpo siga la acción de los brazos durante las varias fases de cada ciclo de brazada.

La acción de rotar el cuerpo debe ser continua durante todo el ciclo de brazada, sin pausas ni restricciones. El cuerpo debe estar siempre rotando hacia un lado o hacia el otro. Sólo debe estar plano momentáneamente al pasar por la horizontal mientras rota de un lado a otro. Los nadadores deben permitir que las caderas y los hombros desciendan libremente cuando el brazo del mismo lado está descendiendo, y deben permitir que asciendan sin demora cuando el brazo empieza a ascender. El brazo derecho y el brazo izquierda se desplazarán siempre en oposición el uno al otro durante cada ciclo de brazada en estos dos estilos. Es decir, un brazo estará descendiendo mientras que el otro está ascendiendo. Por lo tanto, el lado derecho y el izquierdo del cuerpo deben estar movién-dose también en oposición.

Formas en que la rotación longitudinal puede aumentar la velocidad de nado

- Colocando los brazos en una mejor posición para proporcionar la fuerza propulsora
- Permitiendo un batido diagonal que estabiliza el cuerpo
- Minimizando los movimientos laterales del cuerpo

La flotabilidad y el arrastre por forma

Se ha supuesto desde hace mucho tiempo que una mayor flotabilidad reducirá el arrastre por forma. Mientras que el centro de masas de los nadadores está localizado en la zona de las caderas, el centro de flotabilidad está localizado en la zona del pecho, donde se sitúan los pulmones y por ende el mayor componente del aire corporal. Como este punto de equilibrio está situado arriba en el tronco, las piernas tenderán a hundirse a no ser que tengan una

buena flotabilidad. Se puede determinar fácilmente la flotabilidad de cualquier nadador en particular haciendo que se tumbe en una posición prona en la superficie del agua con los brazos estirados por encima de la cabeza y las piernas extendidas detrás. Si los nadadores tienen mucha flotabilidad, su cuerpo permanecerá horizontal, si no, las piernas se hundirán. Las piernas de los nadadores con alguna flotabilidad se hundirán hasta que estén en un punto entre la posición horizontal anterior y una posición vertical, pero seguirán flotando. Si los nadadores no tienen nada de flotabilidad, las piernas se hundirán y arrastrarán el cuerpo debajo del agua detrás de ellas.

En el pasado, la influencia de la flotabilidad en la reducción del arrastre resistivo se tomaba por hecho. No obstante, ahora varios estudios confirman la creencia de que una mayor flotabilidad reducirá el arrastre resistivo. Dos estudios diferentes, Pendergast *et al*. (1977) y Watkins y Gordon (1983) sugirieron que las piernas de los hombres tendían a hundirse más fácilmente que las de las mujeres cuando los sujetos de ambos sexos no tenían ningún soporte para las piernas y nadaban por el agua utilizando sólo los brazos. Como promedio, las mujeres tienen mayor flotabilidad que los hombres, lo que puede ser una de las razones por las que más mujeres utilizan ritmos de doble batido. Como tienen menos flotabilidad, la mayoría de los hombres probablemente requieren batidos más fuertes dobles, dobles cruzados o de cuatro o seis tiempos para mantener las piernas cerca de la superficie cuando nadan.

Es de conocimiento común que un aumento del porcentaje graso del cuerpo mejorará la flotabilidad. Sin embargo, esto no significa que los nadadores con mayor grasa corporal tengan una ventaja o que los nadadores deben tratar de aumentar su grasa corporal. Un mayor porcentaje de grasa corporal significa un incremento en el área de superficie del cuerpo, lo que aumentará el arrastre por forma. Por lo tanto, intentar aumentar la flotabilidad añadiendo grasa corporal puede fácilmente conducir a un incremento aún mayor del arrastre por forma. También, como el músculo propulsa al nadador por el agua, parece lógico que deben entrenarse para tener más masa magra. Esto proporcionará una mayor fuerza propulsora, lo que debería compensar cualquier ligera reducción en la flotabilidad.

Nadar rápido, de por sí, mejorará la flotabilidad hasta cierto punto, pero al

parecer no anula completamente la ventaja de la flotabilidad natural. La velocidad tiende a mejorar la flotabilidad a causa de la fuerza ejercida hacia arriba por el agua que los nadadores empujan hacia abajo al pasar por ella. No obstante, los nadadores que carecen de flotabilidad pueden tener que dar un batido más vigoroso para mantener las piernas arriba. Ser consciente de la importancia de mantener la parte superior del cuerpo más baja en el agua y horizontal a la superficie durante cada estilo competitivo también ayudará a mantener las piernas elevadas.

El arrastre por empuje

El arrastre por empuje es un término utilizado para identificar una forma especial de arrastre por la ola. Decidí llamar la atención sobre él porque tiene quizás el efecto retardador más importante de todas las formas de resistencia del agua. En este caso, los nadadores aplican el principio de Newton de acción y reacción de manera que va en contra de sus intereses, ya que empujan el agua hacia delante, hacia arriba, hacia abajo o hacia los lados con el tronco y los miembros. La fuerza contraria producida cuando los nadadores empujan el agua en direcciones que no van hacia atrás tenderá a empujar el cuerpo en la direc-ción opuesta, a no ser que se vea contrarrestada por otras fuerzas. Una de las maneras más comunes de que los nadadores produzcan el arrastre por empuje es empujando los brazos y las piernas hacia delante contra el agua de forma vigorosa. Por ejemplo, los nadadores de braza empujarán algo de agua hacia delante con las manos y los brazos al extenderlos durante el recobro. La fuerza contraria hacia atrás producida anulará algo la fuerza propulsora del batido de forma que el cuerpo no acelerará hacia delante tan rápidamente como hubiera podido. Es por esto que es tan importante que los nadadores de todos los estilos deslicen las manos y los brazos hacia delante de forma suave e hidrodinámica.

Los nadadores de estilo libre y mariposa que arrastran los brazos hacia delante por la superficie del agua durante los movimientos del recobro

también reducirán su velocidad de avance por el mecanismo del arrastre por empuje. Peor aún es el efecto sobre la velocidad de avance cuando los nadadores de mariposa, estilo libre y espalda chocan los brazos contra el agua y los empujan hacia delante de manera muy poca hidrodinámica. La fotografía mostrada en la figura 2.8 ilustra una de las maneras de que los movimientos de recobro aumenten el arrastre resistivo. La nadadora de mariposa está cometiendo el error demasiado común de empujar sus brazos hacia delante y hacia dentro al meter las manos en el agua. *Los nadadores que arrastran sus brazos por el agua de esta manera reducirán su velocidad en un 30% dentro de un 1/16 s*. Esta reducción de la velocidad de avance, cuando se multiplica por varias brazadas a lo largo de una prueba, puede tener un efecto devastador sobre el rendimiento.

Figura 2.8. Una nadadora de mariposa creando arrastre por empuje durante la entrada de los brazos.

Figura 2.9. El efecto de un batido demasiado profundo

Realmente el ejemplo más extremo del efecto retardador que puede ejercer el arrastre por empuje en la velocidad de avance ocurre durante el recobro de las piernas en braza. La fuerza contraria que producen los bracistas cuando empujan sus piernas hacia abajo y hacia delante contra el agua puede de hecho reducir su velocidad de avance hasta frenarla del todo momentáneamente. Los nadadores de estilo libre, mariposa y espalda que realizan un batido incorrecto también pueden crear arrastre resistivo, además de minimizar la fuerza propulsora. Cualquier movimiento de pedaleo que causa que los muslos empujen hacia delante contra el agua reducirá la velocidad de avance.

Realizar un batido demasiado profundo también puede causar arrastre por empuje en el estilo libre y en mariposa. Cuando los nadadores realizan un batido más profundo de lo necesario para ganar propulsión, no sólo aumentan el espacio que ocupan en el agua, sino que también empujan algo de agua hacia delante con las piernas. El dibujo en la figura 2.9 ilustra el efecto retardador de realizar un batido demasiado profundo. Las trayectorias del pie en el batido muestran que los nadadores que lo realizan con demasiada profundidad realmente empujan los pies hacia delante en el agua durante la última parte del movimiento descendente del batido. Esto, por supuesto, creará una fuerza contraria que reduce la velocidad de avance.

Cuando los nadadores empujan hacia abajo o hacia arriba contra el agua con los miembros, la fuerza contraria tenderá a empujar el cuerpo hacia arriba o hacia abajo en la dirección opuesta y a reducir su velocidad de avance. Como se explicó en el capítulo 1, sin embargo, los movimientos ascendentes y descendentes de los miembros son esenciales para la propulsión y la continuidad de la brazada. Estos movimientos verticales no deben ser excesivos, ni deben ejecutarse con gran fuerza *a no ser* que los miembros estén desplazándose hacia atrás durante una fase propulsora del ciclo de brazada. Para decirlo de una forma más específica, los nadadores de estilo libre y de espalda deben desplazar los brazos hacia abajo a la posición del agarre lo más suavemente posible. Deben permitir que las yemas de los dedos

vayan delante para mejorar la forma hidrodinámica de las manos.

Los nadadores de estilo libre y mariposa no deben empujar hacia arriba contra el agua con los brazos durante los últimos centímetros hasta que salen del agua. La fase propulsora de las brazadas en estos dos estilos de nado se completa varios centímetros por debajo de la superficie cuando los brazos dejan de desplazarse hacia atrás y empiezan el recobro hacia delante. De hecho, empujar hacia arriba contra el agua antes de que las manos lleguen a la superficie impulsa el agua hacia arriba y hacia delante. Describiré el efecto negativo de esta técnica demasiado común, y sin embargo incorrecta, con mayor detalle en el próximo capítulo.

Los movimientos laterales de las piernas y los brazos también son una parte íntegra de los cuatro estilos competitivos. Los movimientos laterales de las piernas probablemente tienen un efecto estabilizador sobre el torso de los nadadores de estilo libre y espalda. Además de la propulsión que proporcionan, las piernas probablemente actúan como contrapeso a los movimientos verticales y laterales de los brazos de manera que el tronco y las caderas no son empujados demasiado hacia arriba, hacia abajo o hacia el lado.

Los movimientos laterales durante las fases propulsoras de la brazada son necesarios. Los nadadores los utilizan para colocar los brazos para la aplicación más efectiva de la fuerza propulsora. Sin embargo, no deben hacer un esfuerzo consciente para empujar el agua hacia dentro o hacia fuera, ya que los movimientos laterales excesivamente largos o poderosos harán perder la alineación lateral del cuerpo de los nadadores en estilo libre y espalda y aumentarán el arrastre resistivo.

Los nadadores de estilo libre y espalda deben tener cuidado cuando deslizan las manos hacia abajo y hacia fuera durante el primer tercio de la brazada subacuática. Estas no son fases propulsoras de la brazada, y si empujan las manos y los brazos hacia fuera con demasiada fuerza, la fuerza contraria les hará perder la alineación del cuerpo en la dirección opuesta y aumentará el arrastre resistivo. Por lo tanto, deben reducir sus movimientos laterales al mínimo, y hacerlos suavemente con las yemas de los dedos delante para adoptar una forma más hidrodinámica hasta que los brazos

lleguen a la posición del agarre. Entonces, y sólo entonces, deben aplicar una gran cantidad de fuerza hacia atrás.

Para los nadadores de mariposa y braza, los mayores movimientos laterales de los brazos tienen lugar durante la primera parte de la brazada subacuática. Deslizan las manos y los brazos hacia fuera para colocarlos de forma que puedan empujar el agua hacia atrás. Las fuerzas contrarias producidas por los movimientos simultáneos de los brazos hacia fuera se anularán de manera que los nadadores de dichos estilos no perderán la alineación lateral del cuerpo. Los nadadores de mariposa y braza tienden a utilizar demasiado pocos, no demasiados, movimientos laterales de los brazos durante la fase propulsora de su brazada. Generalmente necesitan desplazar los brazos más hacia fuera, más allá de la anchura de los hombros, con este fin. Sin embargo, estos movimientos laterales antes del agarre deben hacerse suavemente y de forma hidrodinámica. Una gran fuerza lateral reducirá la velocidad de avance, aunque no perturbe la alineación lateral. Además, la fuerza producida es innecesaria y sólo predispondrá a los nadadores a fatigarse muy pronto durante las pruebas.

Serpentear a lo largo de la piscina puede ser la causa del arrastre por empuje en el estilo libre y espalda. Como se indicó anteriormente, estos mismos movimientos aumentan el arrastre por forma lo que incrementa el espacio ocupado por los nadadores en el agua. Sin embargo, al mismo tiempo les hace empujar el agua hacia fuera y hacia delante con el tronco y las caderas. Claramente, serpentear tendrá un efecto profundamente retardador sobre la velocidad de avance.

El arrastre por interferencia

Los movimientos del tronco y de los miembros perturban el agua a su alrededor, poniéndola en movimiento y causando turbulencia. Otras partes del cuerpo que están próximas serán afectadas por esta turbulencia y el

arrastre resistivo que encuentran será mayor. Dos ejemplos del arrastre por interferencia son:

- El efecto que el movimiento de una pierna tendrá sobre la otra cuando pasa al lado en el batido de estilo libre o espalda.
- El efecto que los movimientos subacuáticos de los brazos tendrán sobre el tronco al desplazarse aquéllos hacia dentro y hacia fuera por debajo del cuerpo.

Se sabe muy poco del efecto del arrastre por interferencia sobre los nadadores competidores. En la actualidad no existen estudios que analicen su efecto sobre la velocidad de nado. Sin embargo, parece evidente que debe haber alguna consecuencia cuando una parte del cuerpo se desplaza por el agua que ha sido perturbada por el paso de otra parte del cuerpo. Parece razonable suponer que los movimientos vigorosos y poderosos innecesarios de cualquier parte del cuerpo deben retardar la velocidad de avance por el mecanismo del arrastre por interferencia. Por consiguiente, un movimiento vigoroso de serpenteo del tronco o de las piernas debe interferir con la propulsión. De la misma forma, si los brazos empujan el agua con fuerza y sin necesidad contra el tronco, el arrastre por interferencia debe retardar la velocidad de avance. Finalmente, los movimientos ascendentes vigorosos de las piernas en el batido y el hecho de realizar un batido demasiado ancho deben ejercer un efecto retardador sobre la velocidad de avance, sencillamente porque la otra pierna debe enfrentarse a una mayor turbulencia del agua durante más tiempo.

El arrastre por fricción

Al avanzar los nadadores, la fricción entre la piel y el agua causa que una corriente de moléculas de agua esté en contacto con la piel. Estas moléculas

son arrastradas por la piel y, a su vez, ejercen un efecto de fricción sobre las corrientes adyacentes, arrastrándolas también. Este patrón seguirá capa por capa en las corrientes adyacentes de agua hasta que, a alguna distancia del cuerpo, la cantidad de fricción entre las moléculas de agua sea insuficiente para causar cualquier efecto adicional. Aquellas corrientes de agua que son arrastradas hacia delante por el cuerpo se llaman colectivamente la *capa límite*. Esta capa aumentará la cantidad de trabajo que los nadadores tienen que hacer para acelerar el cuerpo hacia delante a causa de la masa adicional de agua que están arrastrando con ellos.

Sin embargo, la capa límite será separada del cuerpo en muy poco tiempo, porque las moléculas de agua que están siendo arrastradas hacia delante colisionarán con otras moléculas justo delante de él. Las moléculas de agua que se separan rebotarán al azar dentro del camino de corrientes adyacentes, y crearán un camino cada vez más ancho de turbulencia. Cuando la cantidad de turbulencia llega a ser lo suficientemente grande, se dice que la capa límite se separa. Es decir, las capas de moléculas de agua que estaban siendo arrastradas por los nadadores ahora estarán girando violentamente en torno a ellos de forma totalmente aleatoria. Desafortunadamente, esto simplemente cambia el efecto retardador de la masa añadida de agua que estaban arrastrando por una forma aún más potente de arrastre resistivo. La turbulencia resultante aumenta la presión inmediatamente delante y a los lados de los nadadores, y el di ferencial de presión entre la parte de delante y la parte de atrás reducirá su velocidad de avance a no ser que apliquen bastante fuerza propulsora adicional para mantenerla.

La fotografía y el dibujo presentados en la figura 2.10 ilustran cómo las capas límite reaccionan a las fuerzas de fricción. La fotografía muestra el movimiento real de un fluido alrededor de un objeto con perfil de ala inmerso en un túnel de aire. Obsérvese el área circular de turbulencia en la parte trasera. Aquí es donde la capa límite se ha separado. El dibujo ilustra los movimientos de las moléculas de agua que causan la separación de la capa límite. Primero, la superficie del objeto con perfil de ala crea fricción, que hará que una capa límite de fluido cambie de dirección y se desplace en la misma dirección que él. Luego, cuando las moléculas de agua en esta capa límite colisionan inmediatamente con otras, tanto detrás, como a los lados, crean un patrón de turbulencia que, en algún punto distante, hará que la capa

límite se separe completamente de la superficie del objeto.

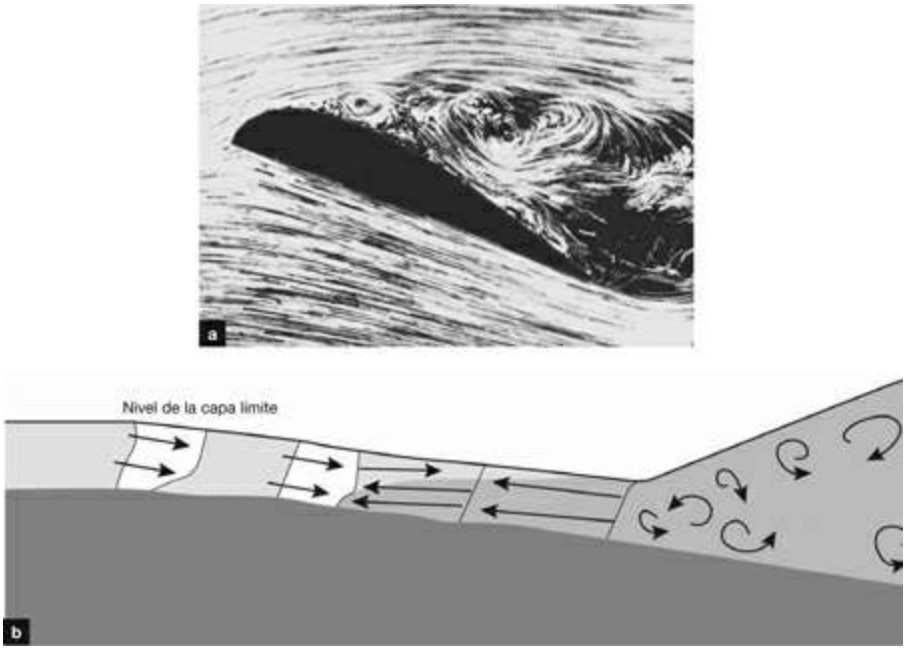


Figura 2.10. El efecto del arrastre por fricción sobre la capa límite. La fotografía (a) muestra el movimiento real de fluidos alrededor de un objeto inmerso con perfil de ala. El dibujo (b) ilustra la razón de la turbulencia cada vez mayor de este fluido.

Adaptado de Prandtl y O. G. Tietgens, 1957.

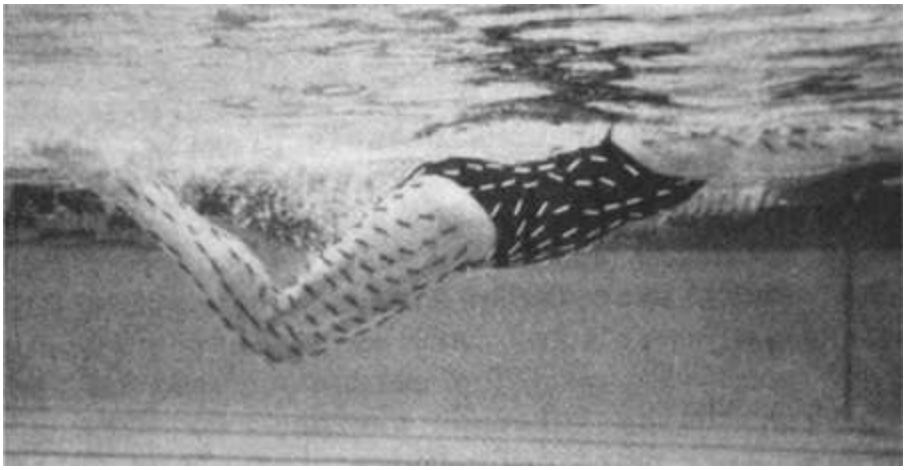


Figura 2.11. Una nadadora llevando flecos.

Reimpresa de Hay y Thayer, 1989.

Algunos investigadores creen que el arrastre por fricción es tan ínfimo en lo que concierne a los nadadores, porque los humanos son tan poco hidrodinámicos, que el arrastre por ola y por forma causan la separación de la capa límite casi inmediatamente cuando el agua empieza a rodear su cuerpo (Clarys, 1979). Sin embargo, Hay y Thayer (1989) realizaron un estudio que rechaza esta opinión. Pudieron estudiar el patrón del flujo del agua alrededor del cuerpo pegándole flecos de plástico. Cuando se filmaron a los nadadores debajo del agua, el movimiento ondulatorio de los flecos demostró la dirección del agua en la capa límite. Dichos investigadores concluyeron que una capa límite podría mantenerse intacta sobre ciertas superficies del cuerpo al avanzar los nadadores por el agua. Se muestra a una nadadora con flecos pegados en la figura 2.11. Esta nadadora está realizando el batido de delfín con una tabla. Se ven las áreas en la parte delantera del tronco, en los muslos y en las piernas donde los flecos están uniformemente aplanados hacia atrás contra estas superficies.

Los factores principales que influyen en la cantidad de arrastre por fricción ejercido en objetos son:

- el área de superficie del objeto,
- la velocidad del objeto y
- la rugosidad de su superficie.

Los nadadores no pueden controlar su área de superficie. De igual manera, la velocidad sólo puede controlarse hasta el punto de que se puede escoger un ritmo para las partes iniciales de la prueba. Esto deja la uniformidad de la superficie como la fuente del arrastre por fricción más propensa a ser reducida.

Evidentemente, las superficies lisas causan menos fricción que las rugosas. Las superficies lisas reducen la fricción entre el agua y la piel de manera que los nadadores arrastran menos moléculas de agua con ellas en la capa límite. A su vez, esto resulta en menos turbulencia cuando se separa la capa límite. Esto puede explicar por qué los nadadores casi universalmente mejoran su rendimiento cuando llevan bañadores de poca fricción, tales como los nuevos bañadores completos que cubren un área grande del cuerpo, y cuando llevan gorros que dan una forma más hidrodinámica a la cabeza y reducen el arrastre del pelo suelto. También explica por qué los nadadores mejoran su tiempo cuando se afeitan antes de competiciones importantes.

Con respecto a *afeitarse*, los nadadores han aprendido a lo largo de los años que la eliminación del vello mejorará su tiempo entre 0,5 y 2 s por 100 m. Sin embargo, los expertos no están de acuerdo en la razón de la mejora. Algunos creen que se debe a una reducción del arrastre por fricción. Otros creen que cualquier mejora se debe a factores psicológicos o al hecho de sentir mejor el agua.

Sharp y Costill (1989) han presentado una prueba convincente que sugiere que el afeitado efectivamente reduce el arrastre por fricción. Estudiaron a un grupo de nadadores que realizaron pruebas submáximas a un ritmo determinado y a velocidades idénticas. Se estableció la velocidad de la misma forma, tanto antes como después del afeitado, utilizando una máquina de ritmos. Después del afeitado, los nadadores completaron sus pruebas a un ritmo determinado con valores de lactato en sangre considerablemente más bajos y mayores longitudes de brazada. Los valores medios de lactato en sangre para el grupo disminuyeron de 8,48 mmol/l antes del afeitado a 6,47 mmol/l después del afeitado para las pruebas del mismo tiempo y ritmo. La longitud media de brazada aumentó de 2,07 m/ciclo de brazada antes del afeitado a 2,31 m/ciclo de brazada después. El grupo de control no mejoró en ningún parámetro. Nueve días separaban los períodos de prueba antes y después del afeitado, de manera que el nivel de acondicionamiento de los nadadores probablemente no había cambiado.

Era posible asignar los resultados presentados por estos investigadores al hecho de que los nadadores pudieron sentir mejor el agua. Por consiguiente, Sharp y Costill hicieron que los sujetos participasen en otra prueba, esta vez

diseñada para mostrar que las mejoras en las pruebas a un ritmo determinado se debían a la reducción del arrastre por fricción. Tanto el grupo experimental como el de control realizaron series idénticas antes y después del afeitado. Sin embargo, en este caso, nadaban atados y se comparó el coste energético de ambas condiciones. La razón de nadar atado era para eliminar el arrastre por fricción. Los nadadores no podían arrastrar el agua con ellos si no se estaban desplazando por ella. Por lo tanto, si los nadadores mejoraban su rendimiento en la prueba en la que estaban atados después del afeitado, se debería probablemente a una mejor sensación cinestésica. Y si su rendimiento en la prueba en que estaban atados no mejoraba después del afeitado, sería una buena indicación de que las mejoras que habían conseguido en las pruebas anteriores se debían probablemente a un menor arrastre por fricción. Se evaluó el coste energético de las dos condiciones midiendo y comparando el consumo de oxígeno durante varias etapas incrementales del trabajo.

Los nadadores no reducían el coste energético durante las pruebas de natación cuando estaban atados después del afeitado. Al parecer, el afeitado no mejoró su capacidad de sentir el agua. De otra forma, los nadadores hubieran realizado brazadas más eficaces y el coste energético hubiera sido más bajo en la natación atada después de eliminar el vello. Por lo tanto, los autores concluyeron que una reducción del arrastre por fricción, como resultado del afeitado, parecía ser la causa lógica de las menores concentraciones de lactato en sangre y los incrementos de la longitud media por brazada.

Existen otros métodos, además de afeitarse, que pueden utilizar los nadadores para reducir el arrastre por fricción. Llevar bañadores hechos de telas de baja fricción es uno de ellos. Parece que se están desarrollando nuevas telas de baja fricción cada pocos meses. Se pretende que algunas telas causan menos arrastre por fricción que la piel humana. Queda por confirmar si estas pretensiones son verdaderas, porque los métodos actuales para medir el arrastre por fricción de las telas carecen de la validez suficiente para proporcionar un resultado fidedigno. Varios estudios han demostrado que el arrastre pasivo se reduce cuando se remolca a los nadadores por el agua vestidos en los nuevos bañadores parciales y completos. Sin embargo, estas comparaciones se hicieron comparándolos con el arrastre pasivo de nadadores sin afeitar. Que yo sepa, en la actualidad, no existen datos

publicados que muestren que el arrastre pasivo es menor cuando se comparan los valores de nadadores afeitados con y sin los bañadores completos.

Tengan una baja fricción o no, los bañadores que se ajustan bien deben reducir el arrastre por fricción por el agua a causa de su efecto sobre el contorno del cuerpo. Desde un punto de vista positivo, dichos bañadores pueden hacer que el cuerpo sea más hidrodinámico reduciendo los michelines del pecho y de las caderas. Desde un punto de vista negativo, el grosor adicional de la tela podría aumentar la circunferencia de las partes del cuerpo y, así, incrementar el arrastre por forma. Quizá, cuando se haya perfeccionado la metodología para medir el arrastre activo, podremos decir de forma concluyente si ciertas telas y estilos de bañador reducen el arrastre por fricción más que la piel afeitada. Hasta entonces, los nadadores tendrán que decidir basándose en sus sensaciones y su rendimiento. Sin embargo, cualquier bañador que escojan debe ajustarse bien. No debería tener bolsillos o áreas sueltas que puedan atrapar el agua. Se deben reducir las costuras al mínimo y no deben ser más salientes que lo necesario para mantener el bañador intacto, y éste no debe restringir el movimiento de los miembros de ninguna forma.

Llevar gorro es otra manera de reducir el arrastre por fricción. Como se mencionó anteriormente, los gorros pueden hacer que la cabeza sea más hidrodinámica y que presente una superficie más lisa al agua que una cabeza con pelo suelto. Al igual que los bañadores, los gorros deben estar confeccionados con telas que tengan un mínimo de fricción, deben carecer de costuras y ajustarse completamente con muy pocas arrugas que puedan atrapar el agua y causar turbulencia.

Recientemente, se han introducido bañadores y gorros con superficies rugosas. La razón es que un pequeño grado de rugosidad uniforme en una superficie tiende a causar que la capa límite se separe un poco más tarde, lo que trae como resultado menos turbulencia alrededor del objeto. Una superficie rugosa causa la formación de *vórtices de burbuja*, áreas donde la capa límite se separa y luego se une otra vez por encima de la superficie del objeto. La formación de vórtices de burbuja tiene el efecto de retrasar la separación completa de la capa límite del objeto. El mejor ejemplo de la forma en que se puede utilizar una superficie rugosa para mantener una capa

límite intacta durante más tiempo es la superficie con hoyuelos de una pelota de golf. La rugosidad de la superficie causa la formación de vórtices de burbuja y, al hacerlo, una separación más tardía de la capa límite alrededor de la pelota. Como la capa límite se separa más tarde, el área de remolinos detrás de la pelota será menor y se llenará más rápidamente. Esto, a su vez, reduce el efecto de succión trasera sobre la pelota de manera que irá más lejos en el aire. Puede ser posible que alguna rugosidad en la superficie de los bañadores y los gorros pudiese retrasar la separación completa de la capa límite y así reducir el arrastre por fricción. Sin embargo, no tenemos manera de asegurarnos porque los métodos para comprobar este efecto todavía no son lo suficientemente sofisticados como para llegar a una conclusión fidedigna.

Reducir el arrastre resistivo estableciendo el ritmo apropiado

El simple hecho de nadar más rápido aumentará el arrastre resistivo, incluso cuando los atletas están nadando de manera muy eficaz. Cuando los nadadores empujan su cuerpo hacia delante contra el agua con mayor velocidad, el agua empujará hacia atrás con una mayor fuerza resistiva. Por ejemplo, como se indicó anteriormente, cualquier pequeño aumento de la velocidad causará un incremento del arrastre resistivo en un factor de 4. Por lo tanto, los nadadores encuentran más arrastre resistivo cuando nadan más rápido.

El efecto de la velocidad sobre el arrastre resistivo puede parecer académico, porque sería estúpido para un atleta nadar despacio y perder sus pruebas simplemente para reducir la resistencia del agua. Sin embargo, existe una aplicación de esta información que apoya la sabiduría de escoger un ritmo más lento al principio de las pruebas. Un atleta que nada la primera mitad de la carrera a una velocidad más lenta debe gastar menos esfuerzo para superar el arrastre resistivo. Por consiguiente, dicho nadador quizá puede ganar la carrera terminando más rápidamente, siempre, por supuesto,

que se quede lo bastante cerca como para adelantar a sus competidores y que dichos competidores estén más fatigados por nadar más rápidamente al principio de la prueba. Esta observación es evidentemente muy teórica. Muchos factores, además de escoger bien el ritmo de la prueba, están implicados en ganar. No obstante, debe considerarse el ahorrar energías con una buena elección del ritmo a seguir a la hora de planificar la carrera.

3

Directrices para aumentar la propulsión y reducir la resistencia

Este capítulo tiene tres objetivos:

1. Describir cómo los nadadores aplican la fuerza propulsora en la que predomina el arrastre.
2. Presentar temas especializados que se relacionan con la propulsión en la natación.
3. Sugerir directrices generales para nadar eficazmente en todos los estilos competitivos.

La propulsión de los brazos

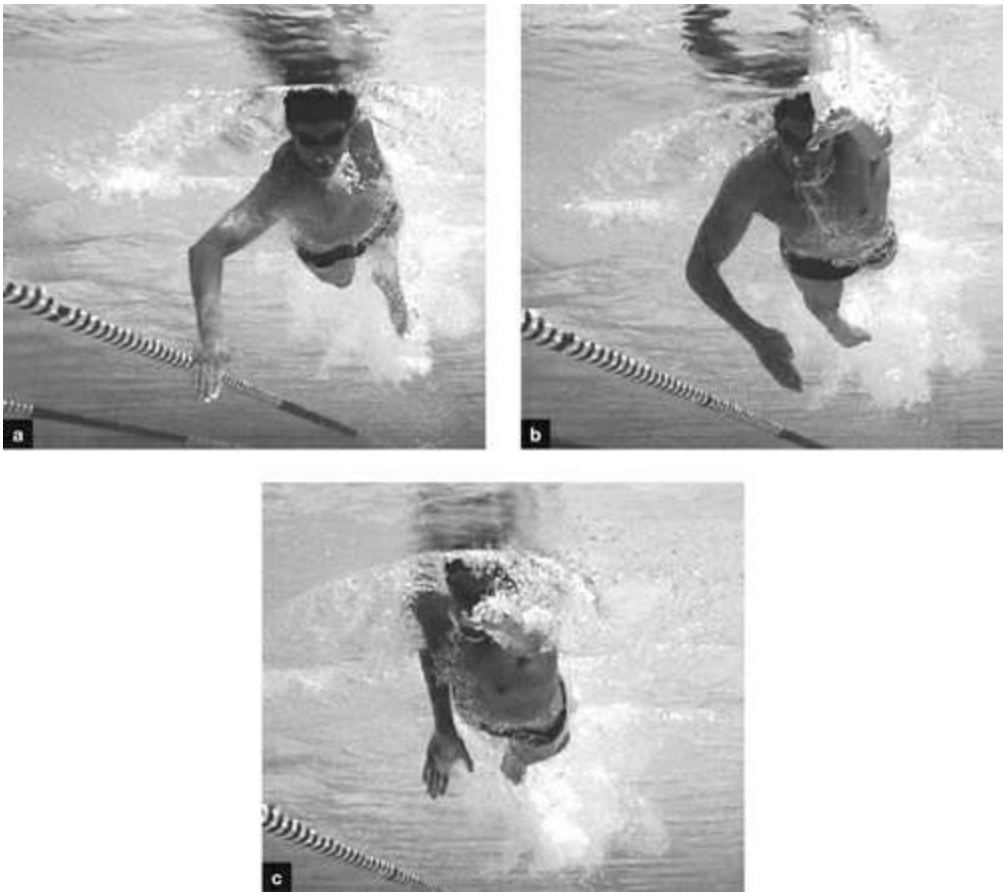
Uno de los conceptos erróneos más comunes en el mundo de la natación es que los nadadores alternan la flexión y la extensión de los brazos durante la fase propulsora de las brazadas subacuáticas. De hecho, la flexión del brazo cambia muy poco cuando los nadadores aplican la fuerza propulsora. Este concepto erróneo es nuestro primer tema de debate.

La flexión y la extensión de los brazos

¿Es verdad que los nadadores flexionan y extienden sus brazos durante la fase propulsora de la brazada subacuática? En tres de los cuatro estilos competitivos, la respuesta a esta pregunta es no. La única excepción es el estilo de espalda, cuando los nadadores sí que extienden los brazos durante la brazada sub-acuática. La cantidad de flexión y extensión de los brazos es realmente mínima cuando los nadadores están acelerando el cuerpo hacia delante en el estilo libre, mariposa y braza. Para que no haya ninguna confusión sobre este tema, es cierto que los nadadores extienden los brazos durante los diversos movimientos del recobro en algunos estilos. Estas acciones tienen lugar antes o después, pero no durante las fases propulsoras de las diferentes brazadas subacuáticas.

Los brazos están flexionados en aproximadamente 90° durante la primera fase propulsora de los cuatro estilos competitivos. El concepto erróneo es que los nadadores empiezan estas fases con los brazos extendidos y luego los flexionan gradualmente durante la primera mitad de la brazada subacuática, con la flexión llegando al valor máximo de aproximadamente 90° al llegar a la línea media del cuerpo en medio de la brazada. En realidad, los brazos están flexionados casi 90° antes de que empiecen a aplicar la fuerza propulsora. Después, los cambios en la flexión del brazo son mínimos

durante el resto de las fases propulsoras. En otras palabras, casi toda la flexión del brazo que ocurre durante las diversas brazadas subacuáticas tiene lugar durante la primera fase no propulsora al acercarse los brazos y las manos a la posición del agarre. Después la flexión de los brazos sólo cambia de forma mínimamente.



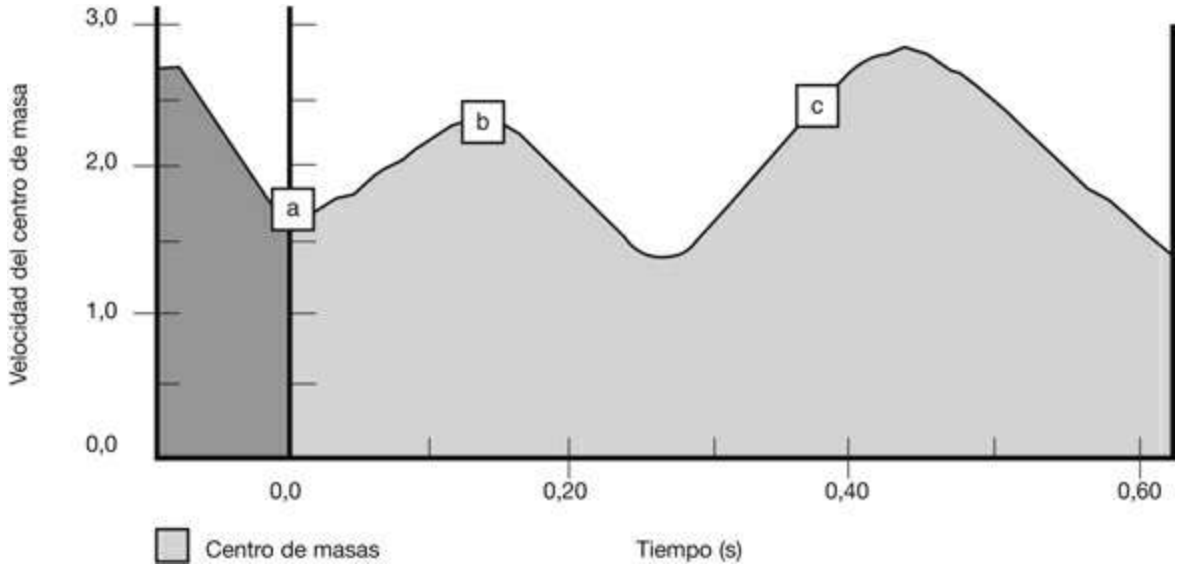


Figura 3.1. Un nadador de estilo libre en la posición del agarre (foto a), al final de la fase propulsora del movimiento hacia dentro (foto b), y en medio de la fase propulsora del movimiento hacia arriba (foto c). El gráfico ilustra su velocidad de avance durante la brazada derecha subacuática. Los puntos a, b y c en el gráfico de velocidad corresponden a cada una de las fotografías.

Las fotos de la figura 3.1 muestran el ángulo de flexión de los brazos utilizado por Francisco Sánchez, un nadador de estilo libre de nivel mundial, en tres puntos diferentes durante su brazada derecha subacuática. El gráfico que acompaña las fotos muestra la velocidad de su centro de masas durante esta misma brazada. Las letras *a*, *b y c*, que están marcadas en puntos del gráfico, corresponden a la fase de la brazada ilustrada en la foto marcada con esas letras.

Se ve a Francisco en la posición del agarre en la foto (*a*), y en medio de la brazada en la foto (*b*). En la foto (*c*) está en medio de los movimientos hacia fuera, hacia atrás y hacia arriba de su brazada sub-acuática. Obsérvese que su brazo derecho ya está flexionado casi 90° en el agarre, y que permanece flexionado en aproximadamente el mismo ángulo en medio de la brazada y también cuando completa la fase propulsora de la brazada subacuática. Como muestra el gráfico de velocidad, no empieza a acelerar hacia delante hasta que su brazo llega a la posición del agarre, así que la flexión ocurre claramente antes de que empiece a aplicar la fuerza propulsora. Después del

agarre, su velocidad aumenta durante todo el movimiento hacia dentro del brazo, disminuye brevemente durante la transición al próximo movimiento, y luego acelera de nuevo al mover el brazo hacia fuera y hacia arriba a la superficie. Evidentemente, por lo tanto, mantiene su brazo en una posición flexionada para toda la fase propulsora de la brazada. En otras palabras, flexiona su brazo antes de empezar a aplicar la fuerza propulsora en el agarre. Hay muy poco cambio en el ángulo de flexión del brazo desde el momento en que empieza a aplicar la fuerza propulsora hasta que deja de empujar hacia atrás contra el agua al acercarse el brazo a la superficie.

Esta misma trayectoria de movimiento del brazo se utiliza en mariposa y braza, y durante la primera mitad de la brazada subacuática en espalda. Con el fin de colocar las manos y los brazos mirando hacia atrás para que puedan empezar a aplicar la fuerza propulsora antes, los nadadores flexionan los brazos al desplazarlos hacia abajo desde la superficie o hacia fuera a la posición del agarre. Desde este punto, hasta que estén preparados para realizar el recobro, empujan hacia atrás contra el agua sin un cambio apreciable en el ángulo de flexión de los brazos. La razón por la que realizan las brazadas de esta manera se presentará más adelante en este capítulo.

Otro de los conceptos erróneos más persistentes en la natación competitiva es que los nadadores terminan las fases propulsoras de estilo libre y mariposa empujando las manos hacia atrás hasta que los brazos estén completamente extendidos y cerca de la superficie del agua. Los nadadores de nivel mundial no hacen esto, ni deben hacerlo. Como ya se ha mencionado, la foto (*c*) de la figura 3.1 muestra a Francisco completando la fase propulsora de su brazada subacuática con el brazo todavía flexionado aproximadamente 90°. Este movimiento es realmente un movimiento hacia arriba y hacia atrás con el brazo. Es decir, empuja el agua hacia atrás con la palma de la mano y la parte ventral del antebrazo. Los nadadores mantienen los brazos en una posición flexionada al completar su brazada subacuática principalmente porque les permite utilizar los antebrazos y las manos para aplicar la fuerza propulsora. Extender los brazos hacia atrás durante esta fase sería de hecho contraproducente porque los antebrazos empujarían hacia arriba en lugar de hacia atrás contra el agua durante la mayor parte del movimiento.

La ilustración en la figura 3.2 muestra lo que ocurre cuando los nadadores

extienden los brazos al ascenderlos hacia la superficie. Aunque esta nadadora puede mantener la mano orientada hacia atrás, la extensión del brazo la hace empujar hacia arriba contra el agua con toda la parte ventral del antebrazo, durante la mayor parte del movimiento. Esto producirá una gran fuerza de arrastre que empujará su cuerpo hacia abajo y retrasará su velocidad de avance.

En cuanto a la propulsión de avance, es mucho mejor que los nadadores mantengan sus antebrazos mirando hacia atrás al desplazar los brazos hacia la superficie. Al contrario de la opinión popular, no reducirá la longitud de la brazada ni la cantidad de fuerza propulsora aplicada. La distancia que los nadadores avanzan con cada brazada será de hecho mayor porque estarán desplazando más agua hacia atrás con los antebrazos y las manos que la que podrían mover con sólo las manos, y no estarán empujando el cuerpo hacia abajo y dificultando el avance a causa del empuje de los antebrazos hacia arriba contra el agua. Con respecto a la fuerza propulsora, por la razón que se acaba de explicar, la cantidad que producen será realmente mayor si utilizan el brazo flexionado. Estarán aplicando fuerza propulsora con los antebrazos además de con las manos. El ritmo de brazadas no aumentará porque éstas no serán más cortas, aunque pueden sentir que lo sean porque no extienden los brazos. Tardan lo mismo en traer los brazos a la superficie si los extienden que si los mantienen flexionados.

Los gráficos de la velocidad de avance como el que se muestra en la figura 3.1 (véase la página 77), combinados con las películas de vídeo que muestran la posición del brazo durante las fases propulsoras y no propulsoras de la brazada, demuestran claramente que los nadadores flexionan los brazos antes de que empiecen a aplicar la fuerza propulsora. También está claro que mantienen los brazos en una posición flexionada hasta que hayan completado las fases propulsoras de la brazada.

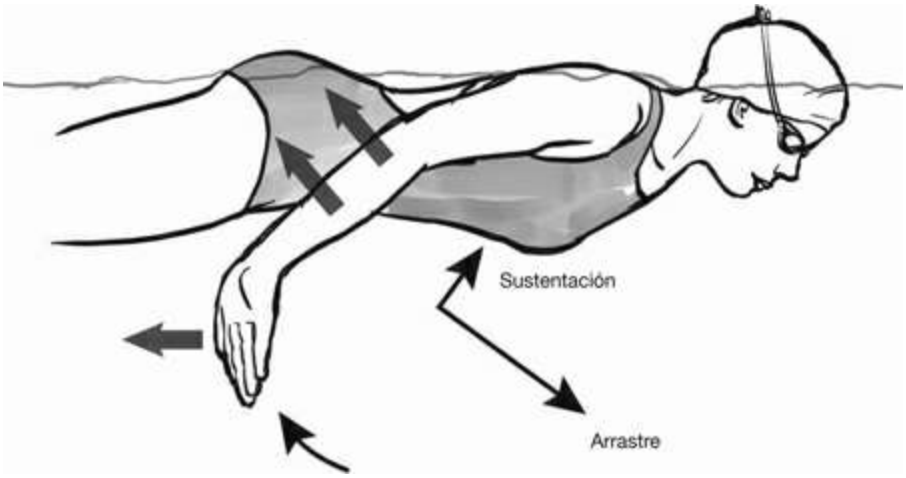


Figura 3.2. El efecto propulsor de extender el brazo durante el movimiento hacia arriba. Obsérvese que la nadadora está empujando hacia arriba contra el agua con la parte ventral de su antebrazo. Esto causará una gran fuerza de arrastre hacia abajo que reducirá su velocidad de avance.

Los cuatro movimientos básicos de los brazos

El estudio de las películas y cintas de vídeo a lo largo de varias décadas me ha convencido de que existen realmente sólo cuatro movimientos básicos propulsores que los nadadores ejecutan con los brazos. A veces las reglas que controlan un estilo particular pueden hacer que dichos movimientos parezcan diferentes porque los brazos se están desplazando en diferentes direcciones, pero la forma en que aplican la fuerza propulsora con estos movimientos es sorprendentemente similar de un estilo a otro.

Me referí a estos movimientos con la palabra "*sweep*" [movimiento curvilíneo amplio] en inglés en las dos primeras ediciones.[1] Después de concluir que la propulsión en la natación era predominantemente por arrastre, consideré dejar de utilizar este término y volver a los términos *tirón* y *empuje*, porque estos términos están fuertemente arraigados en la literatura de la natación. Sin embargo, ninguno de los conjuntos de términos ni "*barridos*"

ni “*tirones*” ni “*empujes*” realmente describen todos los complejos aspectos físicos de las brazadas en la natación. Los términos *tirar* y *empujar* ciertamente insinúan que los nadadores están empujando hacia atrás contra el agua, pero también evocan imágenes de tirar y empujar las manos y los brazos horizontalmente hacia atrás por el agua con poco o ningún movimiento lateral. La terminología del “*barrido*”, en cambio, implica que los nadadores están remando con sus miembros por el agua.

Finalmente decidí quedarme con la terminología del “*barrido*”. Creo que comunica mejor los mecanismos de la propulsión en la natación. Conceptualiza las verdaderas trayectorias diagonales que utilizan los nadadores. Los principales movimientos básicos de los brazos se han denominado “*outsweep*” [movimiento hacia fuera], “*downsweep*” [movimiento hacia abajo], “*insweep*” [movimiento hacia dentro] y “*upsweep*” [movimiento hacia arriba].

El movimiento hacia fuera

El movimiento hacia fuera es el movimiento sub-acuático inicial en braza y mariposa, ilustrado desde la vista inferior en la figura 3.3. Después de entrar los brazos en el agua en mariposa y después del recobro de los brazos en braza, los nadadores desplazan los brazos directamente hacia los lados hasta que las manos están fuera de la línea de los hombros, donde se realiza el agarre. Flexionan gradualmente los codos al desplazarlos hacia fuera para colocar los brazos mirando hacia atrás preparados para aplicar la fuerza propulsora lo antes posible. Los brazos deben deslizar hacia fuera suave y lentamente hasta que casi dejen de moverse cuando realizan el agarre. En el agarre, los codos deben estar flexionados en casi 90° y la parte ventral de las manos, antebrazos y brazos deben mirar principalmente hacia atrás, preparados para aplicar la fuerza propulsora.

Los cuatro movimientos básicos de los brazos utilizados por los nadadores competidores

- **Movimiento hacia fuera.** El movimiento inicial subacuático en mariposa y braza.

- **Movimiento hacia abajo.** El movimiento inicial subacuático utilizado en estilo libre y espalda.

- **Movimiento hacia dentro.** El segundo movimiento utilizado en todos los estilos de competición.

- **Movimiento hacia arriba.** El último movimiento del estilo libre y mariposa.

El movimiento hacia fuera no es propulsor. Los gráficos de velocidad de avance muestran que los nadadores desaceleran hasta cierto punto mientras que colocan los brazos para producir la fuerza propulsora. Mientras que algo de desaceleración es inevitable durante el movimiento hacia fuera, su magnitud puede reducirse deslizando las manos y los brazos a través del agua con las yemas de los dedos primero. Los nadadores no deben presionar las palmas ni la parte ventral de los brazos hacia fuera contra el agua. Ni deben presionar hacia abajo sobre el agua con la parte superior del brazo. Estas acciones sólo producirán grandes fuerzas de arrastre hacia fuera o hacia abajo que reducirán la velocidad de avance más aún. Por consiguiente el movimiento hacia fuera debe hacerse suavemente, deslizando las manos y los brazos por el agua hasta que lleguen a la posición del agarre.

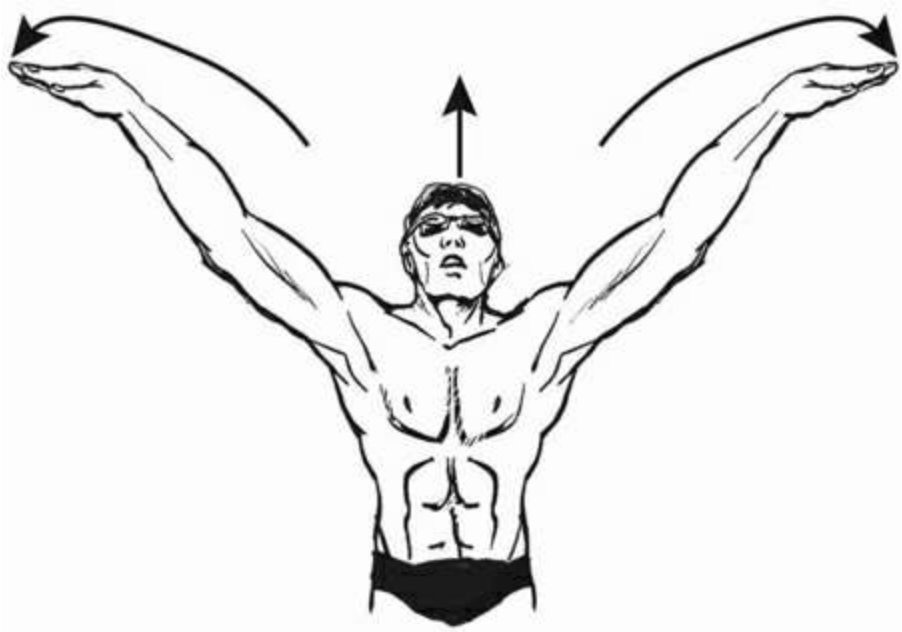


Figura 3.3. El movimiento hacia fuera, visto desde abajo.

Se podría preguntar por qué los nadadores de mariposa y braza deslizan los brazos hacia fuera en lugar de hacia abajo, a la posición del agarre. Probablemente se deba a que desplazar los brazos hacia los lados no decelera la velocidad de avance tan rápidamente como presionar los brazos hacia abajo contra el agua. Presionar hacia abajo ejerce una fuerza de frenado hacia arriba sobre el cuerpo. Presionar hacia fuera con un brazo simplemente crea una fuerza hacia dentro, cuyo efecto es cancelado por otra fuerza hacia dentro ejercida por el otro brazo. Los nadadores de espalda y de estilo libre pueden desplazar los brazos hacia abajo a la posición del agarre sin desacelerar innecesariamente porque pueden rotar el cuerpo de lado a lado. Los nadadores de mariposa y de braza deben mantenerse en una posición prona al realizar el agarre, y por lo tanto es más probable que empujen hacia abajo contra el agua.

El movimiento hacia abajo

El movimiento hacia abajo es utilizado por nadadores de estilo libre y espalda para colocar los brazos en la posición apropiada para producir la fuerza propulsora. A este respecto, sirve al mismo propósito que el movimiento hacia fuera. Los dibujos de la figura 3.4 ilustran el movimiento hacia abajo utilizado por (*a*) nadadores de estilo libre y (*b*) nadadores de espalda. El movimiento hacia abajo, como el movimiento hacia fuera, no es propulsor. Los nadadores desacelerarán durante este movimiento, pero se debe reducir la desaceleración al mínimo requerido para colocar los brazos en la posición correcta.

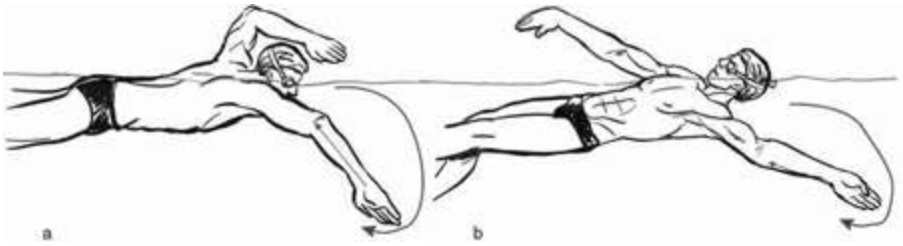


Figura 3.4. (a) Nadador de estilo libre en el agarre después de completar el movimiento hacia abajo. (b) Nadador de espalda en el mismo punto.

El movimiento hacia abajo empieza con el brazo extendido hacia delante debajo del agua. Luego se desplaza suavemente hacia abajo, hacia delante y hacia el lado hasta que la parte ventral de la mano, del antebrazo y del brazo están mirando hacia atrás. En este momento, se realiza el agarre y empieza la fuerza propulsora. El brazo casi deja de moverse en el agarre para acelerar una vez que empieza la fase propulsora de la brazada.

Las yemas de los dedos deben ir por delante durante el movimiento hacia abajo para reducir el arrastre resistivo. El codo debe flexionarse gradualmente al descender para acortar el radio de rotación del brazo, de manera que los nadadores puedan colocar el brazo y la mano mirando hacia atrás lo antes posible. La parte superior del brazo debe permanecer casi paralela a la superficie del agua durante el movimiento hacia abajo. Se desplazará un poco hacia abajo al rotar el nadador hacia el brazo que desciende, pero la parte superior del brazo no debe empujar hacia abajo. Empujar hacia abajo creará una fuerza contraria que empujará al nadador hacia arriba mientras reduce la

velocidad de avance. Los nadadores tampoco deben empujar contra el agua con las palmas o la parte ventral del antebrazo al desplazarlos hacia abajo para adoptar la posición del agarre. Estos movimientos también producirán una gran fuerza de arrastre hacia arriba, que empujará el cuerpo hacia abajo y retrasará la velocidad de avance más aún. El movimiento termina cuando el brazo está flexionado aproximadamente 90° con la palma, y la parte ventral del antebrazo y del brazo mirando principalmente hacia atrás donde pueden aplicar la fuerza propulsora.

Los nadadores de estilo libre deben desplazar los antebrazos y las manos principalmente hacia abajo con un ligero movimiento hacia fuera, de forma que colocan la parte superior del brazo mirando hacia atrás lo antes posible. Los nadadores de espalda deben desplazar las manos y los brazos más hacia fuera porque esto les permite lograr un buen agarre antes. La profundidad del movimiento hacia abajo es causada, en gran medida, por la cantidad de rotación longitudinal que necesitan los nadadores para realizar un recobro correcto. Un agarre poco profundo limitará la rotación longitudinal del cuerpo, que puede hacer que los nadadores de estilo libre realicen el recobro del otro brazo con un movimiento demasiado amplio. En espalda, un agarre poco profundo con un brazo limitará la rotación longitudinal y hará que el otro brazo se arrastre demasiado por el agua durante el recobro.

Se puede preguntar por qué los nadadores de estilo libre y espalda desplazan los brazos hacia fuera durante el movimiento hacia abajo en lugar de empujarlos directamente hacia abajo a la posición del agarre. Desplazar los brazos ligeramente hacia el lado proporciona por lo menos tres ventajas:

1. Se puede realizar el agarre antes.
2. Pueden reducir al mínimo el efecto retardador adicional que causaría en la velocidad de avance el hecho de empujar la parte superior de los brazos hacia abajo por el agua.
3. Pueden utilizar la parte interna superior del brazo para empujar hacia atrás contra el agua una vez hecho el agarre.

Con respecto a las dos primeras ventajas, mantener la parte superior del brazo casi paralela a la superficie y flexionar el codo durante el movimiento hacia abajo permite a los nadadores colocar los brazos mirando hacia atrás antes en el movimiento hacia abajo en estilo libre y espalda. Los dibujos de la figura 3.5 ilustran este punto. La nadadora de estilo libre en la figura 3.5a se representa en la posición del agarre en las vistas frontal y lateral. Realizó el agarre desplazando su brazo hacia fuera y hacia abajo mientras flexionaba el codo. Al desplazar el brazo hacia fuera y hacia el lado durante el movimiento hacia abajo, pudo mantener la parte superior casi paralela a la superficie y evitar presionarla hacia abajo. En cambio, en la figura 3.5b la nadadora, también vista frontal y lateralmente, empuja su brazo directamente hacia abajo para realizar el agarre cerca de la línea media del cuerpo.

La nadadora representada en la figura 3.5a podrá realizar el agarre antes que la nadadora en 3.5b y no empuja el agua hacia abajo en gran medida con la parte superior de su brazo al hacerlo. Por lo tanto, como se ilustra en la menor longitud de la flecha vertical en (a) comparada con la de la flecha vertical en (b), la nadadora en 3.5a debe desacelerar menos durante el movimiento hacia abajo y podrá empezar a aplicar la fuerza propulsora antes. La nadadora de la figura 3.5b producirá alguna fuerza hacia abajo con la parte superior del brazo, independientemente de la suavidad de su desplazamiento, y esta fuerza reduce su velocidad de avance más de lo que ya lo hace el movimiento hacia abajo.

La última ventaja se relaciona con la colocación de la parte superior del brazo para aplicar la fuerza propulsora. Cuando los nadadores de estilo libre y espalda deslizan los brazos ligeramente hacia fuera sin presionarlos demasiado hacia abajo, igual que la nadadora ilustrada en la figura 3.5a, pueden orientar la cara interna superior del brazo hacia atrás y paralela a la superficie en el agarre. Colocada de esta forma, la cara interna superior del brazo puede utilizarse, al igual que el antebrazo y la mano, para empujar hacia atrás contra el agua durante la próxima fase de la brazada. El área de superficie adicional debe aumentar la fuerza propulsora durante el movimiento hacia dentro. En cambio, si empujan la parte superior del brazo más profundamente en el agua, como la nadadora de la figura 3.5b, no podrán utilizarla para empujar el agua hacia atrás. Además, tendrán que empujar los brazos hacia arriba por un recorrido más largo en la parte final de la brazada

subacuática para traerlos hasta la superficie del agua. Esto empujará el torso hacia abajo y retrasará la velocidad de avance.

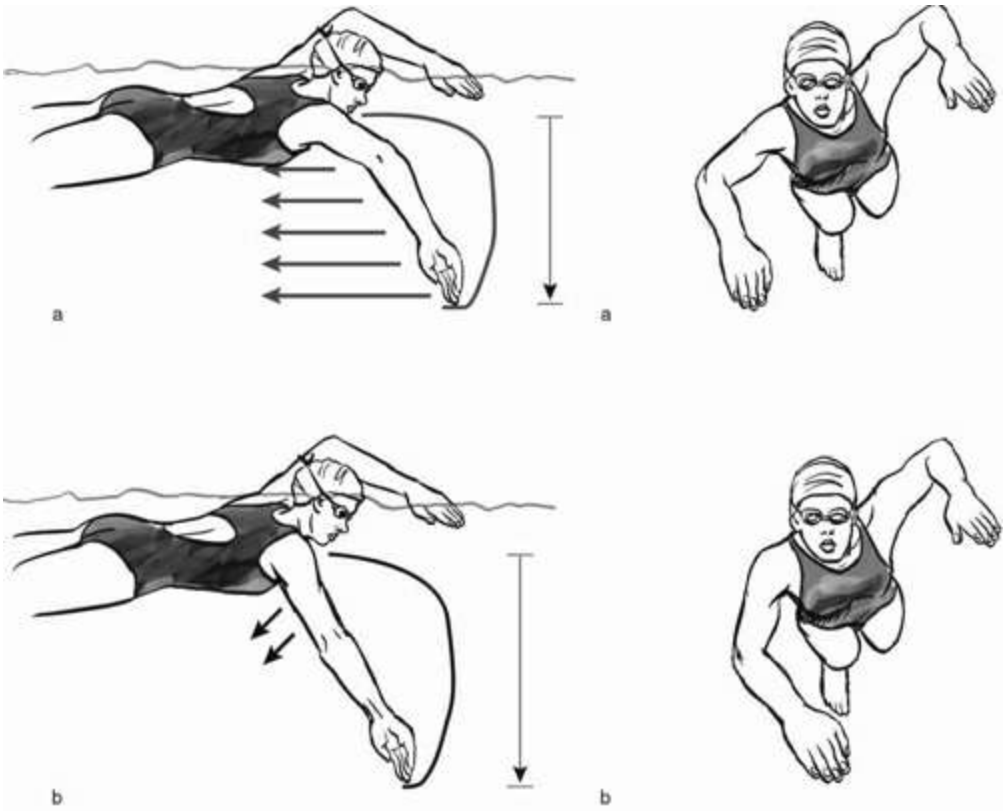


Figura 3.5. El efecto de empujar el brazo hacia abajo durante el movimiento en el mismo sentido. Las vistas frontal y lateral de (a) muestran a una nadadora que está realizando el agarre desplazando su brazo hacia abajo y hacia fuera. La nadadora en (b) está realizando su agarre desplazando la mano hacia abajo sin moverla hacia fuera. Como se ve en las flechas verticales en las vistas laterales, la nadadora en (a) podrá realizar el agarre antes.

El movimiento hacia dentro

El movimiento hacia dentro es la primera fase propulsora de cada estilo competitivo. Sigue el movimiento hacia abajo en el estilo libre, y el movimiento hacia fuera en mariposa y braza. Existe un movimiento propulsor

correspondiente del brazo en espalda, pero se llama el *movimiento hacia arriba* porque el nadador está en posición supina y el brazo se desplaza hacia arriba más que hacia dentro. No obstante, aunque la dirección principal del brazo del nadador de espalda es diferente, en todos los demás aspectos la forma en que se produce la propulsión durante el movimiento hacia arriba en espalda es idéntica a la del movimiento hacia dentro en los demás estilos.

Se describió el movimiento hacia dentro incorrectamente en las anteriores ediciones de este libro. Lo describí como un movimiento que hacía remar el brazo hacia dentro mientras que mayormente no se empujaba hacia atrás. En realidad, los nadadores utilizan la parte interna del brazo, del antebrazo y las palmas de las manos como grandes palas para empujar hacia atrás contra el agua. El movimiento lateral de los brazos durante el movimiento hacia dentro es el resultado de la dirección que debe tomar el brazo para ir desde el agarre hasta la próxima fase de la brazada mientras que también aplica fuerza propulsora.

La primera persona que describió correctamente el movimiento hacia dentro fue Charles Silvia, el entrenador legendario de Springfield College (1970). Se refirió a este movimiento como la *aducción de la parte superior del brazo* porque se traía el brazo desde una posición por encima de la cabeza hacia fuera y hacia atrás pasando el hombro, y finalmente hacia el lado en un amplio movimiento semicircular. Creía, y con razón, que este movimiento era muy propulsor porque los nadadores podían mantener las manos y los brazos casi perpendiculares a la superficie del agua durante un mayor tiempo durante el movimiento hacia dentro. Esto, a su vez, les permitía hacer una mejor pala con el brazo y la mano durante más tiempo. Sin embargo, yo al igual que muchos otros, renuncié a las enseñanzas de Silvia cuando se hizo popular la propulsión por sustentación. Fue desafortunado porque sus observaciones acerca de la mecánica de las brazadas eran muy astutas. Se ilustra el movimiento hacia dentro desde la vista inferior de un nadador de estilo libre en la figura 3.6.

El movimiento hacia dentro empieza en la posición del agarre después del movimiento hacia abajo o el movimiento hacia fuera, según el estilo. Se desplaza la mano y el brazo entero en una trayectoria semicircular y lateral hacia el lado, hacia atrás y luego hacia dentro hasta que la parte superior del

brazo se acerca a las costillas y se trae la mano por debajo del cuerpo. El movimiento hacia dentro termina en este punto y empieza la transición a la próxima fase de la brazada.

Figura 3.6. El movimiento hacia dentro como se utiliza en el estilo libre.

La velocidad de los miembros debe acelerar desde el agarre hasta que los brazos estén desplazándose hacia dentro por debajo del cuerpo, en cuyo momento la velocidad de los miembros se reduce mientras realizan la transición a la próxima fase de la brazada. La parte superior del brazo debe desplazarse casi paralela a la superficie durante el movimiento hacia dentro, y las manos y los antebrazos deben permanecer perpendiculares a la superficie. Puede que algunos nadadores aumenten ligeramente la flexión del brazo durante el movimiento hacia dentro para realizar algunas pequeñas modificaciones en la trayectoria de la mano y del brazo para acelerar el agua hacia atrás más eficazmente. Los brazos deben estar flexionados casi 90° cuando empieza el movimiento hacia dentro, así que cualquier flexión

adicional será mínima. Los nadadores no deben empezar el movimiento hacia dentro con los brazos extendidos y luego flexionarlos al traerlos hacia atrás debajo del cuerpo. Se reducirá considerablemente la cantidad de fuerza propulsora producida si los nadadores efectúan el movimiento hacia dentro de esta forma.

En cuanto a la propulsión de avance, los primeros dos tercios son la parte más efectiva del movimiento hacia dentro. Después, la dirección de los brazos cambia desde principalmente hacia atrás hasta principalmente hacia dentro, y reduce la velocidad de avance. No obstante, los nadadores deben seguir aduciendo los brazos hasta que los codos estén cerca de las costillas en el movimiento hacia dentro. Esto colocará las manos y los antebrazos debajo de la línea media del cuerpo, donde se puede ejecutar el próximo movimiento propulsor, el movimiento hacia arriba, más eficazmente. Podrán empujar el agua hacia atrás por debajo de la línea media del cuerpo para maximizar la fuerza propulsora. Traer los brazos por debajo del cuerpo probablemente también permite a los nadadores prepararse para la próxima fase propulsora, y quitar los miembros de la sección de agua que habían acelerado hacia atrás durante los primeros dos tercios del movimiento anterior hacia dentro para meterlos en otras corrientes de agua que todavía no han sido aceleradas hacia atrás.

Antes yo creía que los nadadores remaban con sus manos hacia dentro debajo del cuerpo porque la palma de la mano cambia de inclinación u orientación de fuera adentro durante este movimiento hacia dentro. Pensé que esto indicaba que estaban rotando las palmas y los antebrazos durante esta fase. Ahora creo que la mano y el antebrazo no rotan en el codo sino que se quedan en una posición estática durante este movimiento. De hecho, los nadadores forman grandes palas con forma de bumerán con la parte interna de los brazos, antebrazos y manos. Luego empujan estas palas hacia atrás y hacia dentro contra el agua hasta que la parte superior del brazo esté hacia atrás cerca de las costillas. Esto se produce cuando la inclinación de las palmas y la parte interna del antebrazo cambian de dirección de forma totalmente natural hacia fuera y luego hacia dentro, no a causa de un esfuerzo consciente de girarlos en estas direcciones sino simplemente porque los brazos están desplazándose hacia atrás con una trayectoria con forma de arco que va hacia atrás y hacia fuera durante la primera mitad y hacia atrás y hacia

dentro durante la segunda mitad (véase la figura 3.6).

En otras palabras, las palmas y los antebrazos sencillamente miran hacia la dirección en la que se están desplazando durante el movimiento hacia dentro. La rotación procede de la articulación del hombro, y no del codo. Los nadadores deben simplemente mantener las palmas de las manos y la parte ventral de los antebrazos y brazos alineadas como si fuesen una sola unidad. La fuerza muscular para rotar los brazos debe venir de la espalda y de los hombros. Como explicaré en los próximos párrafos, esto hace que el movimiento hacia dentro sea propulsor y muy potente.

Hasta ahora sólo he mencionado un factor que hace que la aducción del hombro sea superior a la remada. Los nadadores pueden utilizar la fuerza de arrastre en mayor grado, lo que a su vez aumenta la fuerza propulsora que puedan producir. Otro factor, que debe tener un efecto aún mayor sobre la producción de la fuerza propulsora durante el movimiento hacia dentro, es que los nadadores pueden utilizar los grandes músculos y producir más fuerza aduciendo los brazos hacia atrás con el hombro que remando hacia dentro. Los grandes músculos de los hombros y del tronco, los deltoides, el pectoral mayor y el dorsal ancho, serán utilizados para realizar el trabajo cuando se aducen los brazos hacia atrás desde el hombro como si fuesen palas. En cambio, no podrán producir tanta fuerza muscular con movimientos de remada. Los músculos pectorales mayores del pecho y los deltoides anteriores de los hombros estarían todavía implicados en los movimientos de remada, pero los nadadores utilizan más fuerza para la rotación interna y menos para empujar hacia atrás contra el agua porque rotan los brazos hacia dentro más de lo que los empujan hacia atrás. Al mismo tiempo, los deltoides posteriores y los grandes músculos del dorsal ancho, que tienen la forma de un gran abanico que cubre la mayor área de la parte superior de la espalda, se utilizarán muy poco si los brazos no se desplazan hacia atrás. No debe ser difícil comprender que minimizar el papel de estos dos grandes grupos musculares reducirá drásticamente la fuerza propulsora que los nadadores pueden producir durante el movimiento hacia dentro.

Otra desventaja de remar, comparada con la aducción del hombro, es que implica a varios pequeños grupos musculares del antebrazo y el brazo para ayudar en la rotación de la mano y del antebrazo.

Los pequeños grupos musculares suelen fatigarse más rápidamente que los grandes. Por consiguiente, los nadadores que reman probablemente se fatigarán más que los que no lo hacen. Por supuesto que los brazos rotan hacia dentro durante el movimiento en el mismo sentido, aunque los nadadores los utilicen como palas. Sin embargo, aquella rotación será efectuada por los grandes músculos de los hombros y de la espalda para aducir el brazo entero. Los pequeños músculos de la parte superior del brazo y de los antebrazos no se utilizarán para rotar el antebrazo y la mano hacia dentro.

El movimiento hacia arriba

En el estilo libre y mariposa, el movimiento hacia arriba sigue el movimiento hacia dentro. Existen de hecho dos movimientos correspondientes en espalda. Sin embargo, uno no puede llamarse movimiento hacia arriba, porque los nadadores de espalda están en una posición supina, de manera que los brazos se desplazan hacia abajo y no hacia arriba durante esta fase. Sin embargo, la manera en que aplican la fuerza propulsora es similar a como se aplica en el movimiento hacia arriba descrito en esta sección. Se ilustra el movimiento para el estilo libre desde la vista lateral (a) y la vista inferior (b) en la figura 3.7. El movimiento hacia arriba de mariposa es similar, excepto, por supuesto, que ambos brazos lo realizan simultáneamente.

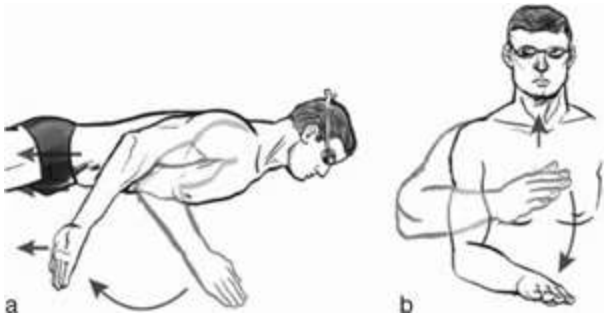


Figura 3.7. El movimiento hacia arriba utilizado en el estilo libre.

La última parte del movimiento hacia dentro debe servir de transición para el siguiente movimiento hacia arriba. El cambio ocurre al acercarse la parte superior del brazo a las costillas, y al pasar las manos por debajo de la línea media del cuerpo. En este momento, los nadadores deben cambiar la dirección de la mano y del brazo de una que va hacia dentro y hacia arriba a una hacia fuera y hacia arriba. Esto se logra rotando la mano y el brazo hacia fuera rápidamente y empujándolos hacia fuera, hacia arriba y hacia atrás en dirección a la superficie del agua. El nadador sigue empujando hacia atrás contra el agua con la palma y la parte ventral del antebrazo hasta que la mano esté al lado del cuerpo y acercándose a la parte frontal del muslo. En este punto, termina el movimiento hacia arriba. El nadador relaja la presión sobre el agua y colapsa la palma hacia dentro deslizándola fuera del agua para el siguiente recobro del brazo. La velocidad del brazo y de la mano debe acelerar considerablemente desde el principio hasta el final del movimiento hacia arriba. Los brazos generalmente alcanzarán su velocidad máxima, a menudo más de 6 m/s, durante esta fase de la brazada.

El brazo debe permanecer flexionado durante el movimiento hacia arriba para que los nadadores puedan empujar hacia atrás contra el agua con la parte ventral del antebrazo y la palma de la mano. Sin embargo, puede ser necesario extender un poco el brazo para que los nadadores puedan seguir presionando hacia atrás contra el agua al desplazarse el brazo hacia fuera y hacia arriba. No obstante, la extensión no debe ser excesiva y el brazo debe seguir estando flexionado casi 90° cuando termina el movimiento hacia arriba.

Los nadadores de estilo libre dejan de empujar contra el agua y realizan el recobro del brazo por fuera del agua por encima de la superficie cuando se ha completado el movimiento hacia arriba. El brazo debe permanecer flexionado durante el recobro. Para facilitar el recobro de los brazos, los nadadores de mariposa extienden los brazos hacia arriba y hacia el lado cuando (los brazos) salen del agua. Para los nadadores de mariposa, los brazos se extienden como la primera parte del recobro. La extensión de los brazos no es la última parte del movimiento hacia arriba.

La descripción del movimiento hacia arriba presentada aquí es similar a la que figura en ediciones anteriores de este libro. Sin embargo, en ellas se

explicaba que se utiliza el brazo como un objeto con perfil de ala en lugar de como una pala. Esto puede haber causado un concepto erróneo que me gustaría aclarar en este momento. En cuanto a la propulsión, el aspecto más importante del movimiento hacia arriba es que los nadadores empujan hacia atrás contra el agua con los antebrazos y las manos, mientras que los desplazan hacia fuera y hacia arriba. Deben hacer todos los esfuerzos posibles para mantener la parte ventral del antebrazo y la palma de la mano orientadas hacia atrás durante toda esta fase de la brazada. Esto requerirá mantener los brazos en una posición flexionada durante todo el movimiento hacia arriba.

El papel de la aceleración de la mano y del brazo en la propulsión

La aceleración de la mano y del brazo llegó a ser un aspecto importante de la mecánica de la brazada con la investigación de Counsilman y Wasilak (1982). Estos dos hombres investigaron la relación entre la velocidad de los miembros y la velocidad de nado, y afirmaron que los mejores nadadores aceleraban las manos del principio al fin de las brazadas subacuáticas. Más tarde, Schleihauf (1986) mostró que este concepto era preciso pero demasiado simplificado. Los nadadores no aceleraban las manos de forma uniforme desde el principio hasta el final, sino que la velocidad de la mano aceleraba por impulsos, disminuyendo y luego aumentando con cada cambio importante de dirección durante las brazadas sub-acuáticas. Sin embargo, las velocidades más lentas de los miembros se veían durante la primera parte de las diversas brazadas subacuáticas, con las velocidades más rápidas ocurriendo normalmente durante la parte propulsora final de las brazadas tal y como habían afirmado Cousilman y Wasilak.

En la figura 3.8 se muestra un patrón típico de la velocidad de la mano para el plusmarquista mundial de 50 m estilo libre Tom Jager. El gráfico superior muestra las velocidades cambiantes de su mano a lo largo de un ciclo de brazada subacuática, y el gráfico inferior ilustra la velocidad de su

centro de masas. Los nadadores dibujados en medio muestran qué fase de la brazada estaba siendo completada en cada punto particular de los gráficos. La velocidad de avance del cuerpo de Jager y la velocidad no direccional de sus manos se indican en el eje vertical en m/s. El tiempo que tardó en completar cada fase de la brazada se muestra en 1/100 s en el eje horizontal. Debo aclarar que las velocidades mostradas en la figura 3.8 son tridimensionales. Representan la velocidad real de la mano independientemente de la dirección. Los movimientos de las manos de los nadadores tienen componentes ascendentes, descendentes, laterales y de retroceso, que se combinan para calcular las velocidades de la mano presentadas aquí. Se utilizó la punta del dedo corazón de Jager como el punto de referencia para la velocidad de la mano mientras nadaba a su ritmo de 100 m. Los registros empiezan con el movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.

El patrón de impulsos de velocidad de la mano izquierda iba de la siguiente forma. La velocidad de la mano izquierda disminuyó después de entrar en el agua hasta hacer el agarre. La velocidad de la mano aceleró, aunque no de forma máxima, durante el movimiento en ese sentido mientras se desplazaba hacia dentro por debajo de su cuerpo. Luego siguió un corto período de desaceleración durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba, después de lo cual su mano izquierda aceleró hasta su velocidad pico al desplazarse hacia fuera y hacia arriba en dirección a la superficie. La velocidad de la mano izquierda se redujo cerca de la superficie al relajar la presión sobre el agua y empezar el recobro.

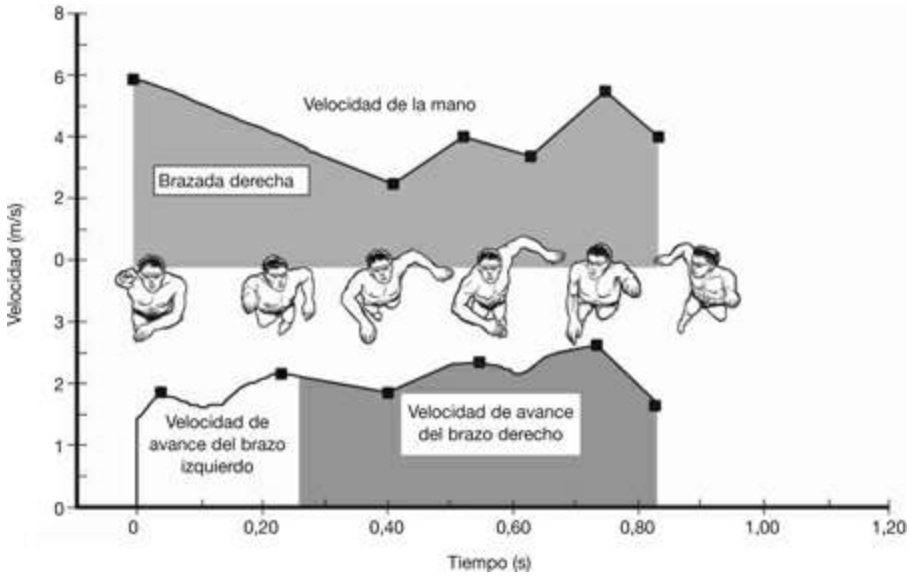


Figura 3.8. Un patrón típico de la velocidad de la mano en el estilo libre. El sujeto era Tom Jager.

Un patrón similar de aceleración y desaceleración tuvo lugar durante la brazada derecha. Obsérvese que los períodos durante el ciclo de la brazada cuando incrementaba y reducía la velocidad de la mano corresponden estrechamente a los momentos cuando aumentaba y reducía su velocidad de avance durante el ciclo de la brazada.

El patrón de la velocidad de la mano ilustrado en la figura 3.8 es típico de los patrones utilizados por los nadadores en los otros tres estilos competitivos. En todos los casos, los nadadores aceleran y desaceleran las manos por impulsos cada vez que cambian de dirección durante la brazada, y estos cambios de velocidad de la mano generalmente coinciden con cambios similares en la velocidad de avance del centro de masas. Cousilman y Wasilak (1982) registraron velocidades máximas de las manos de entre 4,5 y 6 m/s en su estudio.

Al parecer, los nadadores no aceleran las manos a velocidad máxima hasta la parte final de la brazada subacuática. Jager, por ejemplo, acelera la velocidad de su mano a sólo 3 m/s durante el movimiento hacia dentro por debajo de su cuerpo y luego a 6 m/s durante el movimiento hacia arriba. Esto

significa que escoge intuitivamente utilizar alguna velocidad de mano óptima, en lugar de máxima, en medio de la brazada. Los nadadores probablemente realizan las brazadas de este modo para conservar la energía. Quizás, a lo largo de una prueba, no es posible mantener las velocidades máximas de las manos para la brazada subacuática entera.

Como se esperaría, los nadadores aceleran más las manos en las pruebas de velocidad que en las carreras más largas. Por otro lado, las mujeres generalmente no alcanzan las mismas velocidades de la mano que los hombres (Maglischo *et al*., 1986).

La importancia del agarre para la natación veloz

El *agarre* es el punto de la brazada subacuática donde los nadadores empiezan a acelerar el cuerpo hacia delante con los brazos. Los gráficos de la velocidad de avance muestran que, en todos los estilos, los buenos nadadores competidores no empiezan a acelerar su cuerpo hacia delante hasta que han realizado aproximadamente un tercio de la brazada sub-acuática. Los brazos se desplazan hacia fuera o hacia abajo 40 ó 50 cm antes de realizar el agarre. Tienen que cubrir esta distancia para que los nadadores puedan colocar la parte interna de los brazos y las manos mirando hacia atrás contra el agua antes de empezar a aplicar fuerza. El gráfico ilustrado en la figura 3.9 muestra el principio de la propulsión de avance en el estilo libre. El nadador es Kieren Perkins, plusmarquista y medallista de oro en 1.500 m estilo libre en los Juegos Olímpicos de 1992 y 1996. Los datos recogidos durante las finales de 1.500 m estilo libre en los Juegos Olímpicos de Verano de 1992, donde alcanzó su récord de 14:43,48, se muestran en 1/100 s en el eje horizontal, y la velocidad de avance en m/s en el eje vertical. La posición del agarre está marcada en el gráfico de la velocidad y en una vista lateral de la trayectoria de su brazo izquierdo justo encima del gráfico.

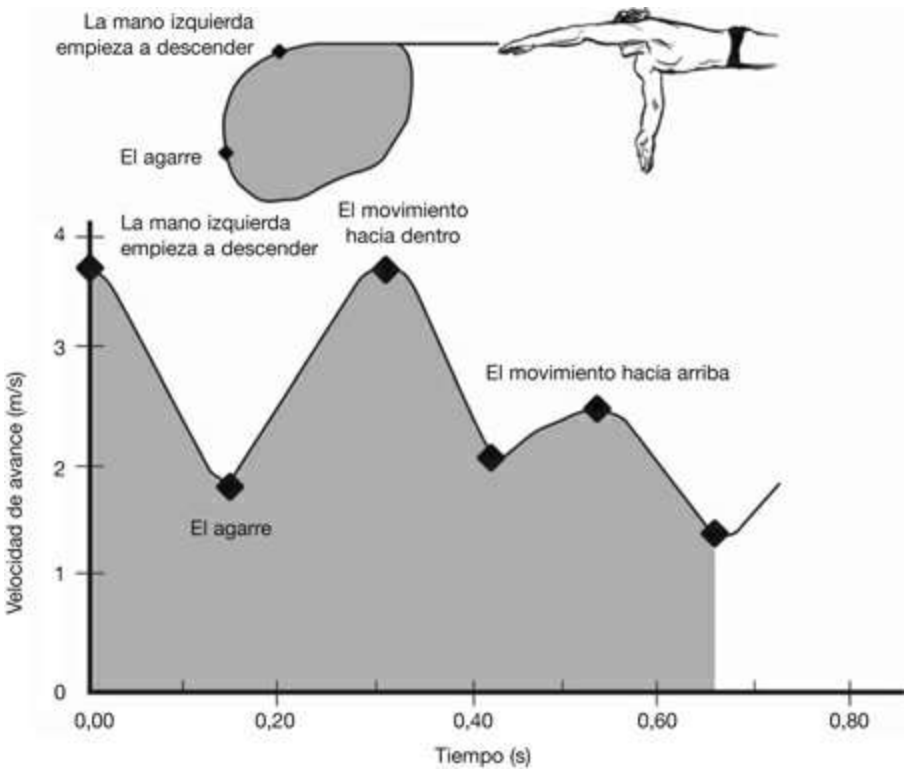


Figura 3.9. Un gráfico de la velocidad de avance de Kieren Perkins. Este gráfico muestra la velocidad de avance del centro de masas de Perkins durante una brazada subacuática izquierda.

Adaptada de Cappaert, 1993.

El gráfico de la velocidad empieza cuando Perkins inicia el movimiento hacia abajo con su brazo izquierdo. En este momento, ha completado la fase propulsora de su brazada derecha y su velocidad de avance está disminuyendo. Obsérvese que su velocidad de avance sigue desacelerando durante aproximadamente 0,20 s después del comienzo del movimiento hacia abajo. En este punto, su mano ha recorrido casi 50 cm hacia abajo, y su brazo y mano han logrado orientarse mirando hacia atrás al agua. Entonces empieza a empujar su brazo hacia atrás además de hacia abajo y su cuerpo empieza a acelerar hacia delante.

Los nadadores realizan el agarre de forma similar en los restantes tres estilos competitivos. No aplican la fuerza propulsora hasta que las manos han

hecho aproximadamente un tercio del ciclo de la brazada subacuática. Se presentarán fotos que muestran la posición del agarre para cada estilo en capítulos posteriores. La posición de los brazos en el agarre ha llevado a menudo a algunos entrenadores a referirse a ellas como posiciones de agarre *con el codo alto*.

El legendario entrenador de natación James “Doc” Counsilman fue la primera persona que llamó la atención sobre la importancia de la posición del codo alto en el agarre. Lo hizo en su excelente libro *The Science of Swimming* (1968) [La natación: ciencia y técnica (1971)]. Los nadadores no deben tratar de aplicar fuerza propulsora con los brazos hasta que estén en esta posición con el codo alto porque, como se mencionó anteriormente, no pueden dirigir el agua hacia atrás hasta que los brazos y las manos estén mirando en esta dirección.

Los nadadores de estilo libre deben desplazar las manos hacia abajo y hacia delante a la posición del agarre. Deben también estar flexionando el brazo al desplazarlo hacia abajo, hasta que el codo realmente adelante la mano. Entonces, y sólo entonces, deben empezar a empujar hacia atrás contra el agua. Los nadadores de espalda deben deslizar la mano hacia abajo, hacia fuera y hacia delante flexionando el codo hasta que éste avance y alcance la mano de manera que ambos estén mirando hacia atrás. Luego pueden empezar a empujar el brazo hacia atrás. Los nadadores de mariposa y braza deben deslizar las manos hacia los lados mientras que flexionan simultáneamente los codos hasta que éstos han alcanzado y están por encima de las manos, con manos y brazos mirando hacia atrás, antes de empezar a aplicar la fuerza propulsora.

Cuando compiten es natural que los nadadores empiecen a aplicar la fuerza contra el agua tan pronto como sienten la entrada de la mano en el estilo libre, espalda y mariposa, e inmediatamente después de que se han extendido los brazos hacia delante en braza. No obstante, no deben hacerlo porque en estos momentos los brazos estarán empujando hacia abajo o hacia fuera, no hacia atrás, contra el agua. No es sorprendente, por lo tanto, que el error más común en la natación sea aplicar la fuerza contra el agua antes de alcanzar una posición con el codo alto. Este error se denomina *codo caído*. La figura 3.10 de un nadador de estilo libre con el codo caído ilustra la razón por

la que el codo caído es un defecto tan grave de la brazada.

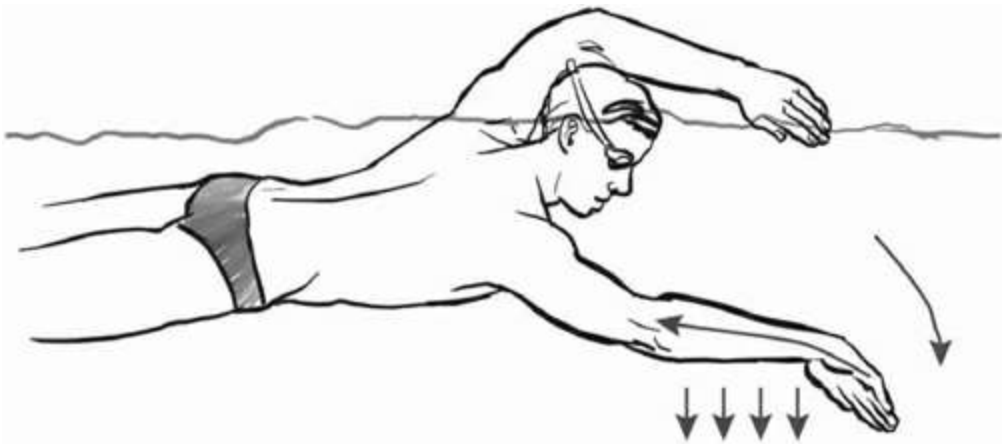


Figura 3.10. El codo caído en el estilo libre.

Como se describió anteriormente, el brazo debe estar en el agua a una profundidad de aproximadamente 40 a 50 cm durante el movimiento hacia abajo en estilo libre antes de que los nadadores puedan colocar la parte interna de los brazos y antebrazos mirando hacia atrás. Si los nadadores tratan de aplicar la fuerza inmediatamente o justo después de comenzar el movimiento hacia abajo, terminarán empujando hacia abajo contra el agua con los brazos. Esto empujará el cuerpo hacia arriba, creando un efecto de frenado que reduce la velocidad de avance más rápidamente de lo normal en el movimiento hacia abajo.

Los nadadores que dejan caer los codos lo hacen porque tratan de aplicar la fuerza propulsora antes de que los brazos estén orientados hacia atrás. Esto les hace empujar hacia abajo, hacia fuera o hacia dentro contra el agua, causando fuerzas contrarias que pueden perturbar su alineación horizontal y lateral, y disminuir su velocidad de avance incluso más de lo que se reduce normalmente durante los movimientos hacia fuera y hacia abajo en los diversos estilos. En mariposa y braza, se logra una posición con el codo alto desplazando las manos y los brazos hacia fuera, no hacia abajo, porque los nadadores de estos estilos no pueden rotar el cuerpo hacia el lado cuando ambos brazos realizan la brazada simultáneamente. Si dejan caer los codos es

porque acortan el movimiento de los brazos hacia fuera y empiezan a empujarlos hacia abajo y hacia dentro demasiado pronto. Al realizar el agarre, los nadadores de espalda deben deslizar las manos y los brazos hacia fuera a los lados más que los nadadores de estilo libre, pero menos que los de mariposa y braza. Dado que la extensión del hombro está limitada después de tener los brazos por encima de la cabeza, los nadadores de espalda encuentran más fácil orientar los brazos hacia atrás deslizándolos hacia fuera casi tanto como hacia abajo.

De este último razonamiento es evidente que el momento crítico cuando los nadadores tienden a dejar caer los codos es durante los movimientos hacia abajo en el estilo libre y espalda y durante los movimientos hacia fuera de mariposa y braza. Para corregir este problema, deben ser entrenados a esperar hasta que los brazos estén lo suficientemente profundos o hacia el lado para lograr una orientación hacia atrás antes de empezar a aplicar la fuerza contra el agua. *Los nadadores más veloces han aprendido, por entrenamiento o por intuición, a esperar hasta que los brazos estén mirando hacia atrás antes de desplazarlos hacia dentro.* Los nadadores con menos destreza tratan de aplicar la fuerza mientras que los brazos miran todavía hacia fuera o hacia abajo.

Los nadadores que dejan caer los codos a menudo se engañan pensando que están empujando hacia atrás contra el agua porque pueden flexionar la muñeca y rápidamente orientar las palmas de las manos hacia atrás después de empezar a desplazar los brazos hacia abajo o hacia el lado. Lo que olvidan es que tanto los brazos como las manos están desplazándose hacia abajo o hacia el lado, no hacia atrás, durante estos movimientos. Por eso, estarán realmente dirigiendo el agua hacia abajo o hacia el lado en lugar de hacia atrás con la parte interna ancha de los antebrazos y brazos, aunque las muñecas estén flexionadas con las palmas mirando hacia atrás. Se puede evitar el codo caído si los nadadores esperan hasta que todo el brazo mire hacia atrás antes de empezar a empujar contra el agua con cada nueva brazada.

Muchos entrenadores creen que los nadadores dejan caer el codo porque carecen de fuerza muscular para mantenerlos por encima de las manos durante la brazada subacuática. Sin embargo, dudo que una falta de fuerza sea

la causa de que dejen caer los codos. La destreza y no la fuerza corrige el codo caído. Por mucha fuerza que tengan no se impedirá a los nadadores empujar hacia abajo o hacia fuera con los brazos si intentan aplicar la fuerza propulsora antes de que los brazos estén mirando hacia atrás. En cambio, sí hace falta mucha fuerza para realizar la brazada correcta si los nadadores están dispuestos a esperar hasta que los brazos estén mirando hacia atrás contra el agua antes de empezar a empujar hacia atrás.

La alineación del brazo y de la mano en el agarre

Otro punto importante que hay que considerar en relación con el agarre es que los nadadores deben ali-near los brazos, antebrazos y manos casi perpendiculares a la superficie antes de empezar a aplicar la fuerza propulsora. No debe haber una flexión excesiva de la muñeca. Es decir, las muñecas no deben mirar hacia arriba o hacia dentro cuando los brazos miran hacia atrás. Ni deben mirar hacia fuera ni hacia abajo. Más bien las muñecas deben mirar en la misma dirección que los brazos. Por la misma razón, los brazos no deben mirar hacia abajo o hacia fuera cuando las manos miran hacia atrás.

Todos estos ejemplos de una mala alineación harán que los nadadores dejen caer el codo y empujen hacia abajo, hacia arriba o hacia fuera con una parte del miembro mientras que tratan de empujar hacia atrás con otras partes del cuerpo. Cuando se realiza el agarre, el brazo y la mano juntos deben estar casi perpendiculares a la superficie y alineados.

Burbujas de aire alrededor de la mano y del brazo

Muchos entrenadores han comentado que los nadadores de nivel mundial parecen tener menos burbujas alrededor de sus miembros que los nadadores más lentos. Es porque las burbujas de aire indican turbulencia y una pérdida concomitante de fuerza propulsora.

Las burbujas de aire significan generalmente que los nadadores no hicieron el agarre correctamente. Atrapan el aire debajo de las manos y de los brazos cuando entran en el agua. Si los nadadores empiezan a acelerar los miembros hacia abajo o hacia fuera inmediatamente después de su entrada en el agua, el agua que hay detrás de los brazos impulsará este aire de atrás hacia la parte delantera y los lados de los miembros en un patrón de turbulencia manifestada como una corriente de burbujas que giran descontroladamente. En el estilo libre, mariposa y espalda, las manos se desplazan hacia abajo, hacia dentro y hacia delante al entrar en el agua. Los nadadores que dejan caer los codos seguirán acelerando los brazos en estas direcciones después de su entrada y también tratarán de acelerarlos inmediatamente. Estas acciones expulsan el aire de debajo de los brazos y las manos, y se ve un claro patrón de turbulencia en forma de burbujas de aire.

Los buenos nadadores tienen menos burbujas alrededor de las manos y los brazos durante la primera parte de su brazada subacuática porque no tratan de aplicar la fuerza propulsora inmediatamente durante el movimiento hacia abajo o hacia fuera. Esperan hasta llegar a la posición del agarre para hacerlo. De hecho deslizan las manos hacia delante debajo del agua una corta distancia al empezar cada brazada nueva y luego desaceleran los brazos al llegar a la posición del agarre. El estiramiento hacia delante separa el aire atrapado de los brazos de manera que no se vean burbujas de aire cuando empiezan el movimiento hacia abajo o hacia fuera. Dejar de realizar el movimiento rápido hacia abajo con los miembros y deslizarlos hacia delante debajo del agua tiene el efecto de limpiar los brazos y las manos del aire. Por consiguiente, no habrá aire detrás de los miembros para crear burbujas una vez que los nadadores llegan a la posición del agarre y empiezan a empujar los brazos hacia atrás por el agua.

Las burbujas de aire en sí no interfieren con la velocidad de avance. Sin embargo, sí indican acciones de brazada que reducirán la velocidad de avance. La presencia de burbujas de aire significa que los nadadores han

intentado aplicar la fuerza demasiado pronto durante el movimiento hacia abajo o hacia fuera de los varios estilos competitivos. Los nadadores que producen una gran cantidad de burbujas, de hecho, han dejado caer los codos. Han intentado aplicar la fuerza contra el agua antes de que los brazos mirasen hacia atrás.

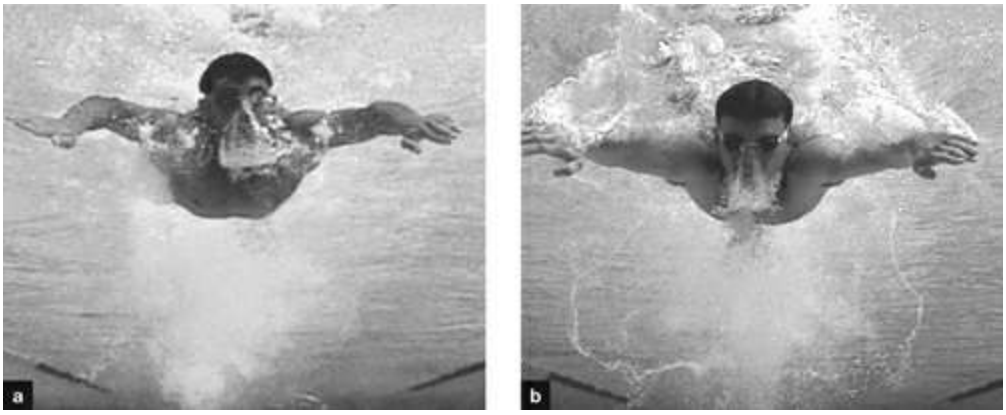


Figura 3.11. Ilustración de las burbujas de aire alrededor de las manos. El nadador de mariposa en (a) tiene muy pocas burbujas de aire alrededor de su mano después de su entrada en el agua, mientras que el nadador en (b) lleva mucho aire dentro del agua, causando turbulencia.

Dicho esto, algunas burbujas de aire pueden verse alrededor de las manos y los brazos de incluso los mejores nadadores entre la posición de la entrada y la del agarre de mariposa, espalda y estilo libre. Esto es normal y no indica necesariamente una mala mecánica. Sin embargo, si esta turbulencia es excesiva, es evidente que los nadadores correspondientes han dejado caer el codo. Deben desacelerar los miembros y deslizarlos hacia delante una corta distancia después de la entrada para corregir este problema. Entonces, antes de intentar aplicar fuerza al agua, deben deslizar los brazos con el codo alto a la posición del agarre.

Los dos nadadores de mariposa de la figura 3.11 muestran el patrón bueno y el malo de la turbulencia de burbujas de aire. El nadador de la figura 3.11a está realizando el agarre de forma correcta. Permitió que el primer batido de las piernas empujase los brazos hacia delante, limpiándolos del aire atrapado apenas entrasen en el agua. Por consiguiente, se ven muy pocas burbujas de

aire alrededor de sus brazos y manos durante el movimiento hacia fuera. El nadador de la figura 3.11b empezó a acelerar sus brazos hacia abajo y hacia fuera casi inmediatamente después de su entrada en el agua. Esto causó que el aire atrapado saliese disparado de debajo de sus brazos con un gran patrón de burbujas turbulentas de aire.

¿La rotación longitudinal es fuente de propulsión?

En la última década, ha habido una amplia aceptación de la creencia de que la rotación de las caderas de lado a lado es el mayor catalizador de la propulsión en el estilo libre y espalda (Prichard, 1993). Se han citado varias analogías de otros deportes para apoyar esta afirmación. Los que proponen esta técnica señalan el hecho de que los atletas en tierra inician los movimientos de golpear, balancear y lanzar con el brazo rotando primero las caderas en la dirección del movimiento, produciendo una suma de fuerzas que empieza en las piernas y que gana fuerza al desplazarse hacia arriba a través de las caderas. Estas fuerzas culminan finalmente en un movimiento de tipo latigazo de los brazos que proporciona una potencia tremenda. Las destrezas tales como golpear con un bate o una raqueta, lanzar una pelota, martillo o disco se realizan de esta forma.

Estos expertos describen la aplicación de la fuerza en la natación como una técnica en la que la rotación de las caderas se transfiere a los hombros y braderas y los brazos, proporcionando más fuerza para la brazada. En otras palabras, los que proponen esta teoría creen que los esfuerzos propulsores de los nadadores de estilo libre y espalda se inician con una rotación de la cadera y que el brazo sigue a la cadera. Esto produce una ganancia de velocidad y potencia de forma similar a la suma de fuerzas que causa la rotación del cuerpo en actividades en tierra.

Sin embargo, esto es malentender el concepto de la suma de fuerzas. Lo

que se ha ignorado es que la relación entre los movimientos de los brazos y la rotación de las caderas en la natación es muy diferente de la de las actividades en tierra. Por ejemplo, las analogías que apoyan el papel propulsor de la rotación de las caderas tienen lugar en la tierra, donde los pies están apoyados en el suelo de manera que las caderas puedan rotar alrededor de este punto de apoyo sin hacer que el cuerpo salga volando al espacio.

En cambio, los nadadores están suspendidos libremente en el agua, de manera que no existe ningún punto de apoyo desde el que puedan generar la fuerza. Es cierto que los nadadores rotan las caderas de lado a lado en el estilo libre y espalda. Sin embargo no creo que lo hagan para generar la fuerza propulsora, sino para reducir el arrastre resistivo. Como se explicó en el capítulo anterior, los movimientos ascendentes y descendentes de los brazos ejercen fuerzas sobre las piernas y el torso que los hacen moverse en la misma dirección que los brazos. Si los nadadores dejan rotar el cuerpo en sintonía con los movimientos de los brazos, el cuerpo seguirá con su alineación lateral. Sin embargo, si se resisten a la tendencia de rotar en la dirección en la que se desplazan los brazos, las fuerzas creadas en la brazada harán que el cuerpo se tuerza de lado a lado.

Existe también una diferencia fundamental en la forma en que los atletas suman las fuerzas durante las actividades en tierra y en la natación. En las actividades en tierra, los brazos siguen la misma dirección en la que rota el cuerpo para recoger fuerza. Sin embargo, en la natación el cuerpo y el brazo se desplazan el uno hacia el otro durante el movimiento hacia dentro en el estilo libre y el movimiento hacia arriba de espalda. De hecho, el cuerpo rota hacia el otro lado cuando el brazo está completando la última fase propulsora de la brazada en espalda. En este caso, es evidente que una cadera está siendo simplemente empujada hacia arriba por el brazo que realiza la brazada mientras que la otra está siendo arrastrada hacia abajo por el brazo que realiza el recobro. Realmente no puede haber ninguna suma de fuerzas debida a la rotación del cuerpo durante estos movimientos. Es sólo durante el último movimiento hacia arriba de la brazada en el estilo libre que las caderas y los brazos zos se están desplazando en la misma dirección, y tanto la cantidad como la velocidad de la rotación de las caderas han disminuido significativamente en este momento.

Para una demostración adicional de que la rotación del cuerpo sigue los movimientos de los brazos y no viceversa, sólo hay que observar los movimientos subacuáticos del nadador de estilo libre o espalda fotograma por fotograma en una película de vídeo. Los movimientos hacia abajo o hacia arriba de los brazos siempre preceden cualquier cambio en la rotación de las caderas. Para parafrasear un viejo dicho, no se puede poner el carro delante del caballo. En la natación competitiva, las caderas son el carro y la brazada es el caballo.

Cómo prevenir el dolor crónico de hombro con el agarre con codo alto

Lograr pronto una posición del codo alto en el movimiento hacia abajo o hacia fuera de los cuatro estilos competitivos es ciertamente una ventaja porque los nadadores pueden empezar a acelerar antes el cuerpo hacia delante.

Dicho esto, debo también mencionar que intentar empujar demasiado pronto en el movimiento hacia abajo o hacia fuera es una de las causas más comunes de la tendinitis en el hombro de los nadadores. Este problema está tan difundido entre los nadadores competitivos que se llama comúnmente hombro de nadador. Como mínimo, la tendinitis crónica disminuirá el rendimiento. En el peor de los casos, puede hacer que los nadadores dejen prematuramente el deporte. Muchos nadadores pueden prevenir la tendinitis o reducir su gravedad si no tratan de elevar los codos mientras empujan los brazos hacia atrás. Deben esperar hasta que los codos se desplazan por encima de las manos antes de empezar a empujar hacia atrás.

La causa más común del dolor crónico de hombro es la fricción causada por la cabeza proximal del húmero (el hueso largo del brazo) al rozar los tejidos blandos que rodean la articulación del hombro: el

tendón supraspinoso, el tendón del bíceps y el ligamento coracoacromial (Kennedy, 1978). La situación de estas estructuras se ilustra en la figura 3.12.

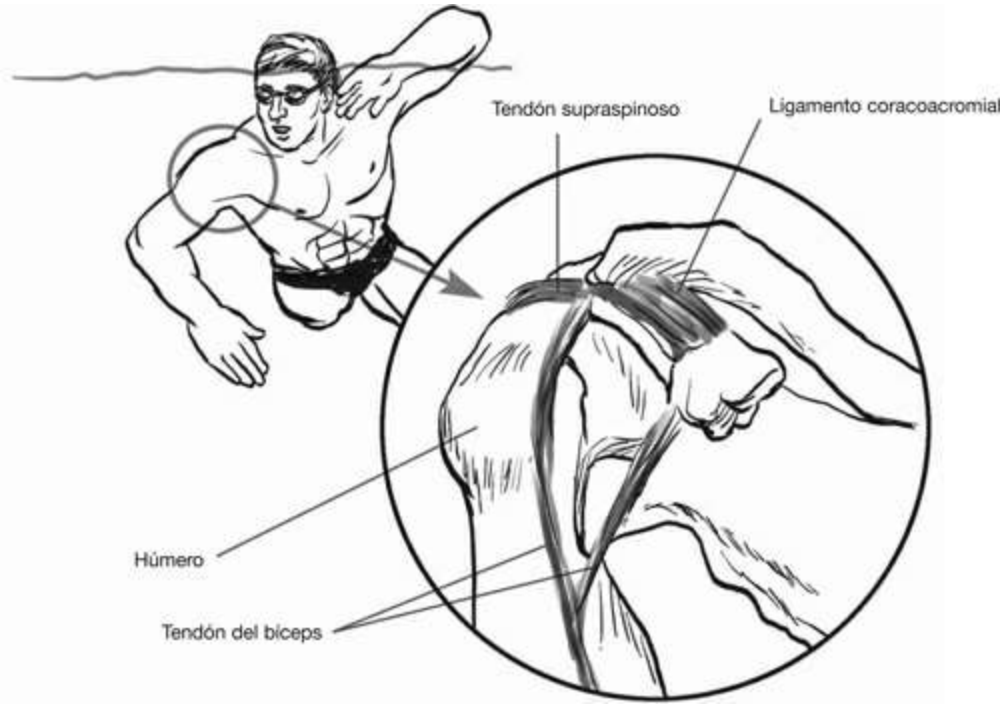


Figura 3.12. Las estructuras óseas y ligamentarias de la articulación del hombro.

La rotación medial o hacia dentro es la acción de la articulación que más probablemente causará fricción entre la cabeza del húmero y los diversos ligamentos y tendones que la rodean, y ésta es la acción que realizan los nadadores cuando intentan colocar los codos por encima de las manos en una posición de codo alto. Mientras que es importante conseguir un agarre con codo alto en todos los estilos, respecto a la prevención de la tendinitis, hay una forma correcta y una errónea de hacerlo.

La fricción más intensa tiene lugar cuando los nadadores intentan empujar los codos hacia arriba, por encima de las manos, mientras que empujan a la vez los brazos hacia atrás. La cabeza del húmero es proyectada hacia delante en estrecha proximidad con las

estructuras ligamentarias de la articulación del hombro, donde entrará más probablemente en contacto con ellas al rotar hacia delante y hacia abajo. En cambio, la fricción será menos intensa si los nadadores esperan hasta que los codos estén por encima de las manos antes de intentar empujar éstas hacia atrás. De esta forma la cabeza del húmero no será proyectada hacia delante con tanto vigor contra los ligamentos del hombro al realizar el agarre.

Puedes sentir esto tú mismo. Sostén el brazo delante de ti a la altura del hombro con el codo flexionado. Luego, intenta colocar el brazo en la posición de codo alto para el estilo libre empujando el hombro hacia delante y el codo hacia arriba, mientras presionas con la mano hacia abajo y hacia atrás. Deberás sentir una torcedura en la articulación del hombro al desplazarse la cabeza del húmero hacia delante y rotar hacia abajo por encima de varios ligamentos. Ahora, empezando con el brazo estirado en la misma posición, desplaza el hombro hacia delante y el codo hacia arriba mientras mueves la mano hacia abajo, pero no empujes la mano hacia atrás. La sensación de torcedura debe reducirse considerablemente.

Un experimento similar producirá el mismo resultado para movimientos que simulan los que se hacen hacia fuera en mariposa y braza. En este caso, la manera errónea es empujar las manos hacia atrás y hacia fuera mientras se intenta colocar los brazos para el agarre con el codo alto. La manera correcta es deslizar las manos hacia fuera y hacia abajo, pero no hacia atrás, hasta que los codos estén situados por encima de ellas. Muchos nadadores con un historial de tendinitis grave llegan a experimentar poco o ningún dolor en el hombro después de aprender a realizar el agarre antes de empezar a empujar las manos hacia atrás.

Dado que el concepto es reciente, la investigación sobre la relación entre la rotación de las caderas y la fuerza de propulsión es escasa. No obstante, la que existe no apoya el concepto de que la rotación de las caderas aumente la fuerza propulsora. En el primer estudio que simuló la natación de estilo libre

(Payton, Hay y Mullineaux, 1997), los investigadores construyeron un modelo del tronco y del brazo. Concluyeron que la rotación longitudinal del cuerpo aumenta las velocidades hacia dentro y hacia fuera de la mano, pero no las velocidades hacia atrás. Esto significa que la rotación del cuerpo puede aumentar la producción de las fuerzas de sustentación en la natación, pero no tendrá ningún efecto sobre la producción de las fuerzas de arrastre. Si crees, como yo, que el arrastre es la fuerza propulsora dominante, un aumento en la cantidad o velocidad de la rotación de la cadera hará poco para mejorar la fuerza propulsora.

En un segundo estudio acerca de la rotación de las caderas y las velocidades de las manos en las que se utilizaron a nadadores como sujetos, Payton, Bartlett y Baltzopoulos (1998) obtuvieron resultados opuestos a los anteriores. Encontraron que la rotación del cuerpo realmente disminuía la velocidad de la mano durante el movimiento hacia dentro de la brazada subacuática. Su conclusión era: “Que los resultados no apoyan la opinión de que los nadadores puedan generar altas velocidades de las manos y grandes fuerzas propulsoras con la rotación del cuerpo durante el movimiento hacia dentro”.

Cappaert (1997) escogió un enfoque más práctico para estudiar este tema. Comparó las velocidades de la rotación de las caderas y las fuerzas propulsoras durante la brazada en un grupo de nadadores. No pudo encontrar una relación significativa entre la fuerza del tirón en el estilo libre y varios aspectos de la rotación de las caderas. Los nadadores que empezaban la rotación de las caderas antes o llegaban a la velocidad máxima de rotación de las caderas antes durante la brazada no producían más fuerza propulsora con los brazos que los demás. Los sujetos eran 11 miembros del equipo residente de natación de los EE.UU. En otra fase de este estudio, entrenó a los nadadores para que rotasen las caderas antes y más rápidamente durante la brazada para determinar si dichas acciones aumentarían la fuerza propulsora que podrían generar. Los nadadores que recibieron este entrenamiento especial no aumentaron la fuerza propulsora de sus brazadas.

La única investigación disponible que sí apoya la rotación de las caderas como mecanismo propulsor fue presentada por Prichard (1993). Afirmó que los nadadores aumentaron su fuerza propulsora después de ejecutar ejercicios

para mejorar la cantidad y la sincronización de la rotación de la cadera. Sin embargo, hay que mirar estos resultados con suspicacia. Los gráficos mostraron que los nadadores produjeron más fuerza propulsora mientras nadaban a la misma velocidad. Esto es altamente improbable. Si estuviesen produciendo más fuerza propulsora, cubrirían la distancia más rápidamente.

Otra teoría relacionada con el papel de la rotación de las caderas en la natación es que los nadadores de hecho anclan los brazos en la posición del agarre y rotan el cuerpo alrededor de los brazos para generar la fuerza propulsora. Sin embargo, el razonamiento que hay tras este concepto es igualmente defectuoso. Un brazo que no se está desplazando no puede ganar velocidad o fuerza de la rotación de las caderas. Además, las trayectorias de las brazadas como la ilustrada en la figura 3.10 (véase la página 88) ofrecen pruebas de que los nadadores no anclan los brazos en el agua. Estas trayectorias se dibujan a partir del movimiento del dedo corazón del nadador en relación con un punto fijo de la piscina, y muestran claramente que la mano sí que se desplaza una distancia considerable por el agua con cada brazada subacuática.

El argumento que trato de resaltar es académico. Creo que los brazos y los hombros son los pistones que realmente proporcionan la fuerza, y el cuerpo rota tanto para mejorar los esfuerzos propulsores de los miembros como para mantener una buena alineación lateral. En otras palabras, los brazos dirigen los esfuerzos de los nadadores en la brazada y las caderas los siguen, no al revés.

En todo caso, rotar el cuerpo de lado a lado es esencial para la natación eficaz en el estilo libre y espalda, aunque no por las razones normalmente presentadas. La rotación longitudinal del cuerpo no aumenta la fuerza propulsora, excepto de manera indirecta. La propulsión efectiva hacia delante sufrirá si los nadadores no rotan las caderas suficientemente y si no hay una buena sincronización con la brazada porque, como se mencionó anteriormente, se perturbará la alineación lateral y tanto los movimientos de los brazos subacuáticos como los de la superficie se verán comprometidos.

Quiero presentar un argumento más antes de dejar esta sección. Mis comentarios sobre el papel de la rotación de la cadera fueron motivados por

el deseo de ser preciso en cuanto a los mecanismos de la propulsión en la natación humana. Nunca pretendí implicar que la rotación longitudinal del cuerpo no fuera importante para nadar rápidamente. Meramente quería aclarar por qué es importante. Como ya se ha indicado, la rotación de las caderas es una parte íntegra de la natación eficaz en estilo libre y espalda, y debe ser enseñada a todos los nadadores de estos estilos. La mayoría no rotan lo suficiente, ni rotan igualmente a cada lado. Por consiguiente, no hay nada malo en exagerar a la hora de corregir la rotación de las caderas. Los ejercicios que hacen hincapié en la rotación de las caderas ayudarán a los nadadores a realizar una brazada más eficaz y reducirán el arrastre resistivo. Por esto, se desplazarán más rápidamente por el agua.

Ejercicios para enseñar las brazadas

Ahora debe ser evidente que ya no recomiendo utilizar los ejercicios de remada como una ayuda para enseñar las brazadas de los cuatro estilos competitivos. En esta sección describiré dos ejercicios que pueden ayudar a los nadadores a aprender a utilizar movimientos de tipo pala para la propulsión. Mientras que estos ejercicios incluyen algunos de los elementos de los ejercicios de remada que recomendé en la edición anterior de este libro, la manera en que los nadadores desplazan los brazos contra el agua es muy diferente.

Se deben ejecutar los siguientes ejercicios nadando sólo con los brazos con un *pullbuoy* o churro. Los nadadores aprenderán cómo utilizar los brazos para la propulsión más rápidamente si no dependen de las piernas para este fin.

Un tirón exagerado de braza

El propósito de este ejercicio es desarrollar el movimiento hacia dentro para braza, estilo libre y mariposa. Las fotos de la figura 3.13 muestran la mecánica. Empezando en posición prona con los brazos extendidos por encima de la cabeza (figura 3.13a), los nadadores deslizan las manos lentamente hacia fuera a la posición del agarre (figura 3.13b).

Obsérvese que los codos de este nadador están flexionados y que sus brazos, antebrazos y palmas están mirando hacia atrás cuando se realiza el agarre. Los nadadores deben pararse un instante en la posición del agarre para asegurarse de que los brazos estén correctamente orientados hacia atrás.

Entonces deben aducir los brazos rápida y fuertemente hacia fuera, hacia atrás y hacia dentro hasta que la parte superior del brazo esté al lado de las costillas y las manos estén por debajo del cuerpo (figura 3.13c). Después de completar la fase propulsora del tirón, deben realizar el recobro suavemente desplazando los brazos hacia delante por debajo del agua y repetir la secuencia hasta que hayan recorrido la distancia requerida. Los nadadores pueden respirar como lo harían nadando a braza, o pueden utilizar patrones de respiración restringida si prefieren observar los brazos durante algunas brazadas.

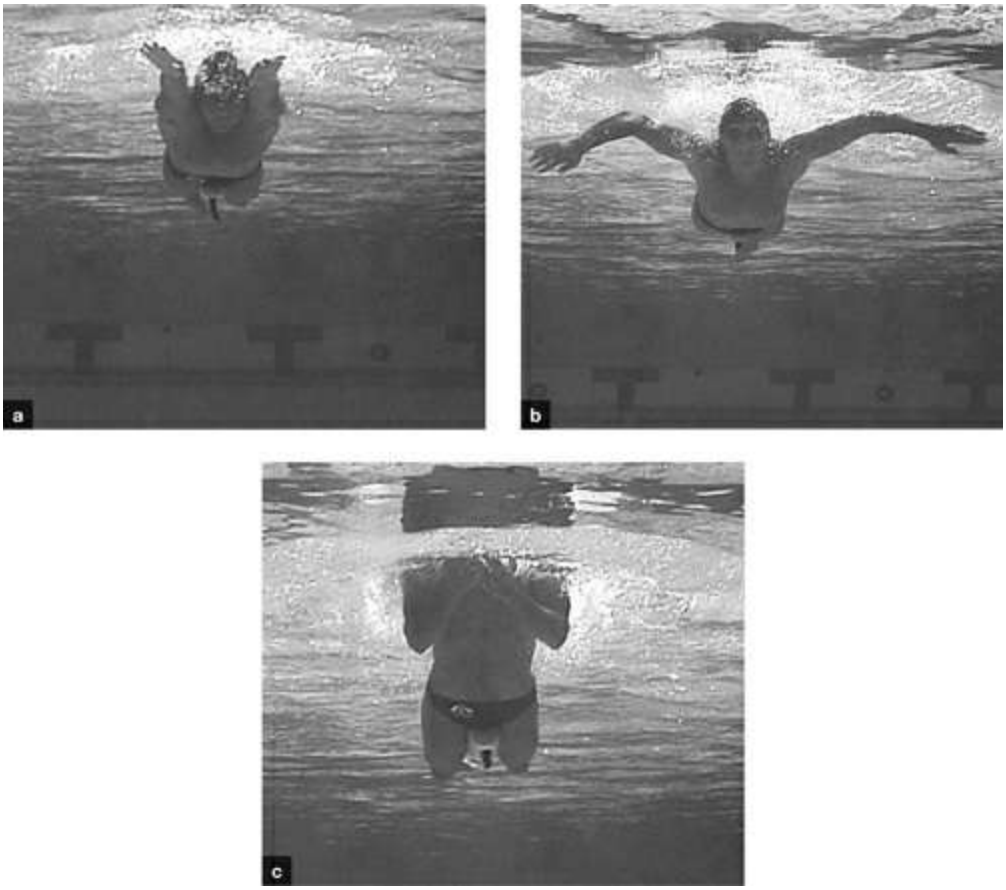


Figura 3.13. El ejercicio de braza exagerada. Se ve al nadador al final del recobro (a), en la posición del agarre (b) y al completar el movimiento hacia dentro (c).

El ejercicio para el movimiento hacia arriba

Como implica su nombre, este ejercicio se utiliza para enseñar el movimiento hacia arriba en el estilo libre y mariposa. Las dos fotos de la figura 3.14 muestran a un nadador al principio y al final de los movimientos de brazos utilizados en este ejercicio.

Flotando boca abajo en el agua, los nadadores empiezan desde la posición final del movimiento hacia dentro: con los brazos flexionados

aproximadamente 90º y hacia atrás contra las costillas con las manos juntas por debajo del cuerpo (figura 13.14a). Desde esta posición, empujan hacia atrás contra el agua, con las palmas y los antebrazos de ambos brazos simultáneamente, desplazándolos hacia fuera y hacia arriba en dirección a la superficie. Los nadadores deben hacer esto sin extender mucho los brazos. El movimiento hacia arriba termina cuando ya no se puede mantener la orientación de los antebrazos hacia atrás. Esto ocurrirá cuando las manos se acerquen a la parte anterior de los muslos (figura 3.14b). En este momento, deben dejar de empujar contra el agua, girar las palmas hacia los muslos, y deslizar las manos hacia delante, con el pulgar primero, hasta colocarse en la posición inicial. Los nadadores pueden respirar durante este ejercicio como harían si nadasen a mariposa.

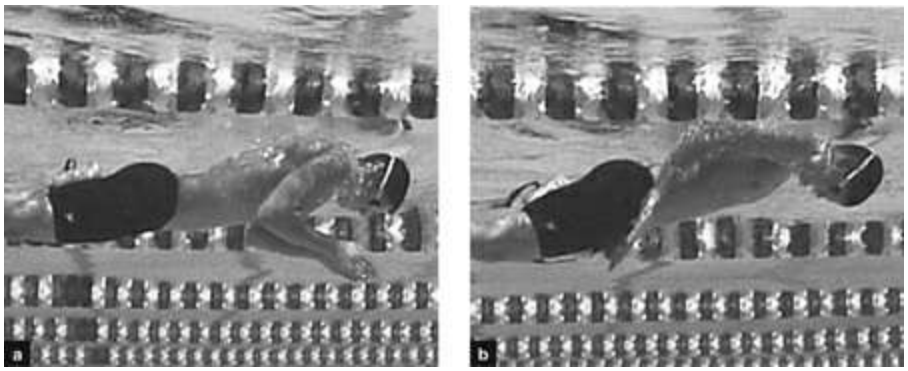


Figura 3.14. El ejercicio para el movimiento hacia arriba. La foto (a) muestra la posición inicial, desde la que el nadador empuja hacia atrás contra el agua con las palmas y los antebrazos, desplazándolos hacia fuera y hacia arriba en dirección a la superficie hasta la posición final mostrada en la foto (b).

La propulsión de las piernas

Desde 1960 hasta 1980 los expertos no creían que las piernas añadieran mucho a la propulsión en tres de los cuatro estilos competitivos. Con la

excepción de braza, se creía generalmente que el mantenimiento de una alineación horizontal y lateral era la función principal del batido. Creo que hoy en día, se acepta normalmente que, además de ayudar a mantener la alineación, las piernas también son capaces de contribuir significativamente a la fuerza propulsora en todos los estilos competitivos. Sin embargo, la propulsión del batido exige un alto precio, porque, comparada con la de la brazada, la de las piernas requiere un mayor gasto energético para producir fuerza propulsora. Por esta razón, los nadadores de fondo de estilo libre a menudo escogen ahorrar energía durante las primeras fases de la prueba reduciendo el esfuerzo del batido. Los nadadores en las pruebas de 200 m estilo libre, espalda y mariposa también reducen los esfuerzos en el batido un poco en la primera parte de la carrera por la misma razón. Como el caso de la brazada, existen cuatro movimientos básicos de batido que los nadadores utilizan en los estilos de competición.

Los cuatro movimientos básicos de batido

Los movimientos de las piernas de los nadadores en el batido del estilo libre y espalda y en el batido de delfín de mariposa son muy similares en la forma en que generan la fuerza propulsora. Los nadadores utilizan dos movimientos básicos de las piernas, un *movimiento ascendente* y un *movimiento descendente*, en cada uno de los tres estilos. El *movimiento descendente* es la fase propulsora del batido de estilo libre y delfín. El *movimiento ascendente* es la fase propulsora del batido de espalda. En braza, los movimientos de las piernas se describen mejor como un *movimiento hacia fuera* y un *movimiento hacia dentro*. Permíteme describir cómo funciona cada uno de estos movimientos de las piernas en las siguientes secciones.

Los cuatro movimientos básicos de las piernas utilizados por los nadadores

- **El movimiento descendente.** La fase propulsora del batido de

estilo libre y delfín.

- **El movimiento ascendente.** El movimiento de recobro del batido de estilo libre y delfín.

- **El movimiento hacia fuera.** El primer movimiento hacia fuera de las piernas del nadador de braza.

- **El movimiento hacia dentro.** El movimiento circular de las piernas en el batido de braza.

El movimiento descendente

La figura 3.15 muestra cómo el movimiento descendente del batido de delfín puede propulsar al nadador hacia delante. La pequeña flecha negra, que indica la dirección del movimiento, muestra que los pies se desplazan hacia abajo y ligeramente hacia atrás durante la primera parte del movimiento descendente. Las piernas se flexionan durante la primera mitad y luego se extienden durante la segunda mitad del movimiento. El movimiento descendente termina con las piernas completamente extendidas y con los pies justo debajo del tronco. Estos mecanismos del batido de delfín deben ser igualmente efectivos durante el movimiento descendente del estilo libre.

Figura 3.15. La propulsión durante el batido de delfín.

Las flechas grandes detrás de las piernas del nadador indican cómo los nadadores pueden empujar hacia atrás contra el agua con los pies y las piernas mientras los desplazan hacia abajo y hacia atrás durante la primera mitad del movimiento descendente. Sin embargo, las piernas perderán su inclinación y dirección hacia atrás al acercarse a la extensión, por lo que el efecto principal durante la segunda mitad del movimiento descendente es un empuje hacia abajo contra el agua. Este empuje hacia abajo probablemente no es propulsor en el batido de estilo libre. Su función principal es probablemente mantener las caderas en la superficie del agua. Sin embargo, la segunda mitad del movimiento descendente puede ser propulsora en el batido de delfín. Puede producir una ondulación corporal inversa que propulsa al nadador hacia delante. Explicaré esto con más detalle en el capítulo 5.

Los pies propulsarán a los nadadores hacia delante más eficazmente durante la primera mitad del movimiento descendente si tienen una buena flexión plantar. El dibujo de la figura 3.16a muestra por qué la habilidad para extender los tobillos (con los dedos en punta) con un largo recorrido es una ventaja en el batido de estilo libre y de delfín. El nadador representado en esta figura puede mantener una orientación hacia atrás con los pies durante una mayor parte del movimiento descendente a causa de su habilidad para extender los pies desde los tobillos más de lo normal. Por consiguiente, debe poder generar fuerza propulsora durante una mayor parte del movimiento descendente.

En cambio, el nadador ilustrado en la figura 3.16b tiene menos habilidad para extender sus pies desde los tobillos. Por consiguiente sus pies pierden muy pronto la orientación hacia atrás en el movimiento descendente. Dado que están mirando hacia abajo, los pies no aumentarán la propulsión, sin embargo, sí ayudarán a las piernas a mantener las caderas en la superficie del agua.

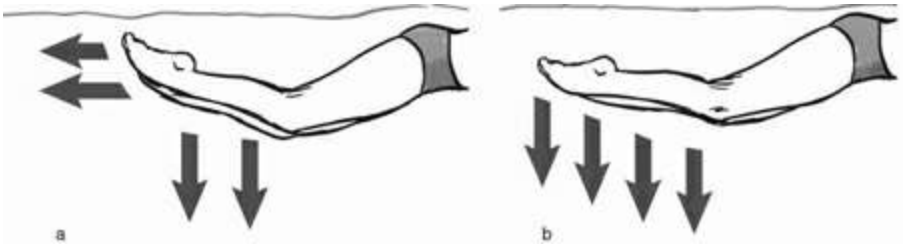


Figura 3.16. La importancia de la extensión del tobillo para el batido.

El movimiento ascendente

Los movimientos ascendentes del batido de estilo libre y de delfín probablemente no son propulsores. El dibujo de la figura 3.17 ilustra por qué. Muestra a un nadador de mariposa completando el movimiento ascendente del batido de delfín.

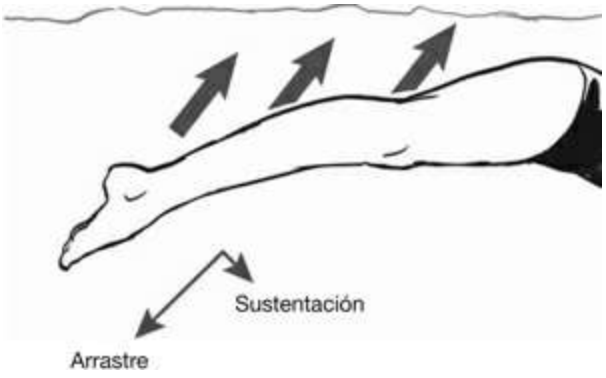


Figura 3.17. El movimiento ascendente del batido de delfín.

Las trayectorias del batido conseguidas de películas de los nadadores de nivel mundial a la velocidad de competición muestran que sus pies se desplazan hacia arriba y hacia delante durante el movimiento ascendente en

mariposa y hacia arriba, hacia delante y lateralmente en el estilo libre. Los movimientos de las piernas en estas direcciones realmente deberían inhibir en lugar de aumentar la fuerza propulsora a causa de las fuerzas contrarias que producen en direcciones hacia abajo, hacia atrás y lateralmente. El diagrama de los vectores en la figura 3.17 muestra que la dirección hacia arriba y hacia delante de las piernas durante el movimiento ascendente del batido de delfín produciría una gran fuerza de arrastre hacia abajo y hacia atrás. La cantidad de fuerza de sustentación, si la produjeran las piernas, sería pequeña y estaría dirigida hacia abajo y hacia delante, y cualquier combinación de estas dos fuerzas estaría dirigida en una dirección que tendería a arrastrar el cuerpo hacia abajo.

Al contrario de la creencia popular, la función principal del movimiento ascendente en estos dos estilos es probablemente situar las piernas para que puedan proporcionar la fuerza propulsora durante el próximo movimiento descendente. Por esta razón se debe realizar el movimiento ascendente de forma suave de manera que las piernas empujen hacia arriba contra el agua con el mínimo de fuerza posible. La fuerza de la extensión de las piernas en el movimiento descendente anterior debería utilizarse para rebotar las piernas hacia arriba de manera que se requerirá muy poca fuerza muscular para realizar el movimiento ascendente. Esta acción debe ser ayudada por la extensión de la articulación de la cadera, pero sólo con suficiente fuerza para mantener las piernas desplazándose en una dirección ascendente. Los pies deben colgar sueltos de los tobillos en una posición natural a medio camino entre extensión y flexión para que permanezcan con un pequeño ángulo de ataque al agua en relación con su dirección hacia arriba y hacia delante.

El agua que presiona hacia abajo sobre las piernas mientras se desplazan hacia arriba las mantendrá en una posición extendida. Los nadadores no deben esforzarse en contra de la presión del agua flexionando las piernas al desplazarlas hacia arriba. Flexionar las rodillas durante el movimiento ascendente sólo aumentará el avance de las piernas, y la fuerza contraria hacia atrás retardará la propulsión aún más.

Aunque no sea propulsor, el movimiento ascendente probablemente sirve para tres objetivos importantes:

1. En el estilo libre, estabiliza el tronco, evitando que sea alterada su alineación horizontal y lateral por las acciones opuestas de la brazada.
2. En el estilo libre y mariposa, mejora la hidrodinámica, llevando las piernas hacia arriba alineadas con el cuerpo durante las fases más propulsoras de los ciclos de brazada.
3. En ambos estilos, lleva las piernas hacia arriba y a la posición requerida para el próximo movimiento descendente.

A menudo se enseña el movimiento ascendente de forma incorrecta. Se enseña a los nadadores a elevar las piernas hacia la superficie, una acción que ejerce un efecto muy negativo sobre la propulsión. El movimiento ascendente debe ser un movimiento ascendente muy corto de las piernas. Sólo deben desplazarse hacia arriba desde el punto más profundo del anterior movimiento descendente hasta que estén, con los pies, alineadas con el cuerpo. El próximo movimiento descendente debe empezar en este momento con una ligera flexión de las piernas en la cadera y una presión hacia abajo con los muslos. Cuando empieza el movimiento descendente, la presión hacia arriba del agua debajo de las piernas empujará la parte inferior relajada de las mismas hacia arriba, dando la impresión de que el movimiento ascendente precedente está todavía realizándose. Sin embargo, no es así. La flexión de la rodilla y el movimiento hacia arriba de la parte inferior de las piernas es un movimiento pasivo causado por la presión hacia arriba del agua que está debajo de las piernas cuando empieza el movimiento descendente. Por lo tanto, aunque la flexión de la parte inferior de las piernas hará que los pies se desplacen hacia arriba a la superficie o un poco por encima de ella, la última parte del movimiento ascendente es realmente parte del próximo movimiento descendente.

El error más común de los que no realizan un buen batido es que flexionan las rodillas durante el movimiento ascendente. Muy pocos realizan un movimiento descendente de forma incorrecta. Utilizan un esfuerzo muscular para flexionar las rodillas durante el movimiento ascendente, lo que aumenta la fuerza de las piernas hacia arriba e invariablemente causa que los nadadores empujen la cara inferior de la pierna hacia delante contra el agua.

Esto empujará las caderas hacia abajo en el agua y reducirá la velocidad de avance.

El batido de espalda. Dado que los nadadores están en una posición supina, el movimiento ascendente del batido de espalda es la fase propulsora del batido y el movimiento descendente probablemente no es propulsor. Se debe realizar el movimiento descendente con la pierna estirada, dejando que la presión del agua por debajo de la pierna la mantenga extendida mientras se desplaza hacia abajo. El movimiento ascendente debe empezar al pasar la pierna por debajo del cuerpo. En este momento el nadador debe empezar a desplazar la pierna hacia arriba flexionando ligeramente la cadera. Al hacerlo, el agua que presiona hacia abajo desde arriba flexionará la pierna preparándola para la extensión final. Parecerá que el nadador está todavía realizando el batido hacia abajo mientras que flexiona la rodilla, pero de hecho ya estará realizando el principio del movimiento ascendente. El dibujo de la figura 3.18 muestra cómo la propulsión probablemente se produce durante el movimiento ascendente del batido de espalda.

Una vez que empieza el movimiento ascendente, los nadadores extenderán la parte inferior de la pierna hacia arriba y lateralmente con una fuerza y rapidez considerables. Esta extensión de la pierna empieza con la rodilla flexionada y el pie extendido hacia abajo y hacia dentro (la punta de los dedos hacia dentro), y termina con la pierna extendida justo por debajo de la superficie del agua. La parte inferior de la pierna y el tobillo están mirando hacia atrás y desplazándose un poco hacia atrás durante la primera parte del movimiento ascendente, lo que permite a los nadadores empujar hacia atrás contra el agua durante esta fase. Por lo tanto, la primera parte del movimiento ascendente es probablemente la fase propulsora. La parte final del movimiento ascendente, sin embargo, probablemente no es propulsora. La pierna y el pie estarán empujando el agua hacia arriba y lateralmente. Por consiguiente, esa parte del batido probablemente ayuda a mantener la alineación lateral estabilizando el torso. Al igual que el batido de estilo libre y de delfín, la habilidad para extender los tobillos en un amplio recorrido aumentará la distancia durante la cual los nadadores pueden empujar hacia atrás contra el agua durante el movimiento ascendente.

El movimiento descendente del batido de espalda probablemente no es

propulsor porque la pierna se desplaza hacia abajo y hacia delante, no hacia atrás, durante esta fase. Los movimientos descendentes deben realizarse suavemente con un esfuerzo muscular mínimo, permitiendo que el agua que empuja hacia arriba desde debajo de la pierna la mantenga en una posición extendida hasta el principio del próximo movimiento ascendente. El movimiento descendente debe terminar justo al pasar la pierna y el pie hacia abajo por debajo del tronco.

Figura 3.18. La propulsión durante el movimiento ascendente del batido de espalda.

El movimiento hacia fuera

En la patada de braza, la propulsión se produce probablemente cuando los nadadores extienden las piernas y empujan el agua hacia atrás con las plantas de los pies. Sin embargo, los pies no empujan directamente hacia atrás, sino que se desplazan con una trayectoria circular: hacia fuera, hacia atrás y ligeramente hacia abajo. El dibujo de la figura 3.19 muestra las vistas lateral y frontal del movimiento de los pies durante la patada de braza.

Una vez realizado el recobro hacia delante, el primer *movimiento hacia fuera* de las piernas no es propulsor. Su función es colocar los pies en la posición del agarre en la que pueden empujar hacia atrás contra el agua. Los humanos tienen una habilidad limitada para “aplanar los pies”. Por lo tanto, los bracistas deben deslizarlos por fuera de la línea de la cadera para colocar las plantas mirando hacia atrás antes de empezar a aplicar la fuerza

propulsora. El movimiento hacia fuera empieza al final del recobro de las piernas y termina en la posición del agarre, en este caso, cuando los pies están orientados hacia atrás y empiezan a aplicar la fuerza propulsora empujando hacia atrás contra el agua. El agarre se realiza cuando las plantas de los pies miran hacia atrás. Los nadadores con una buena habilidad para la dorsiflexión (la habilidad para “aplanar los pies”) podrán alcanzar antes la posición del agarre con los pies. Por consiguiente, la fase propulsora de sus patadas, el movimiento hacia dentro, será más larga. En cambio, los nadadores con menos habilidad para la dorsiflexión tendrán que desplazar los pies hacia fuera y hacia atrás una mayor distancia antes de que estén mirando hacia atrás, y esto acortará la fase propulsora de la patada.

El movimiento hacia dentro

Una vez alcanzada la posición del agarre, los nadadores de braza empujan hacia atrás contra el agua con las plantas de los pies al realizar un movimiento circular tridimensional en el que los pies se desplazan hacia fuera, hacia abajo, hacia atrás y hacia dentro mientras estiran las rodillas.

La propulsión está probablemente dominada por el arrastre durante el movimiento hacia dentro de la patada de braza, de igual manera que en la fase propulsora de la brazada. Por lo tanto, la primera prioridad de los nadadores debe ser empujar hacia atrás contra el agua con las plantas de los pies durante el movimiento circular. Como se ve en la vista lateral de la trayectoria en la figura 3.19, los pies del nadador se desplazan ligeramente hacia abajo en la primera parte del movimiento hacia dentro. Esto es para alinear los pies con el cuerpo, cuando pueden aplicar la fuerza propulsora más eficazmente.

La trayectoria de la patada en la figura 3.19 hace parecer que las piernas están empujando hacia abajo más de lo que hacen en la realidad durante el movimiento hacia dentro de la patada de braza porque las trayectorias de los batidos se dibujan a partir de los movimientos del dedo gordo. Los pies y los dedos de los pies empiezan por encima de las caderas cuando comienza el

movimiento hacia dentro. Sin embargo, durante éste, los pies rotan hacia abajo de manera que los dedos terminan siendo la parte más baja del cuerpo al final del movimiento hacia dentro. Esta rotación de los dedos hacia abajo da la impresión falsa de que los pies se hayan desplazado más hacia abajo de lo que realmente lo han hecho durante dicho movimiento hacia dentro.

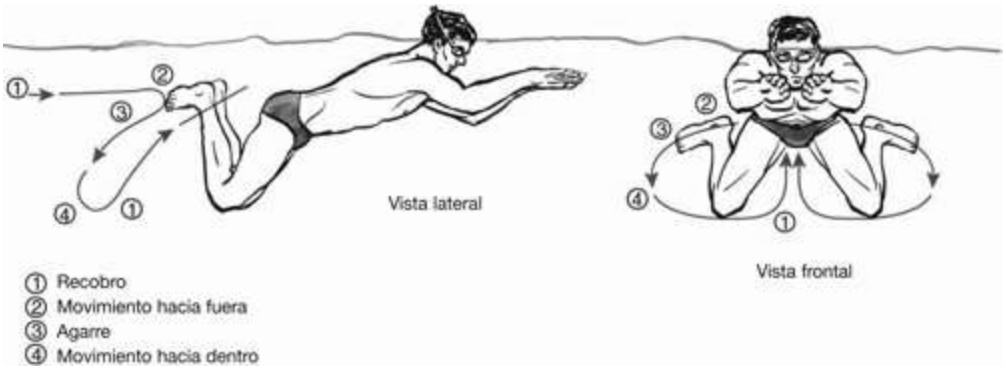


Figura 3.19. Vistas lateral y frontal de la trayectoria de la patada de braza.

Propulsión por la ola

Sabemos desde hace tiempo que existe una tercera fase propulsora en braza que no tiene que ver con la propulsión de los brazos ni de las piernas. De hecho, tiene lugar durante el tiempo en que los brazos y las piernas están realizando el recobro hacia delante. La teoría es que esta propulsión es causada por la acción de la ola de agua que fluye alrededor de los nadadores al descender su velocidad durante el recobro de los miembros. Se ilustra la propulsión por la ola en braza en la figura 3.20.

Mason, Tong y Richards (1992) han encontrado una fase propulsora similar durante el recobro de los brazos y las piernas en mariposa que parece también ser causada por la acción de la ola. Existe un corto período de

desaceleración que ocurre justo después de que los nadadores completen el movimiento hacia arriba de la brazada y el movimiento descendente de la segunda patada. Durante este período, la acción de la ola de agua les hace acelerar hacia delante durante la primera mitad del recobro de los brazos. También he observado los efectos de la acción de la ola en los nadadores de mariposa, tanto con los valores de la velocidad de avance del centro de masas como con los medidos por un velocímetro. Un ejemplo de la propulsión por la ola se ilustra en la figura 3.21.

La propulsión por la ola parece ser causada por una ola de agua que acelera hacia delante pasando a los nadadores justo después de que desaceleren rápidamente. Obsérvese en las figuras 3.20 y 3.21 que el impulso hacia delante atribuido a la propulsión por la ola siempre se ve precedido por un período corto y muy rápido de desaceleración después de terminar las fases propulsoras de la brazada. La propulsión por la ola probablemente funciona de esta forma. Cuando los nadadores aceleran hacia delante, arrastran algo de agua con ellos. Luego, cuando desaceleran repentinamente, una parte de esta agua fluye hacia delante pasándolos de forma similar a una ola. Este impulso acelera su cuerpo hacia delante durante un corto período de tiempo.

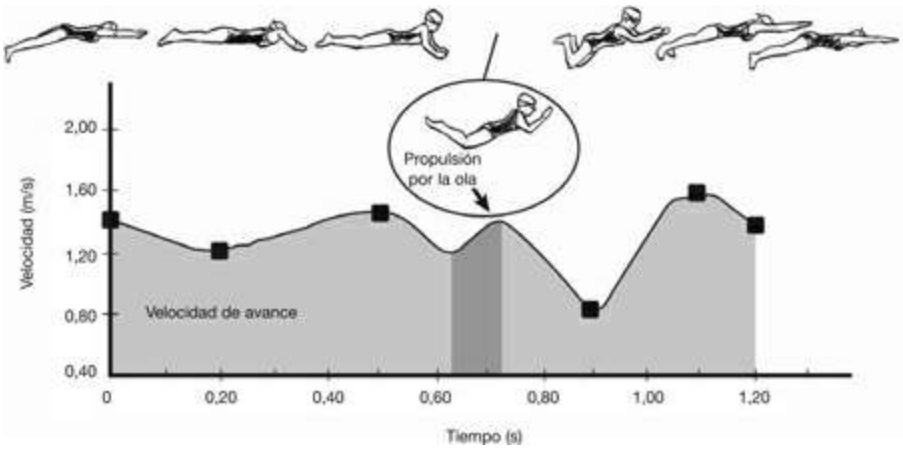


Figura 3.20. Un patrón de la velocidad del centro de masas de la tercera fase propulsora en braza durante el recobro de los brazos y las piernas.

Adaptada de Mason, Tong y Richards, 1992.

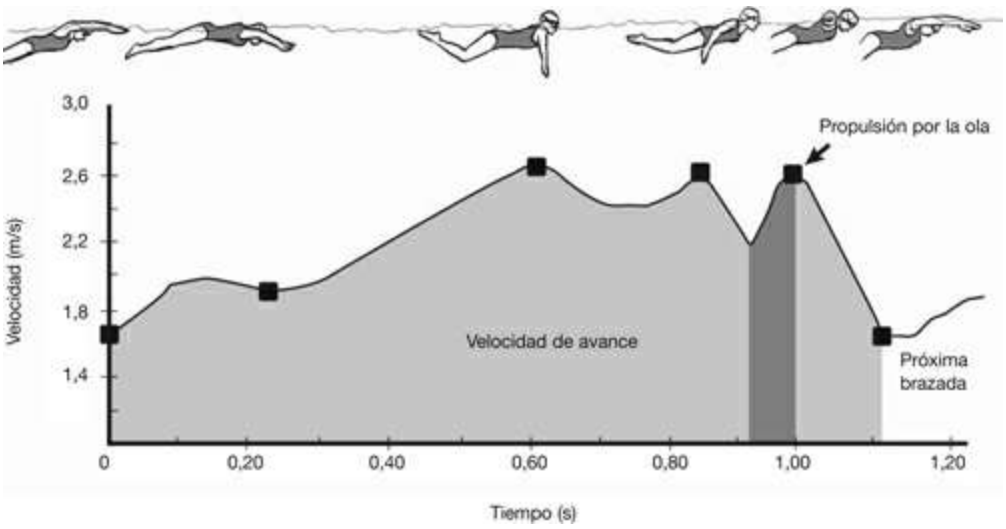


Figura 3.21. Un patrón de velocidad de mariposa mostrando la propulsión por la ola durante el recobro de los brazos y las piernas.

La propulsión por la ola es un ejemplo clásico de la transferencia del momento. Los nadadores primero transfieren el momento al agua arrastrándola hacia delante. Luego, cuando desaceleran, algo de este momento se transfiere de vuelta del agua a los nadadores, acelerándolos hacia delante. Los nadadores deben utilizar la propulsión por la ola al máximo porque, de hecho, es una propulsión gratuita. Es decir, los nadadores no tienen que ejercer ningún esfuerzo muscular para acelerar el cuerpo hacia delante.

Los nadadores pueden maximizar los efectos de la propulsión por la ola adoptando una posición hidrodinámica durante el tiempo que dura. Una mala hidrodinámica aumentará el arrastre por forma y por interferencia, que a su vez reducirá la longitud y la velocidad del impulso hacia delante proporcionado por las olas. En cambio, una buena hidrodinámica aumentará la velocidad y la longitud de este impulso propulsor. En la figura 3.22, obsérvese que las piernas del nadador de braza están inclinadas hacia atrás al principio del recobro. El hecho de que estén colocadas de esta forma reducirá el arrastre por forma y debe aumentar la cantidad de propulsión que recibe por la acción de la ola. En cambio, los nadadores de braza que empujan las

piernas hacia abajo y hacia delante contra el agua durante el recobro crearán una cantidad significativa de arrastre por empuje que reducirá, o quizás eliminará, la propulsión por la ola durante esta fase.

Los nadadores de mariposa deben elevar las piernas alineadas con el cuerpo y mantener las caderas en la superficie durante el recobro de los brazos, si no un aumento del arrastre por forma reducirá la cantidad de propulsión por la ola que reciben. Cualquier inclinación hacia abajo, desde la cabeza hasta los pies, aumentará el arrastre por forma y reducirá la propulsión por la ola en este momento.

Los nadadores de mariposa, y posiblemente estilo libre y espalda, deben dejar de empujar hacia atrás contra el agua en el momento apropiado durante la terminación de la brazada subacuática si esperan recibir un impulso de propulsión hacia delante por las acciones de las olas. Si los brazos siguen empujando hacia la superficie cuando ya no están orientados hacia atrás, la velocidad de avance disminuirá durante la brazada subacuática y el agua que empuja contra el cuerpo tendrá tiempo para ajustarse a esta reducción de la velocidad antes de que los brazos empiecen a realizar el recobro hacia delante. Por consiguiente, los efectos de la propulsión por la ola serán amortiguados por el arrastre resistivo creado por empujar el agua hacia arriba con los brazos al final de la brazada subacuática, y el efecto se habrá disipado para cuando las manos salgan del agua.

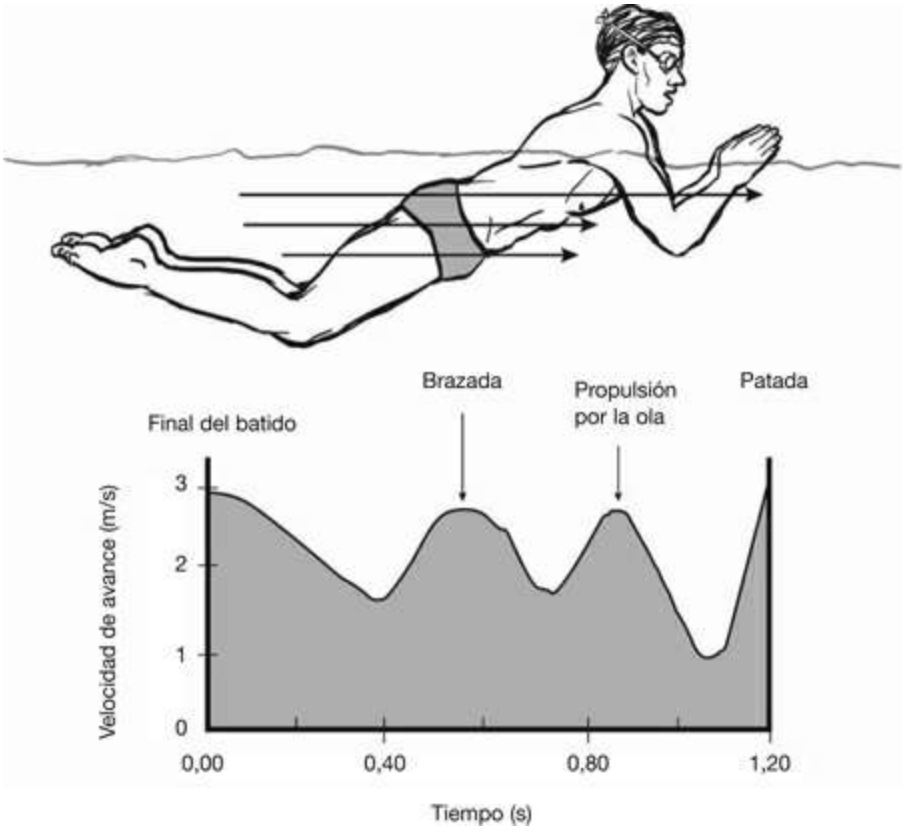


Figura 3.22. Un ejemplo de la propulsión por la ola en braza.

La ondulación corporal

Durante un tiempo pensé que la ondulación corporal contribuía a la propulsión. Hoy en día no estoy tan seguro. Ya no creo que los nadadores que avanzan por el agua puedan desplazar el agua hacia atrás con suficiente fuerza como para acelerar el cuerpo hacia delante. Sin embargo, puede haber algo en el efecto de la gravedad arrastrando el cuerpo hacia abajo y hacia delante después de que las caderas hayan llegado a su pico que podría mantener o aumentar la propulsión durante un corto período de tiempo. En

este contexto, Van Tilborgh, Willens y Persyn (1988) han presentado mayores impulsos propulsores para un bracista utilizando el estilo ondulatorio con batido de delfín que para otros ocho sujetos que no utilizaban el estilo delfín. Sanders (1996) también presentó valores significativos de ondulación en los bracistas de nivel nacional de Nueva Zelanda.

Con respecto a mariposa, Sanders, Cappaert y Devlin (1995) sugirieron que “la energía acumulada levantando la parte superior del cuerpo se reutilizaba para ayudar a la propulsión o reducir el arrastre” al descender el cuerpo en el agua. Según estos investigadores, cuando los nadadores de mariposa levantan la cabeza y los hombros fuera del agua durante la brazada, establecen una situación en la que los movimientos posteriores de esas partes del cuerpo hacia abajo en el agua producen una suma de fuerzas parecida a una ola que origina más fuerza en el movimiento descendente del batido de delfín. Estos investigadores han descrito esta forma de propulsión como la *ondulación corporal*. Ésta no debe confundirse con la propulsión por la ola. La primera es causada por los movimientos ondulatorios del cuerpo, mientras que la última implica la propulsión que se debe a la acción de las olas en el agua.

La nadadora de la figura 3.23 inicia la ondulación corporal dejando caer la cabeza justo antes de que las manos entren en el agua. Sigue un movimiento hacia abajo con los hombros, la elevación de las caderas y finalmente la extensión de las piernas durante el movimiento descendente del primer batido de delfín. Como se indica, puede que la naturaleza secuencial de estos movimientos ondulatorios cree una ondulación corporal o una suma de fuerzas que se desplaza hacia atrás desde la cabeza a los pies, causando una cantidad adicional de fuerza propulsora durante el movimiento descendente del primer batido de delfín.

Figura 3.23. La ondulación corporal en la natación.

La ondulación corporal es un concepto difícil de visualizar, e incluso aún más difícil de aceptar. No obstante, puede estar funcionando aquí. Las observaciones de los nadadores de mariposa ciertamente muestran que el movimiento hacia abajo de brazos, cabeza y hombros precede la ondulación hacia arriba de las caderas, que también precede la extensión principal hacia abajo de las piernas. Por consiguiente, puede que los nadadores de mariposa, y quizá braza, utilicen realmente la ondulación secuencial de las partes de su cuerpo para intensificar la propulsión. Sin embargo, no se debe olvidar que el efecto de la gravedad también puede desempeñar un papel para intensificar la propulsión. Después de que los nadadores de mariposa y braza hayan levantado la cabeza y los hombros por encima del agua para respirar, el efecto de la gravedad puede acelerar su reentrada en el agua. Ésta, a su vez, puede arrastrar las caderas y los muslos hacia arriba y hacia delante, simultáneamente acelerando o manteniendo su velocidad de avance.

La ondulación corporal inversa

Mencioné anteriormente en este capítulo que la parte final descendente del movimiento hacia abajo del batido de delfín puede ser un mecanismo propulsor. Lo llamé la *ondulación corporal inversa* sólo porque el término *ondulación corporal* ya había sido utilizado por Sanders y sus colaboradores. La ondulación corporal inversa puede funcionar de la manera ilustrada en la figura 3.24.

Cuando los nadadores de mariposa realizan el batido hacia abajo, la fuerza descendente de las piernas elevará las caderas hacia arriba y hacia delante por encima del agua. Al pasar las caderas por encima del pico de su ondulación hacia arriba y empezar a descender, la fuerza descendente tendrá normalmente el efecto de empujar la cabeza y los hombros hacia abajo en el agua. Sin embargo, si los nadadores estiran los brazos hacia delante y levantan la cabeza y el tronco hacia una posición horizontal, la fuerza descendente de las caderas debería empujar el cuerpo hacia delante en la dirección del movimiento de las manos y el tronco. Por supuesto, esto es exactamente lo que hacen los buenos nadadores de mariposa durante esta fase

de la brazada. Un punto clave en la sincronización de su brazada es empezar a deslizar las manos hacia fuera y ligeramente hacia arriba, y mirar hacia arriba justo cuando las caderas pasan por el pico de su ondulación ascendente y empiezan a descender. Los nadadores de braza que utilizan el estilo ondulatorio también deslizan las manos y los brazos hacia fuera y miran hacia arriba precisamente al pasar las caderas por el pico de su ondulación y empezar a bajar.

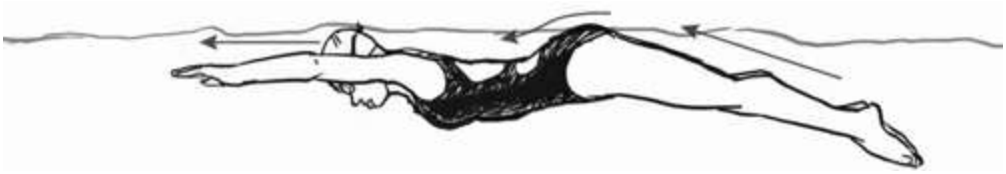


Figura 3.24. La ondulación corporal inversa.

El efecto posible de la gravedad en la propulsión en este momento tampoco debería ignorarse. Después de que los nadadores de mariposa y braza hayan elevado la cabeza y los hombros fuera del agua para respirar, el efecto de la gravedad puede acelerar la caída de dichas partes del cuerpo al agua. Esto, a su vez, puede arrastrar las caderas y los muslos hacia arriba y hacia delante, simultáneamente acelerándolos.

Directrices para la natación efectiva en los cuatro estilos de competición

Gran parte del material presentado en este capítulo ha sido teórico y altamente técnico. Para que sea útil a los nadadores y entrenadores, debe ser resumido y explicado en términos sencillos que se apliquen a la natación competitiva. Se presenta a continuación una lista de afirmaciones fundamentales que se relacionan con la reducción de la resistencia del agua y

el incremento de la fuerza propulsora.

Pautas fundamentales para reducir el arrastre resistivo

• *Mantener la alineación lateral en el estilo libre y espalda mediante la rotación del cuerpo alrededor de su eje longitudinal en sincronización con los movimientos ascendentes y descendentes de los brazos*. El cuerpo entero debe rotar, desde la cabeza hasta los dedos de los pies, como una sola unidad. No se debe nunca tratar de mantener una parte –por ejemplo, las caderas o las piernas– en una posición plana mientras que los brazos y los hombros se desplazan hacia arriba y hacia abajo.

• *Para reducir el arrastre por forma, mantener la cabeza alineada con el tronco siempre que sea posible.* El único momento en que la cabeza no debe estar alineada es cuando se eleva fuera del agua para respirar en mariposa y braza. La cabeza debe permanecer alineada con el tronco cuando se rota hacia el lado para respirar en el estilo libre.

• *Mantener la alineación horizontal nadando a través del agua y no por encima de ella.* Cualquier esfuerzo para elevar la cabeza y los hombros por encima del agua sólo aumentará el arrastre por forma y por la ola. Las excepciones son mariposa y braza, en las que los nadadores deben elevar la cabeza y los hombros fuera del agua para respirar. Sin embargo, incluso los nadadores de estos estilos deben mantener una posición horizontal del cuerpo durante las fases propulsoras de la brazada y del batido, por lo menos todo cuanto sea posible.

• *La ondulación del cuerpo es esencial para la propulsión en mariposa y, en menor grado, braza, pero no debe ser excesiva.* Los nadadores deben elevar la cabeza y los hombros fuera del agua suficientemente como para reducir el

arrastre resistivo durante la respiración y, en el caso de mariposa, para permitir el recobro de los brazos sin arrastrarlos hacia delante. La ondulación debe tener lugar desde la superficie o justo debajo de ella hasta una posición por encima de ella donde se realiza la respiración. Los nadadores no deben empujar el cuerpo debajo del agua simplemente para aumentar la amplitud de la ondulación. Un empuje excesivo del cuerpo hacia abajo sólo aumentará el arrastre por forma.

• *Todos los movimientos de entrada y recobro de los brazos y las piernas deben ser "suaves" y fluidos para reducir el arrastre por empuje.* Siempre que sea posible, mantener los miembros dentro del área de sección del cuerpo cuando entran en el agua, y deslizarlos hacia delante por el agua con las superficies más pequeñas y afiladas, las yemas de los dedos, mirando hacia delante.

• *La primera parte de todas las brazadas subacuáticas, el movimiento hacia abajo y el movimiento hacia fuera no son propulsores. Por lo tanto, deben realizarse suave y fluidamente para minimizar el arrastre por empuje.* Desplazar los miembros con la parte más pequeña y afilada de las manos y brazos, las yemas de los dedos, por delante al deslizarlos hacia abajo o hacia fuera durante los movimientos hacia abajo y hacia fuera en los cuatro estilos.

• *No realizar un batido más profundo, alto o amplio de lo necesario para producir una cantidad óptima de fuerza propulsora*. Los batidos que son excesivamente amplios y profundos aumentarán el arrastre por empuje y pueden alterar la alineación horizontal y lateral. Desplazar las piernas demasiado hacia arriba en el batido empujará el cuerpo hacia abajo. Siempre que sea posible, mantener una amplitud óptima en los movimientos de las piernas que permita que estén dentro del área de sección del torso tanto en sentido lateral como vertical.

• *No adoptar una posición flexionada con las piernas en los batidos de estilo libre y delfín*. Las piernas sólo deben desplazarse hacia arriba hasta el nivel del cuerpo durante el movimiento ascendente del batido de estilo libre y

delfín (movimiento descendente en espalda). El resto del movimiento hacia arriba debe tener lugar en el siguiente movimiento descendente (ascendente en espalda). La flexión de las piernas en este momento puede hacer pensar que sigue realizándose el movimiento ascendente, pero la flexión debe ocurrir cuando los muslos están realmente empujando hacia abajo. En este momento, el agua por debajo de la parte inferior de la pierna relajada empujará el cuerpo hacia arriba a una posición flexionada hasta que empiecen a estirarse las rodillas. Utilizar el mínimo de esfuerzo muscular necesario para flexionar las piernas hacia delante durante el recobro de las piernas en braza.

Pautas para aumentar la fuerza propulsora

• *Esperar siempre hasta lograr una posición de agarre con el codo alto antes de aplicar una fuerza hacia atrás contra el agua.* Los nadadores principiantes tratan de aplicar fuerza cuando los brazos están mirando hacia abajo o contra el agua. Deben aprender a esperar hasta que hayan colocado la parte ventral de los brazos y las palmas de las manos para empujar hacia atrás contra el agua antes de aplicar fuerza. Los brazos y las manos deben realizar aproximadamente un tercio de la brazada subacuática antes de que el nadador empiece a empujar hacia atrás contra el agua.

• *Los brazos deben flexionarse en aproximadamente 90º cuando se realiza el agarre, y no deben extenderse ni flexionarse más de forma significativa durante las siguientes fases propulsoras de la brazada.* En otras palabras, los nadadores deben formar una pala con forma de bumerán con la parte ventral de los brazos y las manos cuando realizan el agarre, y deben empujar hacia atrás contra el agua durante toda la brazada sin cambiar apreciablemente la forma de los brazos. De esta manera, el trabajo de la propulsión hacia delante es realizado por los grandes grupos musculares aductores y extensores de los hombros y del torso en lugar de los pequeños grupos musculares que tienden a rotar los antebrazos y las manos. La única excepción a esta regla ocurre en

espalda, cuando los brazos se extienden hacia atrás y por debajo de los muslos durante la fase propulsora de la brazada.

• *Mantener la palma de la mano y la parte ventral del antebrazo alineadas como si fueran una unidad sin articulación durante las fases propulsoras de las diferentes brazadas.* La tendencia de rotar la mano hacia dentro y hacia fuera por delante del brazo en la misma dirección y la tendencia de sobreflexionar o hiperextender la muñeca durante la fase propulsora de la brazada representan dos de los errores más comunes de los nadadores. De hecho las manos rotan durante las diferentes brazadas subacuáticas, pero sólo porque miran en la dirección del movimiento de los brazos. Esta rotación no se inicia rotando la palma y dejando seguir el brazo. Los nadadores deben mantener las palmas de las manos alineadas con la parte ventral del antebrazo y permitir que la dirección del movimiento de los brazos dicte la inclinación de las manos.

• *Realizar siempre brazadas con trayectorias diagonales hacia atrás durante las fases propulsoras de las brazadas subacuáticas.* Aunque el arrastre es probablemente la fuerza propulsora dominante de la natación, empujar o tirar los brazos directamente hacia atrás por el agua no proporcionará la mayor distancia por brazada, ni la mayor velocidad de avance. La natación efectiva requiere desviaciones de la aplicación directamente hacia atrás de la fuerza por todas las razones presentadas en este capítulo y en el capítulo 1.

• *La velocidad de las manos debe acelerarse por impulsos con cada pequeño cambio de dirección, desde el momento del agarre hasta el final de cada brazada subacuática.* Las manos aceleran por impulsos durante las brazadas subacuáticas, decelerando al realizar la transición entre un movimiento al siguiente y luego acelerando hasta el siguiente punto de transición. No obstante, la velocidad de la mano acelera desde el principio al fin de las fases propulsoras. Aunque aceleran y deceleran por impulsos, las manos nunca deben llegar a su velocidad máxima hasta que estén cerca del final de la fase propulsora de una brazada subacuática particular.

• *Los esfuerzos propulsores deben cesar al acercarse las manos a las piernas en su camino hacia la superficie.* Muchos nadadores cometen el error de empujar contra el agua hasta que las manos lleguen a la superficie. Dado que los brazos estarán mirando demasiado hacia arriba después de pasar al lado de las piernas, la aplicación de fuerza en este momento no creará una propulsión adicional. En lugar de esto, empujará el cuerpo hacia abajo, decelerando así la velocidad de avance.

[1] *N. de la T.* La palabra inglesa *"sweep"* ha sido traducida a veces por la palabra española "barrido". Sin embargo la palabra barrido no tiene la acepción de "movimiento amplio curvilíneo" que tiene la palabra inglesa. Por ello en esta versión se ha preferido utilizar el término movimiento.

4

El estilo libre

El estilo libre, o crol, se ha convertido en el más rápido de los cuatro estilos de competición. Un ciclo de brazada consiste en una brazada derecha y una izquierda y un número variable de batidos de piernas. Para facilitar la descripción, se ha dividido cada brazada en cinco fases distintas: (1) la entrada y el estiramiento; (2) el movimiento hacia abajo; (3) el agarre; (4) el movimiento hacia dentro, y (5) el movimiento hacia arriba y el recobro. En lo que concierne a la relación entre las brazadas y los batidos, los nadadores utilizan diversos ritmos. El ritmo de seis tiempos es el más común, en el que se realizan seis batidos completos de pierna durante cada ciclo de brazada. Un batido completo de pierna incluye un movimiento ascendente y un movimiento descendente. Otras combinaciones comunes de batidos por ciclo de brazada son de dos tiempos, dos tiempos cruzado, cuatro tiempos y cuatro tiempos cruzado.

Los diversos aspectos del estilo libre se describirán en las secciones siguientes. Empezaré con una presentación de las trayectorias de las brazadas y de los registros de la velocidad del centro de masa, en la que proporcionaré

información sobre cómo cada parte de la brazada contribuye a la propulsión. Se describen la brazada, el batido y la sincronización entre los brazos y las piernas en la próxima sección, seguido de una descripción de la posición del cuerpo y las técnicas de respiración. Los errores comunes cometidos por los nadadores al nadar este estilo es el tema de la sección siguiente, y las últimas dos secciones tratan de ejercicios para mejorar el estilo libre y los patrones de respiración utilizados por los nadadores en varias pruebas de competición.

Las trayectorias de la brazada y los patrones de velocidad

Tradicionalmente se han elaborado las trayectorias de las brazadas trazando el movimiento del dedo corazón de los nadadores durante los movimientos subacuáticos de la brazada. También se dibujan desde dos puntos de vista: en relación con un punto fijo de la piscina y en relación con el cuerpo del nadador.

Los patrones de la velocidad de avance registran la velocidad de avance variable del centro de masa de un nadador durante un ciclo completo de brazada. Los patrones de velocidad de las manos registrados según la velocidad del dedo corazón de los nadadores durante sus brazadas subacuáticas ilustran los diversos cambios en la velocidad de la mano y su relación con la velocidad de avance. Estas velocidades son tridimensionales, en cuanto que son sumas algebraicas de los movimientos de la mano en todas las direcciones durante una fase particular de la brazada. Por ejemplo, la magnitud de la velocidad de la mano durante la última fase del movimiento hacia dentro es una combinación de las velocidades de la mano de los nadadores en las direcciones hacia dentro, hacia arriba y hacia atrás.

Las trayectorias de las brazadas

En la figura 4.1 se presentan las vistas lateral, frontal e inferior de las trayectorias de la brazada en el estilo libre. Estas trayectorias particulares son las de Tom Jager, plusmarquista mundial en 50 m libres. Se dibujaron en relación con un punto fijo de la piscina y son muy similares a las trayectorias utilizadas por la mayoría de los nadadores de estilo libre de nivel mundial. Las diferentes trayectorias muestran claramente hasta qué punto los nadadores de estilo libre utilizan movimientos diagonales de brazada para propulsarse. Los puntos numerados en las trayectorias designan los puntos donde empieza y termina cada fase de la brazada subacuática.

En la figura 4.1 la mano izquierda de Jager entra en el agua cuando su mano derecha está por debajo de su cuerpo en medio de su brazada. Desliza el brazo izquierdo hacia delante, de forma hidrodinámica justo por debajo de la superficie, mientras que completa la fase propulsora de su brazada derecha. Esta fase de la brazada izquierda ha sido denominada *la entrada y el estiramiento*. No es propulsora y debe realizarse teniendo sumo cuidado para reducir el arrastre por empuje para no comprometer la propulsión del brazo derecho. Obsérvese que el brazo de Jager se desliza hacia dentro hacia la línea media de su cuerpo, además de hacia delante. Esto ayuda a proporcionar una mejor hidrodinámica durante la entrada y el estiramiento.

Jager empieza a desplazar su mano izquierda hacia abajo en el instante en que termina la fase propulsora de su brazada derecha. Esta fase ha sido denominada el *movimiento hacia abajo*. Este movimiento tampoco es propulsor. Su misión es colocar el brazo lo bastante profundo en el agua para que las partes internas del brazo, del antebrazo y la palma de la mano puedan colocarse mirando hacia atrás, donde puedan aplicar la fuerza propulsora eficazmente. El punto donde ocurre esto se denomina el *agarre*.

Como podrás ver, el brazo de Jager también se desplaza hacia delante y ligeramente hacia fuera durante el movimiento hacia abajo. El movimiento hacia delante le permite avanzar más la mano antes de aplicar la fuerza propulsora, mejorando así su distancia por brazada. En el movimiento hacia abajo, el ligero movimiento hacia fuera le permite colocar su brazo hacia atrás para que la propulsión pueda empezar antes.

Una vez alcanzada la posición del agarre, las trayectorias de las brazadas muestran que Jager realiza un movimiento circular complejo hacia dentro para traer su mano hacia atrás y por debajo del cuerpo. Esta fase ha sido denominada el *movimiento hacia dentro*, y es la primera fase propulsora de la brazada subacuática. Empieza a empujar su brazo hacia atrás al comenzar el movimiento hacia dentro, pero sigue moviéndolo hacia fuera y hacia abajo una corta distancia antes de cambiar de dirección y desplazarlo hacia dentro y hacia arriba. Esta técnica de redondear le permite superar la inercia durante el cambio de dirección. La mano y el brazo siguen desplazándose hacia atrás, hacia dentro, y hacia arriba hasta que la mano se encuentre por debajo de su pecho.

En este momento, tiene lugar otra transición, o *redondeo*. La dirección de la mano cambia hacia fuera, hacia atrás y hacia arriba en lo que he denominado el *movimiento hacia arriba*. Este movimiento es la segunda fase propulsora de la brazada. Continúa hasta que la mano se acerca a la parte anterior del muslo, donde la dirección cambia de hacia atrás y arriba a hacia arriba y adelante. No se puede generar propulsión con la mano desplazándose hacia delante. Por consiguiente, los nadadores relajan la presión sobre el agua y deslizan la mano hacia arriba, la sacan del agua y la desplazan por encima de la superficie para colocarla en la posición de entrada para la siguiente brazada subacuática.

Los gráficos de la velocidad de avance y de la velocidad de la mano

Los gráficos de este tipo nos ayudan a comprender cuándo aplican los nadadores la fuerza propulsora durante sus brazadas subacuáticas y qué velocidades podemos esperar de sus esfuerzos propulsores.

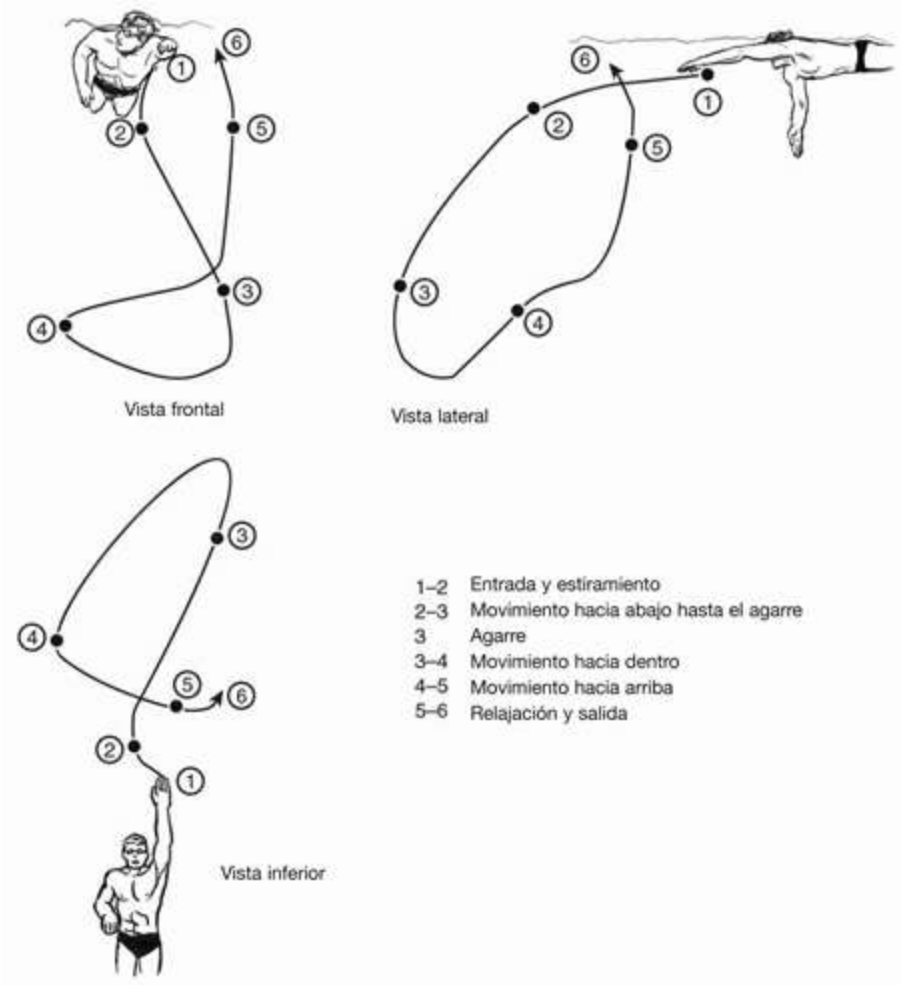


Figura 4.1. Trayectorias típicas para la brazada de estilo libre desde una vista frontal, lateral e inferior. Estas trayectorias se dibujaron a partir de datos proporcionados por Tom Jager, plusmarquista mundial de los 50 m libres.

El gráfico de la velocidad de avance

Se muestra un gráfico típico de velocidad de avance en la figura 4.2. El nadador es Francisco Sánchez, antiguo campeón universitario estadounidense en las 50 yardas estilo libre y tres veces campeón mundial en los 50 m y 100 m libres en piscina corta. Tiene un patrón de velocidad con dos picos que,

según creo, es el método más eficaz que pueden utilizar los nadadores.

El gráfico empieza cuando comienza el recobro de su brazo izquierdo y el movimiento hacia abajo de su brazo derecho. Su velocidad de avance disminuye aproximadamente 1 m/s durante el movimiento hacia abajo de su brazo derecho. Esta desaceleración es inevitable porque debe colocar su brazo en la posición del agarre antes de que pueda empezar a acelerar su cuerpo hacia delante. Cualquier tentativa de empezar antes la aplicación de la fuerza propulsora en el movimiento hacia abajo sólo causaría una mayor pérdida de velocidad. La reducción de la velocidad –aproximadamente 1 m/s que tiene lugar en 0,10 segundos– es ligeramente mayor que lo normal para nadadores de nivel mundial. Miyashita (1997) encontró reducciones de velocidad de 0,5 a 0,8 m/s en buenos nadadores de estilo libre.

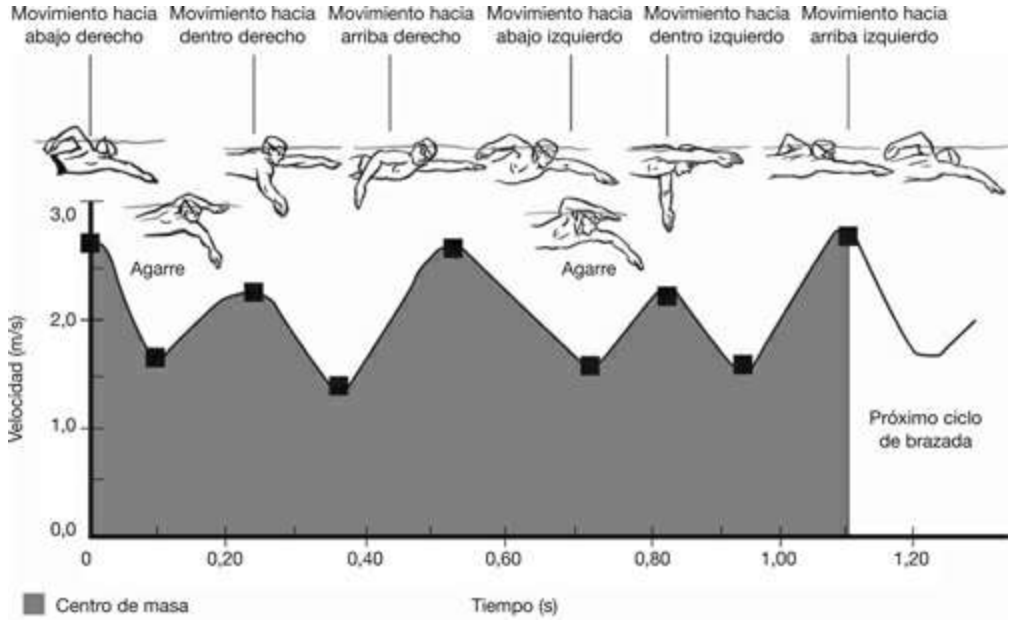


Figura 4.2. Un registro de la velocidad de avance para el estilo libre. El nadador es Francisco Sánchez, campeón mundial en piscina corta y campeón universitario estadounidense en los 50 y 100 m libres.

Sánchez empieza a acelerar su cuerpo hacia delante con su brazada derecha en el agarre y sigue haciéndolo durante la mayor parte del movimiento hacia dentro que sigue. Otra reducción normal de la velocidad de

avance ocurre durante la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba al cambiar su brazo de dirección de hacia dentro a hacia fuera. Como se ha indicado, esta desaceleración es inevitable si los nadadores quieren lograr un pico de propulsión durante el movimiento hacia arriba como el que se ilustra en la figura 4.2. Algunos nadadores utilizan una aplicación de fuerza en línea recta durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba que produce un solo pico por los dos movimientos. Se presentará este estilo propulsor *de un pico* en una sección posterior.

Sánchez relaja la presión sobre el agua con su brazo derecho cuando su cuerpo llega a su velocidad pico de avance durante el movimiento hacia arriba. El brazo izquierdo, que ya ha entrado antes en el agua, empieza entonces su movimiento hacia abajo. El patrón de la brazada izquierda es muy similar al de la derecha, pero existen unas pocas diferencias importantes. La primera es que la velocidad se reduce más y durante un tiempo mayor durante el movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. La segunda es que los picos de propulsión durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba suelen ser ligeramente más bajos y/o más cortos de duración. Evidentemente, su brazada izquierda no es tan eficaz como su derecha en cuanto a la propulsión. Una asimetría de este tipo es característica de todos los nadadores que he estudiado. El brazo izquierdo es normalmente, pero no siempre, el agente propulsor menos efectivo.

Gráficos de la velocidad de la mano

Los gráficos ilustrados en la figura 4.3 muestran los patrones de la velocidad de la mano y de avance de Carrie Steinseifer, coganadora de la medalla de oro en los 100 m libres en los Juegos Olímpicos de Vera-no de Los Ángeles celebrados en 1984.

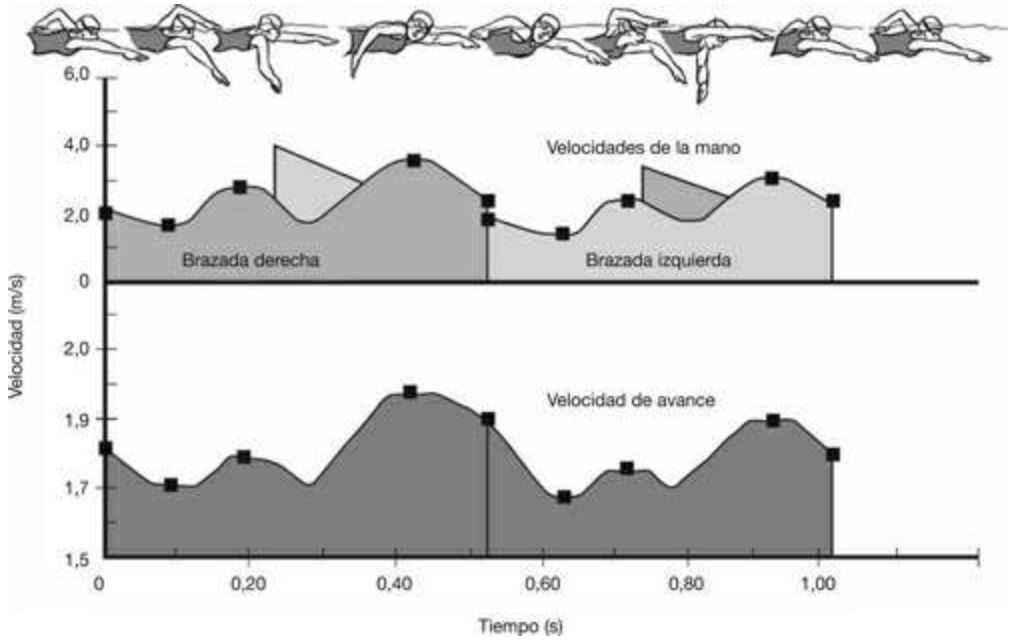


Figura 4.3. Un ejemplo de los patrones de velocidad del cuerpo y de la mano en estilo libre de Carrie Steinseifer, coganadora de los 100 m libres en los Juegos Olímpicos de 1984.

La velocidad de su mano variaba desde aproximadamente 1,8 m/s en su punto más bajo a casi 4 m/s en su pico. Obsérvese que los aumentos y reducciones de la velocidad de la mano ocurren por impulsos, que corresponden a cada una de las fases principales de su brazada: el movimiento hacia abajo, el movimiento hacia dentro, el movimiento hacia arriba y el recobro. El brazo desacelera durante cada cambio principal de dirección de una fase de la brazada a otra, y luego acelera durante la fase siguiente hasta que empieza la transición a la próxima. También se ve que estos aumentos y reducciones de la velocidad de la mano reflejan los incrementos y reducciones de la velocidad de avance.

Además de los aspectos ya mencionados, hay otros que son de interés en estos gráficos de la velocidad de la mano y de avance. El primero concierne al intervalo de tiempo que ocurre entre la entrada de la mano en el agua y el comienzo del movimiento hacia abajo. En la figura 4.3 los gráficos para la velocidad de la mano de Steinseifer muestran un intervalo de 0,20 - 0,30 s, desde el momento en que sus manos entran en el agua hasta que empieza el

movimiento hacia abajo. Esto indica que los nadadores de estilo libre no empiezan a colocar sus brazos en la posición del agarre inmediatamente después de su entrada en el agua, sino que escogen intuitivamente una posición hidrodinámica avanzada con el brazo hasta que hayan completado la fase propulsora de la brazada anterior. Entonces empiezan el movimiento hacia abajo para realizar el agarre.

Una segunda característica de los gráficos de la velocidad de la mano en la figura 4.3 que revela un aspecto técnico importante concierne a la pérdida de la velocidad de la mano durante el movimiento hacia abajo de cada brazada. Las velocidades de las manos de Steinseifer se reducen hasta que aproximan su velocidad de avance durante el movimiento hacia abajo de cada brazo. Esto significa que su mano y brazo están casi inmóviles cuando realiza el agarre. La mano y el brazo están realmente avanzando con la misma velocidad que su cuerpo, lo que significa que están siendo empujados hacia delante por el cuerpo. No puedo enfatizar lo suficiente que *los na dadores deben esperar hasta que hayan creado un buen agarre antes de tratar de aplicar la fuerza propulsora con los brazos*.

Otra faceta interesante es que acelera sus manos sólo moderadamente durante el movimiento hacia dentro. Las velocidades de la mano alcanzan aproximadamente 3 m/s durante el movimiento hacia dentro, pero logran acelerar hasta 4 m/s durante el movimiento hacia arriba. Puede que esté graduando la aceleración de los brazos a propósito para que lleguen a su pico de velocidad durante el movimiento hacia arriba. En cambio puede ser que no acelere las manos hasta la misma velocidad pico en el movimiento hacia dentro que la que logra en el movimiento hacia arriba. La parte superior del brazo se utiliza como componente de la pala de brazo y mano durante el movimiento hacia dentro, mientras que sólo el antebrazo y la palma están empujando hacia atrás contra el agua durante el movimiento hacia arriba. Quizás el área de superficie adicional ofrecida por la parte superior del brazo reduce la velocidad pico de la mano durante el movimiento hacia dentro.

Las velocidades de las manos de Steinseifer justo antes de salir del agua demuestran un punto técnico importante, y que va en contra de la enseñanza tradicional. Obsérvese que la velocidad de la mano disminuye justo después de que su cuerpo haya alcanzado su velocidad pico de avance durante el

movimiento hacia arriba. Esta reducción de la velocidad de la mano tiene lugar mientras que ésta sigue en el agua y proporciona una evidencia convincente de que los nadadores no tratan de empujar hacia atrás contra el agua hasta que las manos llegan a la superficie. Si lo hiciesen, las velocidades de las manos seguirían acelerando hasta que éstas saliesen del agua.

Una última revelación acerca de la técnica de brazada, evidente en los patrones de velocidad para ambas figuras 4.2 y 4.3, se refiere a la diferencia en la propulsión generada por la brazada derecha y la izquierda. Tanto Sánchez como Steinseifer logran más propulsión con la brazada derecha. Durante el respectivo movimiento hacia abajo, los valles correspondientes a la brazada izquierda son más profundos y ligeramente más largos que los de su brazada derecha. Los picos de propulsión de la brazada izquierda son también de menor magnitud y más cortos que los de la derecha.

La razón o las razones de estas diferencias de propulsión son desconocidas. La explicación más obvia sería que se deben a diferencias de fuerza entre el brazo derecho y el izquierdo. Sin embargo, dudo de la validez de este argumento. He administrado varias pruebas de fuerza de los brazos a los nadadores, tanto en seco como en el agua, y luego he comparado los resultados con los gráficos de velocidad de su propulsión efectiva. Las pruebas no demostraron que el brazo más débil fuese siempre el menos propulsor de los dos.

Otra explicación posible tiene que ver con la respiración y la posición del cuerpo. El brazo menos propulsor es normalmente el que está en el lado por el que no respiran. Quizá los nadadores deben utilizar algo de la fuerza producida por el brazo del lado por el que no respiran para realinear el cuerpo después de respirar. Una explicación aún más convincente es que no realinean el cuerpo correctamente después de respirar y, por lo tanto, pierden alguna fuerza propulsora alterando la técnica de ese brazo. Un gran número de nadadores no rota el cuerpo hacia atrás más allá de la línea media hacia el lado por el que no respira, después de respirar. Por consiguiente, tienen que tirar más del brazo del lado por el que no respiran a través del cuerpo para colocarlo debajo de la línea media. Además, tienen que balancearlo más hacia fuera durante el movimiento hacia arriba para que esquive las caderas y salga del agua. Ambas acciones pueden reducir la fuerza propulsora de esta

brazada.

En mi opinión, el hecho de no rotar el cuerpo igualmente a ambos lados proporciona una explicación de las diferencias en la efectividad propulsora entre las dos brazadas. Sin embargo, no proporciona una explicación completa, porque se han encontrado diferencias de propulsión entre los dos brazos en mariposa y braza, en los que no se utiliza la rotación longitudinal del cuerpo. Esto me lleva a creer que también puede estar implicada la dominancia lateral. De hecho, puede ser el factor principal que causa la asimetría de la propulsión entre la brazada derecha y la izquierda. Los nadadores probablemente desarrollan un sentido cinestético más agudo en el brazo que han utilizado más desde que nacieron, el así llamado brazo dominante. Como resultado, puede que sean capaces de realizar una brazada más correcta con el brazo dominante y así adquirir más propulsión. Las observaciones de las brazadas de los nadadores me han indicado que el brazo dominante normalmente tiene menos burbujas alrededor y parece moverse por los diversos movimientos con mayor precisión, lo que sugiere una brazada más eficaz.

Si la dominancia lateral es la razón principal de la asimetría de propulsión entre la brazada derecha e izquierda, ejercicios especiales que pueden aumentar la eficacia propulsora del brazo no dominante podrían mejorar el rendimiento de forma considerable. Tengo tres sugerencias para ejercicios que pueden ayudar a los nadadores a mejorar la mecánica y la resistencia de la brazada de su brazo no dominante.

1. Practicar la natación con sólo un brazo utilizando el brazo no dominante.
2. Cerrar el puño de la mano dominante y nadar con la mano no dominante abierta para que el brazo no dominante lleve la mayor parte de la carga.
3. Concentrarse en realizar una rotación casi igual hacia la derecha y la izquierda. Los nadadores deben rotar hacia el lado por el que no respiran lo bastante como para fomentar un fuerte movimiento hacia dentro y un movimiento hacia arriba con el brazo del mismo lado.

Nadar respirando en lados alternos es un buen ejercicio para conseguir este propósito. Este ejercicio fomenta un movimiento corporal igual hacia ambos lados y puede ayudar a conseguir un mejor uso del brazo no dominante. Los nadadores pueden volver a respirar sólo de un lado una vez que el brazo no dominante se haya convertido en un agente propulsor más eficaz.

Patrones de velocidad de uno y dos picos

Una investigación realizada con los miembros del equipo olímpico de los EE.UU. de 1984 mostró que los nadadores de estilo libre solían pertenecer a dos categorías según la forma en que aplicaban la fuerza propulsora (Maglischo *et al.,* 1986; Schleihauf *et al.,* 1988). Algunos tenían dos picos de aceleración durante cada brazada subacuática y otros sólo tenían uno.

El patrón de dos picos

Se ilustran patrones de dos picos en las figuras 4.2 y 4.3 (véanse las páginas 110 y 111). Los nadadores de estas figuras tenían dos picos claros de velocidad de avance durante cada brazada, uno durante el movimiento hacia dentro y el otro durante el movimiento hacia arriba. Dichos picos estaban separados por un período de desaceleración en la velocidad de avance que servía como transición entre una fase de la brazada y otra. Los nadadores que utilizan el estilo con dos picos típicamente desplazan la mano hacia dentro y a menudo más allá de la línea media del cuerpo, lo que proporciona un movimiento hacia dentro más largo. Luego tienen que desplazar la mano hacia fuera desde debajo del cuerpo, lo que proporciona un movimiento hacia arriba más largo. Estas acciones proporcionan un impulso de propulsión más largo durante cada fase de la brazada. Desafortunadamente, el precio que pagan por estos dos largos movimientos propulsores es un período de

transición en el que la velocidad de avance se reduce de forma considerable.

El patrón de un pico

Se muestra en la figura 4.4 un patrón de velocidad de un pico. En este patrón hay un gran pico de velocidad de avance que tiene lugar durante el movimiento combinado hacia dentro y hacia arriba de cada brazada. A diferencia del patrón de dos picos, no existe un período de desaceleración entre los dos movimientos.

Los nadadores que utilizan el estilo de un pico tienden a tener una trayectoria de brazada que es menos diagonal. Desplazan las manos menos hacia dentro en el movimiento hacia dentro y menos hacia fuera en el movimiento hacia arriba. Estos dos movimientos se hacen casi uno continuo, con sólo un pequeño cambio de dirección por debajo del cuerpo. La ventaja de este estilo es que estos nadadores reducen la pérdida de velocidad durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba. La desventaja es que acortan la longitud del movimiento hacia dentro, y en algunos casos la del movimiento hacia arriba también. Por consiguiente, no logran la misma velocidad de avance durante estas fases.

Normalmente puedes ver si los nadadores utilizan el estilo de dos picos o de uno por la distancia que recorren las manos cuando las traen hacia dentro por debajo del cuerpo. Evidentemente, los nadadores del estilo de dos picos desplazarán las manos más hacia dentro por debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro.

Puedes estar preguntándote si uno de estos estilos es mejor que el otro. No es fácil juzgarlo porque ambos estilos han sido utilizados por plusmarquistas mundiales. De hecho, Matt Biondi era un nadador de dos picos y Rowdy Gaines utilizaba un estilo de un pico, y no obstante ambos fueron plusmarquistas mundiales y campeones olímpicos en pruebas de estilo libre durante sus carreras deportivas. Finalmente, el estilo más eficaz para cada nadador será el que produzca la mayor velocidad media por brazada. Para

algunos éste será el estilo de un pico, y para otros el método de dos picos puede ser más eficaz.

Aunque sea verdadera, afirmaciones como ésta nos dejan perplejos en relación con qué estilo debe enseñarse a los jóvenes nadadores competidores. Creo que debemos enseñar el estilo de dos picos porque tiene el potencial de ser más eficaz para la mayoría de los nadadores. Los que utilizan dos picos probablemente lograrán una mayor velocidad media por brazada porque pueden aplicar la fuerza propulsora durante más tiempo con menos esfuerzo muscular. El mayor componente diagonal del patrón de dos picos debería proporcionar el potencial de una mayor distancia recorrida por brazada. Además, los nadadores del estilo de dos picos no deben necesitar acelerar las velocidades de la mano y del brazo tanto para lograr la misma aceleración de avance. Los nadadores de un pico adquieren propulsión empujando un segmento del agua hacia atrás con un brazo que acelera constantemente. Su ritmo de brazada será corto y rápido. Los nadadores con el estilo de dos picos empujan hacia atrás contra un segmento del agua hasta acelerarla, y luego cambian a otro segmento que fluye más lentamente para acelerarla hacia atrás. Por lo tanto, los nadadores del estilo de dos picos deben poder lograr la misma velocidad de avance con brazadas más largas y más lentas.

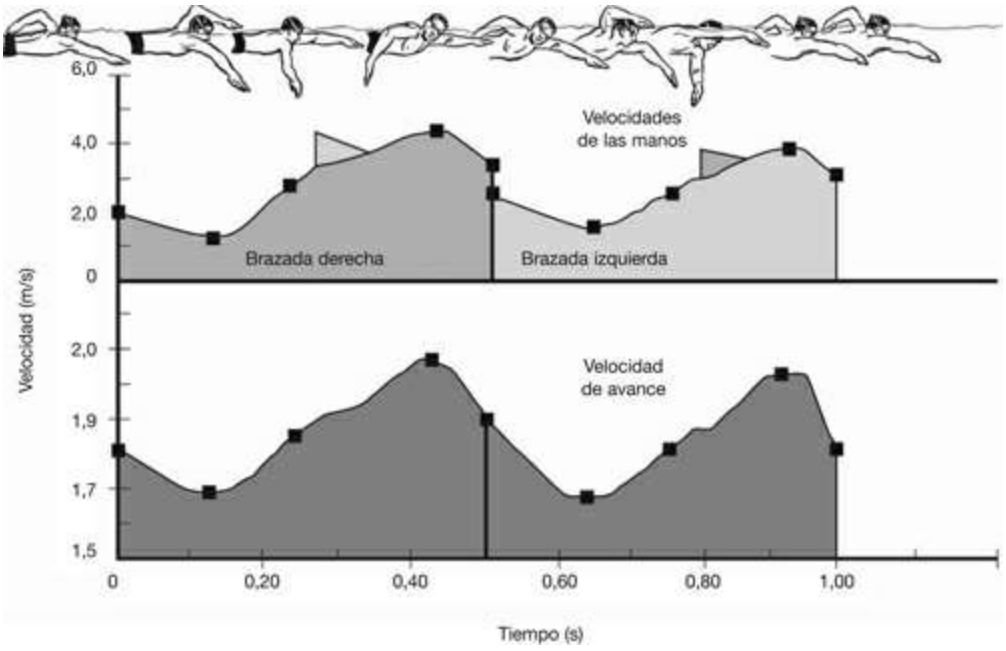


Figura 4.4. Un patrón de velocidad de avance de un pico en el estilo libre.

¿Por qué algunos nadadores escogen el estilo de un pico? La respuesta evidente es que puede ser el mejor para su tipo morfológico particular. Sin embargo, tiendo a rechazar argumentos de este tipo, porque creo que los principios de la propulsión eficaz se aplican a todos, sea cual sea su tipo morfológico. En realidad, la elección de un estilo de un pico puede ser dictada por muchos otros factores, de los cuales algunos no necesariamente lo indican como la mejor elección.

Uno de estos factores es el ritmo del batido. Parece haber una tendencia a que los nadadores con ritmos mínimos de batido utilicen un estilo de un pico, quizá porque los batidos con menos tiempos permiten un ritmo de brazadas más rápido. Esto es especialmente verdadero para las mujeres, que tienden a utilizar ciclos de brazada de un pico y batidos de dos tiempos. Los nadadores que utilizan un mayor número de batidos por ciclo de brazada pueden tender a utilizar el estilo de dos picos porque permite más tiempo para los batidos.

Otra posibilidad es que los nadadores del estilo de un pico pueden haber sido enseñados según la teoría de que hay que *empujar directamente hacia atrás*. Por consiguiente, muchos nadadores con talento pueden haber desarrollado un estilo de un pico al principio de su carrera deportiva y después no pudieron cambiar el estilo sin alterar la fluidez de la brazada y, por ende, su velocidad. Una tercera posibilidad puede ser que algunos nadadores intuitivamente sienten la reducción en la velocidad de avance durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba y, creyendo que no es deseable, tratan de eliminarla reduciendo el movimiento diagonal de los brazos durante el movimiento hacia dentro.

Aparte de utilizar la clonación, probablemente nunca podremos saber si los nadadores que utilizan un estilo de un pico hubieran sido más veloces utilizando un estilo de dos picos. Como ya se ha mencionado, algunos nadadores pueden ser incapaces de cambiar un estilo que les ha sido inculcado durante años de competiciones y cientos de kilómetros de entrenamiento sin alterar la fluidez y reducir la velocidad media por brazada. Por lo tanto, mi consejo sería enseñar a los nadadores jóvenes el estilo de dos

picos porque tiene el potencial de ser superior al de un pico. Sin embargo, se debería ir con cautela a la hora de cambiar la brazada de nadadores mayores, particularmente los que tienen éxito.

La brazada

Para facilitar la explicación se ha dividido la brazada en las siguientes fases de la trayectoria: la entrada y el estiramiento, el movimiento hacia abajo, el agarre, el movimiento hacia dentro, el movimiento hacia arriba, y la relajación y el recobro. Las fotografías de las figuras 4.5 y 4.6 muestran los puntos clave de la brazada subacuática desde las vistas lateral y frontal.

La entrada y el estiramiento

Una mano entra en el agua cuando la otra está en medio de la brazada. Entonces el brazo que entra debe estirarse directamente hacia delante de forma hidrodinámica (véase la figura 4.5 e-h). Para lograr una mejor hidrodinámica, el cuerpo debe rotar hacia abajo al lado del brazo que entra durante el estiramiento. Por supuesto, esto provocará una rotación del cuerpo hacia arriba del lado del brazo que realiza la brazada de manera que pueda desplazarse hacia arriba pasando las caderas y las piernas sin moverse demasiado hacia fuera durante el movimiento hacia arriba. De esta forma, el brazo que realiza la brazada puede empujar hacia atrás contra el agua más eficazmente durante el movimiento hacia arriba y lograr, así, más propulsión.

El brazo que entra en el agua debe cortarla suave y fluidamente para reducir el arrastre por empuje. La mano debe entrar en el agua por delante de la cabeza y entre la parte media de la cabeza y la punta del hombro del mismo lado. El brazo debe estar ligeramente flexionado y la palma debe estar

mirando ligeramente hacia fuera para que pueda entrar de canto. Las yemas de los dedos deben entrar en el agua primero. Después de la entrada, con el fin de crear el mínimo de turbulencia posible, el brazo debe deslizarse dentro del agua por el mismo agujero abierto por la mano.

Después de entrar en el agua, el brazo debe extenderse hacia delante y hacia dentro, en dirección a la línea media del cuerpo, justo por debajo de la superficie. La palma de la mano debe rotar hacia abajo al terminar el estiramiento y debe extenderse ligeramente hacia delante y hacia dentro de manera que se quede dentro del contorno del cuerpo, tanto en sentido lateral como vertical. En este sentido, el brazo que entra en el agua actúa como la proa de un barco, permitiendo que las corrientes de agua que se acercan se dividan alrededor de él de manera que haya menos turbulencia al pasar el cuerpo.

La longitud del estiramiento dependerá de cuánto coincide el brazo que entra y el que realiza la brazada. Si un brazo entra en el agua cuando el otro está empezando el movimiento hacia dentro, el estiramiento será bastante largo. Sin embargo, si el brazo que realiza el recobro entra en el agua cerca del final del movimiento hacia dentro del brazo que realiza la brazada, el estiramiento se hará más rápidamente.

Algunos nadadores rotan la palma hacia dentro y hacia abajo durante el estiramiento. Otros rotan la palma hasta que mira hacia abajo al final del estiramiento. E incluso otros mantienen la palma inclinada ligeramente hacia fuera al estirar el brazo hacia delante. Rotar la palma hacia abajo y hacia dentro es probablemente el mejor método, siempre que el estiramiento sea razonablemente largo. Es así porque deslizar el brazo hacia la línea media del cuerpo y rotar la palma hacia dentro fomenta una mejor rotación del cuerpo y una mejor hidrodinámica. No obstante, cualquiera de los métodos mencionados es satisfactorio, siempre que el cuerpo rote suficientemente y el brazo se quede dentro del contorno del cuerpo al estirarse hacia delante.

La velocidad de la mano debe reducirse, desde la entrada por todo el estiramiento, hasta que el brazo es simplemente empujado hacia delante por el cuerpo que avanza cerca del final de la fase propulsora del otro brazo.

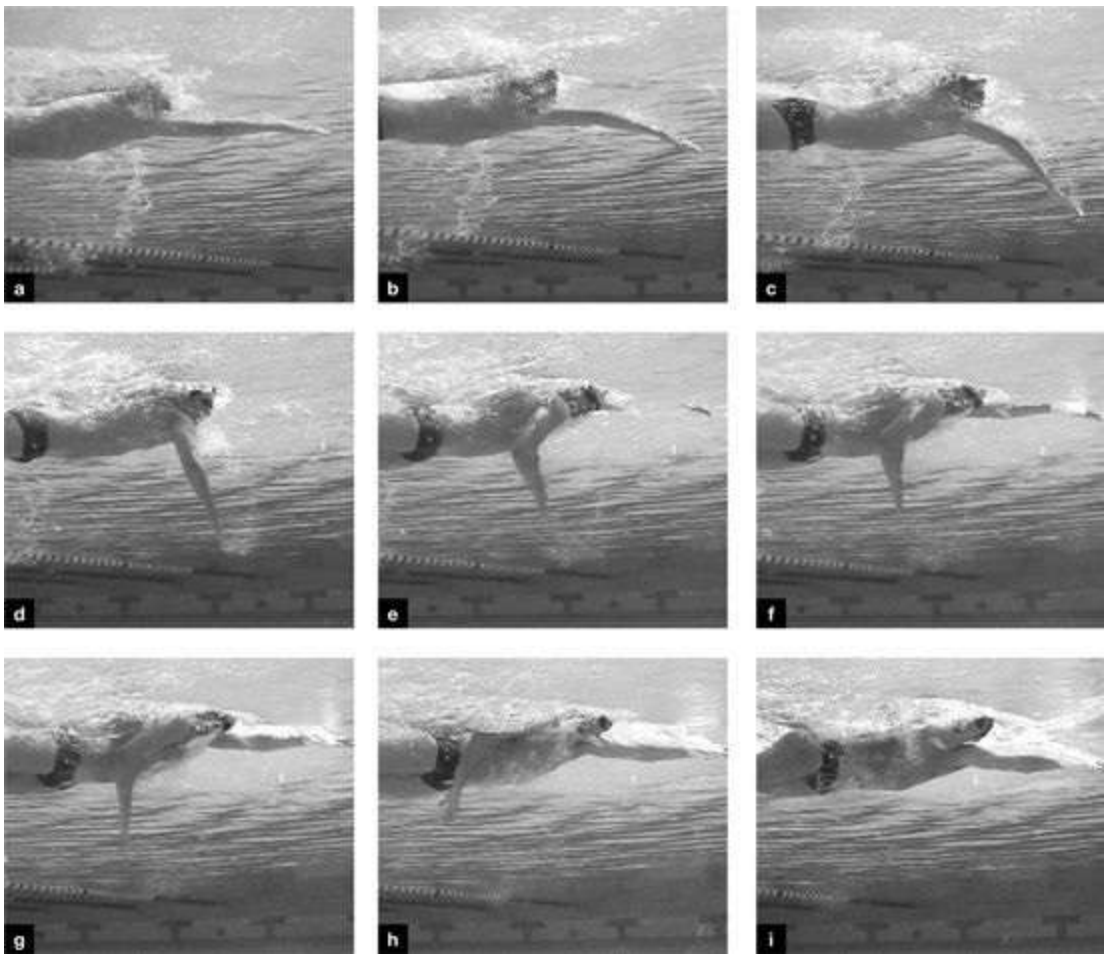


Figura 4.5. Secuencia subacuática vista desde el lateral de Francisco Sánchez nadando estilo libre. Sánchez fue campeón universitario estadounidense en las 50 yardas estilo libre y tres veces campeón del mundo de 50 y 100 m libres en piscina corta.

(a) Final del movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Comienzo del movimiento hacia abajo del brazo derecho.

(b) Movimiento hacia abajo del brazo derecho. Recobro del brazo izquierdo.

(c) Agarre del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(d) Punto medio del movimiento hacia dentro del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(e) Final del movimiento hacia dentro del brazo derecho. Entrada del brazo izquierdo.

(f) Transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba del brazo derecho. Estiramiento del brazo izquierdo.

(g) Movimiento hacia arriba del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

(h) Final del movimiento hacia arriba del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

(i) Recobro del brazo derecho. Comienzo del movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.

El movimiento hacia abajo

El principal propósito de este movimiento es el de situar el brazo en la posición del agarre. Se debe realizar lo más suave y rápidamente posible, utilizando sólo el mínimo de fuerza necesaria para desplazar la mano y el brazo hacia abajo a la posición del agarre.

El movimiento hacia abajo debe empezar en el instante en el que el nadador relaja la presión sobre el agua con el otro brazo. Se inicia el movimiento hacia abajo flexionando la muñeca para que la mano empiece su trayectoria descendente (véanse las figuras 4.5a-b). Luego se desplaza el brazo hacia abajo y hacia delante en una trayectoria curvilínea. Es importante que el nadador siga desplazando la mano y el brazo hacia delante durante el movimiento hacia abajo. Cualquier tentativa de empujar hacia atrás contra el agua provocará la reacción clásica de dejar caer el codo, que hará que empujen hacia abajo contra el agua con una fuerza innecesaria reduciendo aún más su velocidad de avance.

El brazo debe estar flexionado al desplazarse hacia abajo. La flexión continúa hasta que el codo se sitúe por encima de la mano, y ésta, el antebrazo y el brazo estén alineados y mirando hacia atrás en la posición clásica del agarre con el codo alto.

Aunque la parte superior del brazo se desplaza ligeramente hacia fuera durante el movimiento hacia abajo, sería más sensato para los nadadores ignorar este aspecto del movimiento. El movimiento hacia fuera de la mano y del brazo tiende a ocurrir de forma natural como resultado de la flexión del

codo. Mi experiencia me ha enseñado que los nadadores que se concentran en deslizar el brazo hacia fuera gene-ralmente exageran esta faceta del movimiento y empujan el agua demasiado hacia fuera.

La parte superior del brazo no debe presionar hacia abajo más de lo necesario durante el movimiento hacia abajo. Idealmente debe permanecer paralelo a la superficie y desplazarse hacia fuera y hacia el lado, flexionando el codo. Pero la mayoría de los nadadores encuentran que es necesario empujar el brazo hacia abajo en cierta medida para reducir la intensidad de la rotación humeral en la articulación del hombro, que puede causar fricción entre los diversos ligamentos y tendones, y por ende, una tendinitis. Mi mejor consejo es deslizar el brazo hacia abajo sólo lo suficiente como para reducir la fricción en el hombro. Así se mantendrá la fuerza ejercida hacia abajo por la parte superior del brazo al mínimo a la vez que previene el dolor del hombro.

Las velocidades de la mano y del brazo aceleran ligeramente al principio del movimiento hacia abajo, pero deben reducirse de nuevo una vez iniciado este movimiento y hasta que la mano apenas se esté moviendo en el momento de realizar el agarre.

Durante el movimiento hacia abajo, el cuerpo seguirá rotando hacia abajo en el lado del brazo que realiza la brazada y hacia arriba en el lado del recobro. El otro brazo saldrá del agua y realizará la primera mitad de su recobro por encima del agua, mientras que el otro efectúa el movimiento hacia abajo.

El agarre

La posición del agarre para la brazada derecha se muestra en las vistas frontal y lateral en las figuras 4.5c y 4.6d respectivamente. El agarre para la brazada izquierda se muestra en la figura 4.6l. El codo debe estar flexionado aproximadamente 90º cuando se realiza el agarre. La mano estará a una profundidad de alrededor de 50 a 70 cm en el agarre (Schleihauf *et al.*, 1988;

Deschodt, Rouard y Monteil, 1996). El brazo y la mano estarán fuera de la línea del hombro y mirando hacia atrás y ligeramente hacia fuera. En el agarre, el nadador empieza la primera fase propulsora de la brazada subacuática, el movimiento hacia dentro, empujando el brazo hacia atrás además de hacia abajo.

Como ya se ha mencionado, la palma de la mano y la parte interna del antebrazo y del brazo estarán mirando hacia atrás y ligeramente hacia fuera durante el agarre. Sin embargo, de nuevo hay que insistir en que esta inclinación del brazo y de la mano es el resultado natural de la flexión del brazo durante el movimiento hacia abajo y no debe destacarse.

Parece haber tres estilos distintos que los nadadores utilizan cuando realizan el movimiento hacia abajo y el agarre. Se muestran estos estilos en las figuras 4.7a y b y en la figura 4.8. Ambas posiciones del agarre en la figura 4.7 son satisfactorias. Sin embargo, no se recomienda la de la figura 4.8.

La posición del agarre del estilo más común se muestra en la figura 4.7a. Este nadador no desplaza mucho el brazo hacia abajo. En lugar de ello, lo desplaza hacia el lado, y flexiona rápidamente el codo para poder hacer el agarre. Cuando realiza el agarre, la parte superior de su brazo está hacia fuera con el antebrazo y la mano por debajo, y también está considerablemente fuera de la línea del hombro. En la posición del agarre del segundo estilo, mostrada en la figura 4.7b, la nadadora rota más hacia el lado y, por lo tanto, desplaza su brazo más hacia abajo en el agua. Pero sigue desplazándolo hacia el lado, lo que determina un agarre con el codo algo más bajo en el agua y con la mano sólo un poco fuera de la línea del hombro.

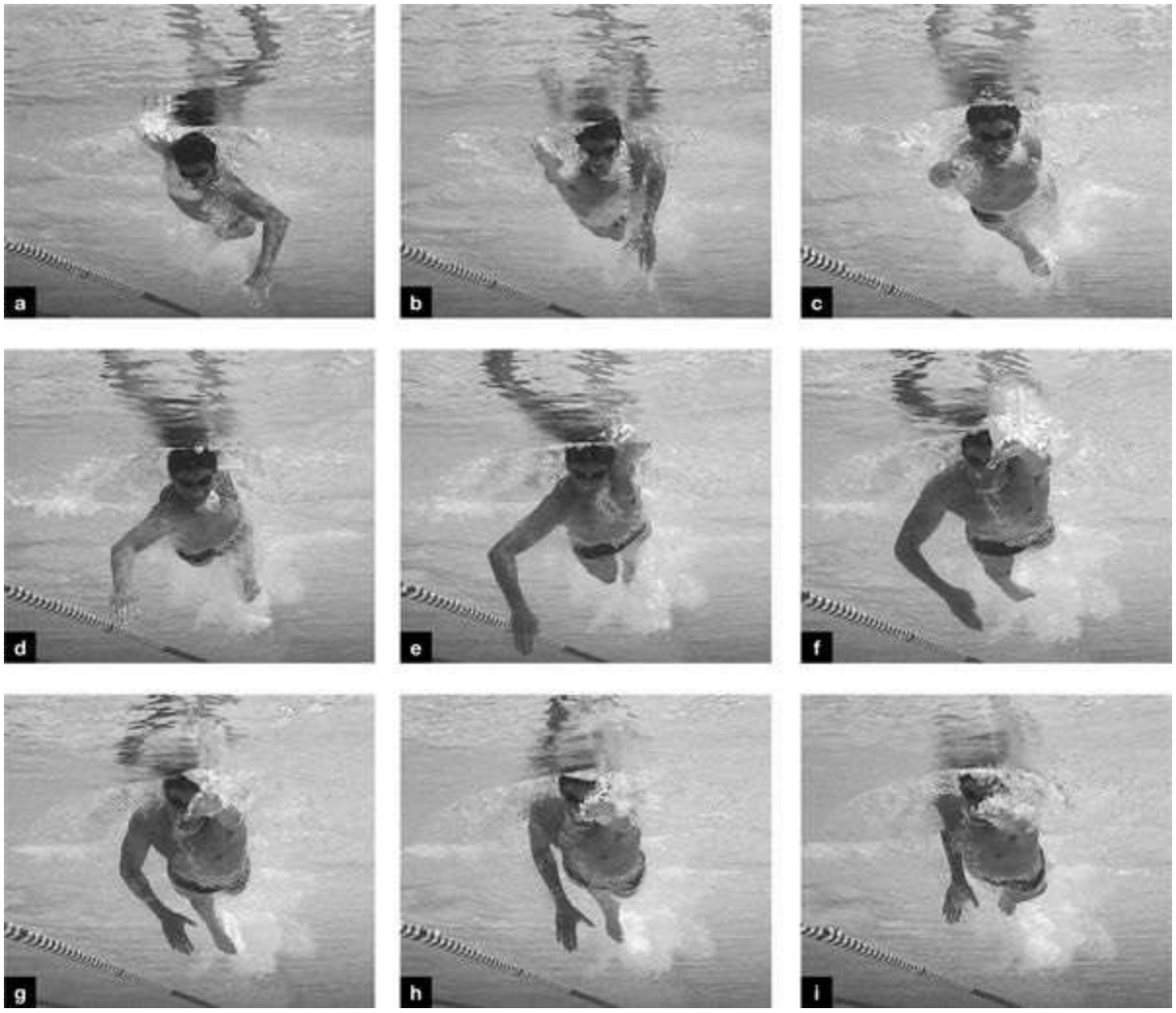


Figura 4.6. Secuencia subacuática desde la vista frontal de Francisco Sánchez nadando estilo libre.

(a) Entrada del brazo derecho. Movimiento hacia dentro del brazo izquierdo.

(b) Estiramiento del brazo derecho. Movimiento hacia arriba del brazo izquierdo.

(c) Inicio del movimiento hacia abajo del brazo derecho. Relajación y recobro del brazo izquierdo.

(d) Agarre del brazo derecho. Recobro del brazo izquierdo.

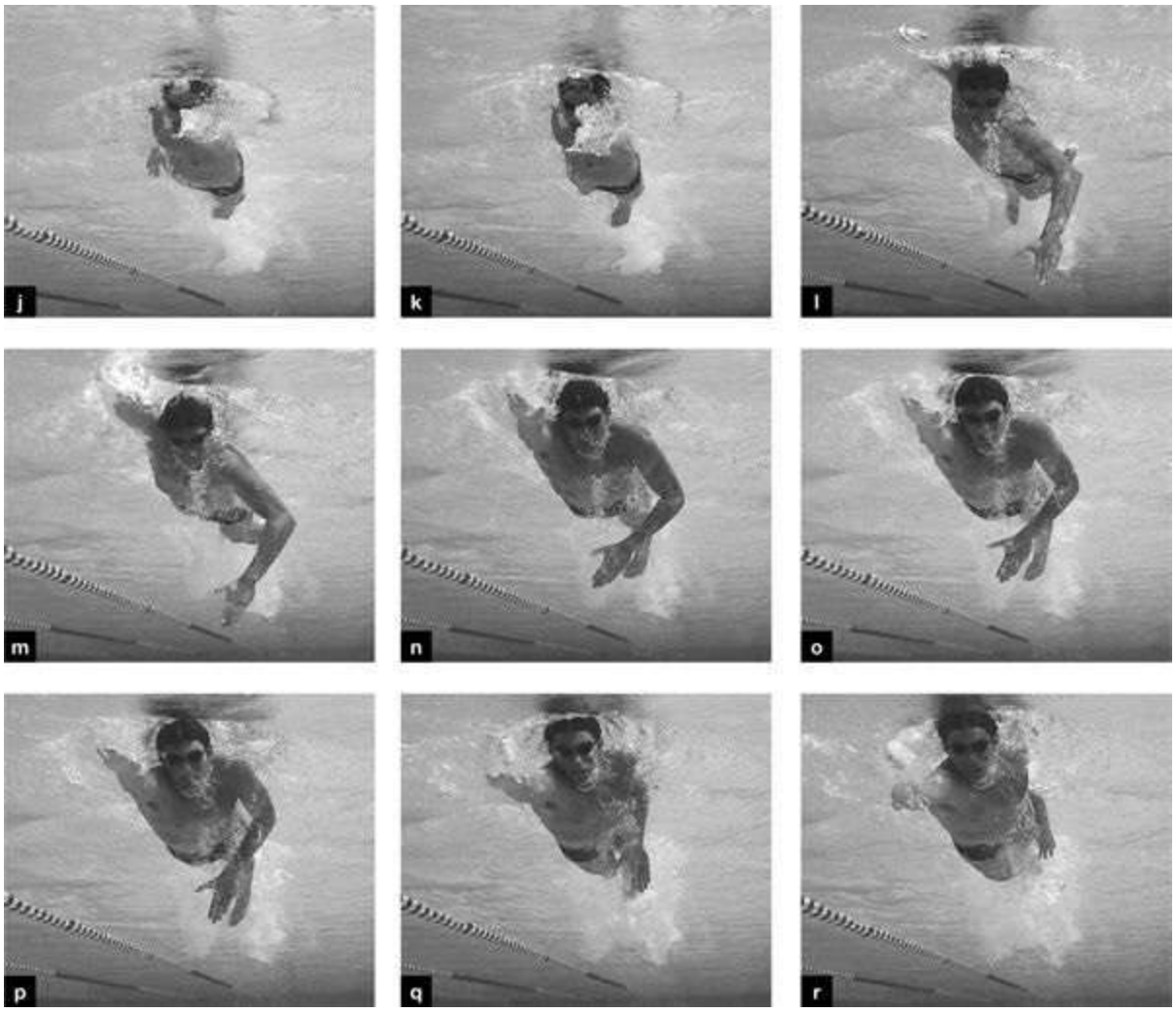
(e) Punto medio del movimiento hacia dentro del brazo derecho. Entrada del brazo izquierdo.

(f) Final del movimiento hacia dentro del brazo derecho. Estiramiento del brazo izquierdo.

(g) Transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

(h) Punto medio del movimiento hacia arriba del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

(i) Final del movimiento hacia arriba del brazo derecho. Inicio del movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.



(j) Relajación del brazo derecho. Inicio del movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.

(k) Movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Recobro del brazo derecho.

(l) Agarre del brazo izquierdo. Entrada del brazo derecho.

(m) Punto medio del movimiento hacia dentro del brazo izquierdo. Estiramiento del brazo

derecho.

(n) Final del movimiento hacia dentro del brazo izquierdo. Continuación del estiramiento del brazo derecho.

(o) Transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Continuación del estiramiento del brazo derecho.

(p) Movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Continuación del estiramiento del brazo derecho.

(q) Final del movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Inicio del movimiento hacia abajo del brazo derecho.

(r) Relajación del brazo izquierdo. Continuación del movimiento hacia abajo del brazo derecho.

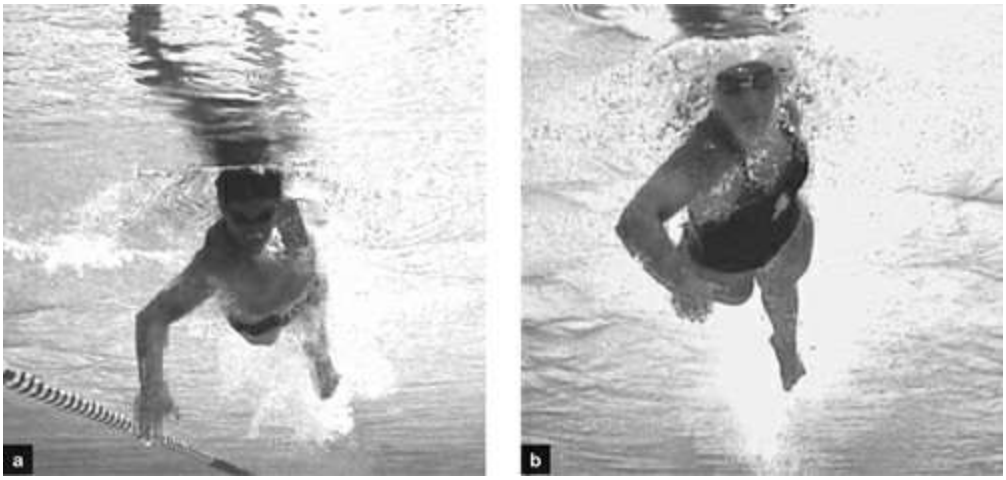


Figura 4.7. Dos estilos del agarre. La foto en (a) muestra una posición alta del agarre, caracterizada por un codo muy alto y el brazo por fuera de la línea del hombro. La foto en (b) muestra otra posición popular del agarre, en el que el brazo se desplaza más hacia abajo y menos hacia fuera de manera que la mano esté sólo ligeramente fuera de la línea del hombro al realizar el agarre.

Dado que ambos estilos son comunes entre los nadadores de nivel mundial, es imposible recomendar uno con preferencia al otro. Sin embargo, puedo especular sobre las ventajas y desventajas de cada uno. Una ventaja significativa del estilo ilustrado en la figura 4.7a es que el agarre puede realizarse rápidamente. Por consiguiente, el período de desaceleración entre

el final de la fase propulsora de la brazada anterior y el inicio de la fase propulsora de la brazada actual puede acortarse. Una segunda ventaja es que se reducirá el arrastre por empuje porque la parte superior del brazo no será empujada tan hacia abajo en el agua. La tercera ventaja tiene que ver con el hecho de que la parte superior del brazo está colocada para empujar casi directamente hacia atrás contra el agua, donde puede proporcionar una fuerza propulsora adicional durante el movimiento hacia dentro.

La principal desventaja de este estilo –y es una seria– es que la cabeza del húmero se ve más proyectada hacia delante cuando se realiza el agarre rápidamente y en una posición alta. Por lo tanto, aquellos nadadores que suelen sufrir de tendinitis probablemente experimentarán una fricción dolorosa entre la cabeza del húmero y los tendones de la articulación del hombro. La segunda desventaja posible es que la fase propulsora inicial del movimiento hacia dentro tendrá lugar muy por fuera del contorno del cuerpo.

Una gran ventaja de un movimiento hacia abajo más largo y más profundo, como el ilustrado en la figura 4.7b, es que probablemente no causará una tendinitis. Desplazar el brazo más hacia abajo en el agua permitirá a los nadadores alcanzar un codo alto sin proyectar tanto el húmero hacia delante. Una segunda ventaja es que casi la totalidad del movimiento hacia dentro puede realizarse dentro del contorno del cuerpo, donde la aplicación de la fuerza propulsora debe causar una mayor aceleración hacia delante.

Las desventajas de este estilo son las opuestas a las ventajas del agarre con codo alto. El movimiento hacia abajo será más largo, dando más tiempo para una reducción de la velocidad de avance. También es probable que se aumente algo el arrastre por empuje porque el brazo empujará más hacia abajo en el agua. Además, la parte superior del brazo tendrá que desplazarse más hacia arriba más tarde en la brazada si se desplaza más hacia abajo para realizar el agarre. Por lo tanto, se puede perder algo de la fuerza propulsora de esta parte del brazo porque empujará más hacia arriba.

La posición del agarre mostrada en la figura 4.8 es diferente de las dos anteriores de manera muy importante. Obsérvese que el brazo del nadador está bastante profundo en el agua y está casi totalmente extendido. Aunque la

utilizan muchos nadadores, esta posición del agarre no puede recomendarse por varias razones. Primero, el nadador habrá empujado su brazo y antebrazo una distancia considerable hacia abajo antes de lograr una posición en la que miran hacia atrás. La fuerza descendente, por muy suave que sea, sólo empujará el cuerpo hacia arriba y causará una reducción adicional de la velocidad de avance. Dado que el brazo se encuentra a una mayor profundidad, lo empujará excesivamente hacia arriba durante el movimiento hacia dentro, simultáneamente aumentando el arrastre por empuje y reduciendo la producción de la fuerza propulsora. Finalmente, cuando realiza el agarre con el brazo casi extendido, el nadador tenderá a flexionar su brazo excesivamente durante el movimiento hacia dentro, remando más que empujando, y esto reducirá la fuerza propulsora que puede producir.

Figura 4.8. La fotografía muestra una técnica incorrecta del agarre. El brazo del nadador está demasiado profundo en el agua y demasiado estirado cuando llega a la posición del agarre, lo que aumentará el arrastre resistivo y reducirá la propulsión durante el siguiente movimiento hacia dentro.

El movimiento hacia dentro

Se ve el movimiento hacia dentro del brazo derecho desde la vista lateral en las figuras 4.5d y e (página 116). Se ve en la vista frontal de la brazada derecha en las figuras 4.6e y f, y de la brazada izquierda, en las figuras 4.6m y n (página 119).

El movimiento hacia dentro empieza en el agarre. Una vez que la parte interna del brazo entero y la palma de la mano están mirando hacia atrás en la posición clásica de codo alto, el nadador ejecuta un movimiento semicircular hacia atrás que continúa hasta que su mano esté por debajo de su pecho. La parte interna del brazo, del antebrazo y la palma de la mano deben asemejar una gran pala con forma de bumerán que se utiliza para empujar hacia atrás contra el agua durante el movimiento hacia dentro. Para aplicar la mayor cantidad de fuerza propulsora, los nadadores deben utilizar los grandes músculos de la espalda y de los hombros para empujar hacia atrás contra el agua con esta pala.

La transición del movimiento hacia abajo al movimiento hacia dentro se realiza suavemente, continuando el movimiento descendente y algo hacia fuera de la mano que tiene lugar durante el movimiento hacia abajo *mientras* que cambia la dirección del brazo de hacia delante a hacia atrás. Una vez que el brazo se esté desplazando hacia atrás, y se haya vencido la inercia de avance, debe moverse hacia atrás, hacia arriba y hacia dentro para colocarse debajo del pecho, y así completar el movimiento hacia dentro. Este movimiento hacia dentro termina cuando la parte superior del brazo está hacia atrás casi contra las costillas, y la mano está debajo del pecho y cerca de la línea media del cuerpo.

La inclinación del brazo cambiará de hacia fuera a hacia dentro durante el movimiento hacia dentro. Sin embargo, esto no ocurre porque los nadadores estén llevando la mano hacia dentro. Ocurre simplemente porque la dirección de la parte superior del brazo cambia de hacia fuera y hacia atrás a hacia dentro y hacia atrás durante este movimiento. El movimiento semicircular

hacia atrás y hacia dentro del brazo debe ser una aducción de la articulación del hombro. No se deben rotar el antebrazo ni la mano hacia dentro desde el codo durante esta aducción. Deben permanecer rígidamente alineados, al igual que cuando realizaban el agarre, y no debe haber ninguna torsión del codo ni rotación ni supinación de la palma. Esta aducción de la articulación del hombro cambiará naturalmente la inclinación del brazo y de la mano de hacia fuera a hacia dentro en precisamente el momento apropiado durante el movimiento hacia dentro. Los movimientos de remada sólo causarán la caída del codo y una pérdida de propulsión.

El brazo no debe flexionarse mucho en el movimiento hacia dentro. Es decir, no se debe realizar el agarre con el brazo extendido o casi extendido y luego flexionarlo gradualmente durante el movimiento hacia dentro. Flexionar el brazo durante el movimiento hacia dentro sólo producirá la caída del codo y una pérdida de fuerza propulsora.

Como ya se ha indicado, el codo debe estar flexionado aproximadamente 90º durante el movimiento hacia abajo. Luego debe permanecer flexionado de igual forma durante la totalidad del movimiento hacia dentro. En algunos casos, el ángulo de flexión puede aumentar ligeramente durante la segunda mitad del movimiento para colocar mejor la mano y el antebrazo para el movimiento hacia arriba que sigue. Sin embargo, cualquier aumento de la flexión del codo debe ser mínimo.

Las velocidades de la mano deben aumentar moderadamente desde el principio hasta el final del movimiento hacia dentro. Las velocidades de la mano normalmente aumentan desde aproximadamente 1,5 m/s a hasta 2,5 - 3 m/s al final de dicho movimiento (Maglischo *et al.*, 1986; Schleihauf *et al.*, 1984).

La primera parte del movimiento hacia dentro es probablemente la fase más propulsora. La fuerza propulsora tiende a reducirse durante la última parte, utilizada principalmente para colocar el brazo por debajo de la línea media del cuerpo, desde donde se puede ejecutar la primera parte del siguiente movimiento hacia arriba más eficazmente. Los patrones de velocidad ilustrados en las figuras 4.2 y 4.3 (véanse las páginas 110 y 111) muestran un aumento de la velocidad de avance durante la primera parte del

movimiento hacia dentro. Después se produce una pérdida de velocidad durante la última parte, cuando ocurre la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba. Los dos dibujos de la figura 4.9 muestran cómo, según creo, se produce la fuerza propulsora durante el movimiento hacia dentro. Se ilustra la propulsión durante la primera mitad en la figura 4.9a, y la figura 4.9b muestra cómo se genera la propulsión durante la segunda mitad del movimiento hacia dentro.

Algunos nadadores desplazan la mano hacia dentro a la línea media del cuerpo, y otros la desplazan más allá de esta línea. Hay otros que incluso casi no llevan la mano por debajo del cuerpo. Se ilustran estos tres tipos de estilos del movimiento hacia dentro en la figura 4.10. El nadador de la figura 4.10a utiliza un corto movimiento hacia dentro. La nadadora de la figura 4.10b desplaza la mano hasta la línea media del cuerpo, y el nadador de la figura 4.10c está utilizando un largo movimiento hacia dentro con la mano que se desplaza bastante más allá de la línea media del cuerpo.

El estilo del movimiento utilizado por diferentes nadadores probablemente depende de la enseñanza inicial y, quizá, de la posición del brazo en relación con el cuerpo cuando se realiza el agarre. Algunos nadadores probablemente sienten cómo disminuye la velocidad de avance y empiezan prematuramente el movimiento hacia dentro para contrarrestarlo. Como resultado, utilizando un estilo parecido al ilustrado en la figura 4.10a, empujan el brazo hacia atrás en una trayectoria casi rectilínea y no lo desplazan tanto por debajo del cuerpo. Los nadadores que utilizan este método normalmente tienen patrones de velocidad de un pico.

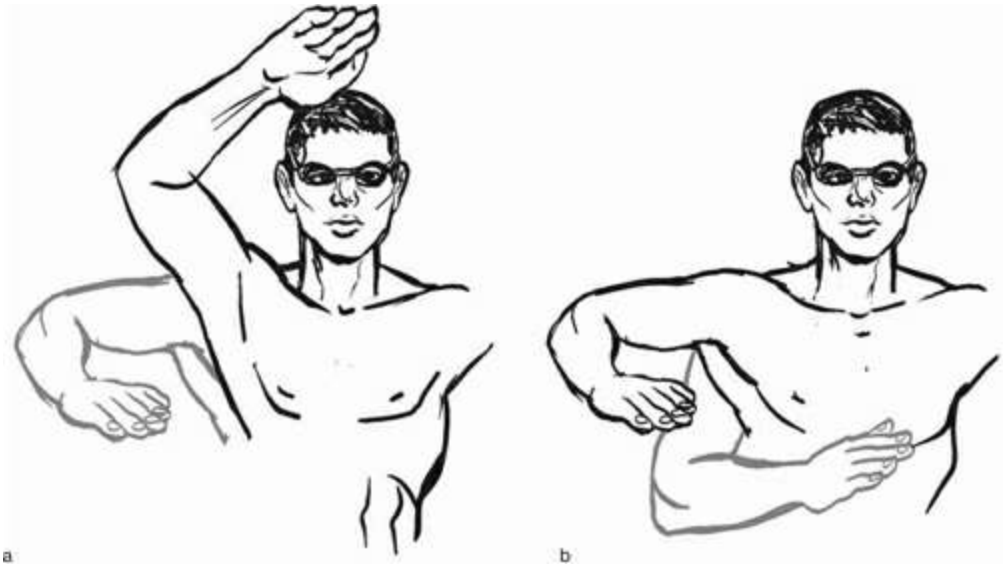


Figura 4.9. La propulsión durante el movimiento hacia dentro. El dibujo (a) muestra cómo se produce probablemente la fuerza propulsora durante la primera mitad del movimiento hacia dentro. El dibujo (b) muestra cómo se puede generar propulsión durante la segunda mitad del mismo movimiento.

Numerosos nadadores que han tenido mucho éxito, especialmente mujeres, utilizan este método. No obstante, yo no lo recomendaría con preferencia al estilo ilustrado en la figura 4.10b por dos razones. Primero, los nadadores que utilizan este método necesitarán acelerar el mismo segmento de agua hacia atrás durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba. Segundo, la primera parte del siguiente movimiento hacia arriba se hará lejos de la línea media del cuerpo en lugar de debajo de ella, donde la aplicación de la fuerza debe crear la mayor propulsión efectiva durante la parte final del movimiento hacia dentro. Creo que es más aconsejable que los nadadores continúen desplazando la mano hacia dentro hasta que esté por lo menos debajo de la línea media del cuerpo, como muestra la figura 4.10b. Si lo hacen así, probablemente encontrarán un nuevo segmento de agua más lenta contra la que pueden empujar hacia atrás durante el movimiento hacia arriba, y gran parte de este empujón puede realizarse debajo del cuerpo, donde será más eficaz.

El estilo del movimiento hacia dentro que cruza el cuerpo ilustrado en la

figura 4.10c es utilizado normalmente por los nadadores a quienes se ha enseñado realizar el agarre en la línea media y empujar la mano directamente hacia atrás por debajo del cuerpo. Característicamente empujan el brazo bastante profundo en el agua antes de realizar el agarre. Normalmente lo realizan con el brazo casi extendido y aprenden intuitivamente a flexionar el brazo para ganar propulsión al empujarlo hacia atrás y hacia arriba durante el movimiento hacia dentro. El resultado es que la mano se desplaza desde una posición cercana a la línea media hasta, y a veces más allá de, la cadera opuesta durante este movimiento.

Figura 4.10. Tres estilos del movimiento hacia dentro: (a) movimiento corto; (b) movimiento hasta la línea media, y (c) movimiento largo.

Los nadadores que utilizan este estilo generalmente sacrifican algo de propulsión porque utilizan una técnica defectuosa durante el movimiento hacia dentro. Sin embargo, parte de esta propulsión perdida es readquirida normalmente durante el movimiento hacia arriba porque éste se hace mucho más largo.

La mayoría de los nadadores utilizan alguna forma de cruzar la línea media cuando ejecutan el movimiento hacia dentro con el brazo del lado por el que no respiran. Es porque tienden a rotar más hacia el lado por el que respiran, lo que provoca que el brazo del otro lado se desplace más hacia abajo y más hacia dentro, hacia la línea media del cuerpo, durante el movimiento hacia abajo. Dado que realizan el agarre con la mano por dentro

de la línea del hombro y el cuerpo rotado bastante hacia el lado, la mano naturalmente cruza la línea media durante el movimiento hacia dentro.

Algunos nadadores también utilizan el movimiento hacia dentro para ayudar a rotar el cuerpo hacia el otro lado después de respirar. Por consiguiente, para ayudar a este proceso, desplazan la mano una mayor distancia. No es necesariamente un error si se alinea mejor el cuerpo para el movimiento hacia arriba. Sin embargo, habiendo dicho esto, recomiendo que los nadadores que utilicen el estilo que cruza la línea media se aseguren de que flexionan el brazo durante el movimiento hacia abajo y luego aducen el brazo hacia atrás en dirección a las costillas durante el movimiento hacia dentro, de la forma que describí anteriormente. Esto, comparado con un movimiento de remada en el que el brazo se flexiona durante el movimiento hacia dentro, mejorará la propulsión de este movimiento.

El movimiento hacia arriba

Se muestra la vista lateral de la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba de la brazada derecha en la figura 4.5f (véase la página 116). Se ve una vista frontal de esta transición de la brazada derecha en la figura 4.6g y de la brazada izquierda en la figura 4.6o (véanse las páginas 118 y 119). Una vista lateral del movimiento hacia arriba de la brazada derecha se muestra en las figuras 4.5g y h. Se ve desde la vista frontal en las figuras 4.6h e i, y el de la brazada izquierda en las figuras 4.6p y q.

El movimiento hacia arriba es la segunda y última fase propulsora de la brazada del estilo libre. Es la fase más propulsora de la brazada. La mayoría de los nadadores alcanzan su velocidad de avance pico para cada brazada cerca del final del movimiento hacia arriba.

El movimiento hacia arriba empieza al completar el anterior movimiento hacia dentro y es un movimiento de la mano y del brazo hacia atrás, hacia fuera y hacia arriba desde debajo del cuerpo hacia la superficie del agua. El

movimiento continúa hasta que la mano se acerca al muslo y empieza a desplazarse hacia delante para la próxima fase de la brazada, el recobro. Los dibujos de la figura 4.11 muestran como creo que se produce la propulsión durante el movimiento hacia arriba.

Figura 4.11. El movimiento hacia arriba del estilo libre. Se muestra este movimiento desde la vista lateral en (a) y desde la vista inferior en (b).

La transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba empieza al pasar la mano cerca de la línea media por debajo del cuerpo. En este momento, se redondea el movimiento de forma circular desde hacia atrás, *hacia dentro* y hacia arriba hasta hacia atrás, *hacia fuera* y hacia arriba. Se inicia esta transición rotando la palma de la mano y el antebrazo hacia fuera rápidamente al empujar el nadador hacia atrás. La palma de la mano y la parte ventral del antebrazo se utilizan como una pala para empujar hacia atrás contra el agua durante el movimiento hacia arriba.

Existe el concepto erróneo de que el brazo se debe extender rápidamente durante el movimiento hacia arriba. Esta noción es un resto de la teoría del arrastre propulsor, que pretendía que la mano estaba empujando hacia atrás, no desplazándose hacia arriba. De hecho, la magnitud de la extensión del codo es mínima durante esta parte de la brazada para que los nadadores puedan mantener el antebrazo orientado hacia atrás hasta que se complete el

movimiento hacia arriba. El brazo puede extenderse ligeramente durante el movimiento hacia arriba para mantener la presión contra el agua que se desplaza hacia atrás, pero nunca debe extenderse tanto que el antebrazo empuje hacia arriba, en lugar de hacia atrás, contra el agua.

La propulsión del movimiento hacia arriba termina cuando la mano se acerca a la parte anterior del muslo, justo por debajo del extremo del bañador del nadador. En este momento, el codo habrá roto la superficie y el brazo estará avanzando para el recobro. Los nadadores no siguen empujando la mano hacia atrás hasta que llega a la superficie. Para hacerlo tendrían que estirar el brazo, lo que les haría empujar el agua hacia arriba con la parte ventral del antebrazo, que, a su vez, empujaría las caderas hacia abajo y reduciría su velocidad de avance aún más de lo que lo hace normalmente durante el recobro del brazo.

Los nadadores que empujan hacia arriba de esta manera se engañan al pensar que están empujando el agua hacia atrás, porque al hiperextender la muñeca pueden mantener la palma orientada hacia atrás hasta que llega a la superficie. Sin embargo, no pueden mantener el antebrazo orientado hacia atrás y el efecto retardador producido por el empuje hacia arriba del antebrazo anula cualquier propulsión extra que puedan producir con la mano al acercarse a la superficie.

La velocidad de la mano debe desacelerar durante la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba, y luego acelerar rápidamente durante el resto del movimiento. Para la mayoría de los nadadores, la mano alcanza su mayor velocidad durante esta fase de la brazada, entre 3 - 6 m/s según la distancia de la prueba (Schleihauf *et al.*, 1988; Maglischo *et al.*, 1986; Counsilman y Wasilak, 1982).

La relajación y el recobro

La vista lateral de la relajación del brazo derecha del nadador puede verse en la figura 4.5i (véase la página 116). Las vistas frontales se ven en la figura

4.6, con la relajación del brazo derecho en la figura 4.6j y del brazo izquierdo en la figura 4.6r (véase la página 119).

El recobro del brazo realmente empieza antes de que la mano salga del agua. Los nadadores deben dejar de empujar hacia atrás contra el agua al acercarse la mano al muslo y empezar a desplazarse hacia delante. En la relajación, la palma debe girar hacia dentro para que la mano pueda desplazarse hacia la superficie de canto. El arrastre por empuje que resulta del movimiento de la mano hacia arriba y hacia delante se reducirá si se presenta la menor área de superficie posible al agua.

El propósito del recobro es colocar el brazo en la posición para empezar otra brazada subacuática. Aunque ésta es una función importante, no es propulsora, de manera que los objetivos del recobro deben ser:

1. Pasar el brazo por encima del agua con la mínima alteración de la alineación lateral.
2. Proporcionar un corto período de esfuerzo reducido a los músculos del brazo, hombro y tronco.

Por estas razones, los nadadores deben relajar el brazo tanto como les sea posible durante el recobro, utilizando sólo el esfuerzo necesario para volverlo a meter en el agua por delante de ellos. Esto no requiere que los nadadores balanceen el brazo por encima del agua con gran velocidad o esfuerzo, sino simplemente con una velocidad moderada, un esfuerzo mínimo y una correcta colocación. Por consiguiente, la velocidad del brazo disminuirá algo al desplazarse la mano hacia la superficie después de relajar su presión sobre el agua. Sin embargo, los nadadores no deben hacer un esfuerzo consciente para reducir o aumentar esta velocidad. Deben simplemente permitir que el momento del movimiento hacia arriba lleve el brazo hacia arriba y fuera del agua. Se ilustra el recobro del brazo en la figura 4.12. Las fotografías tomadas por encima del agua muestran cómo los brazos salen del agua, entran en ella y realizan el recobro por encima. También muestran la técnica correcta de la respiración. A continuación se presentan descripciones de cada

fase.

El hombro debe salir primero del agua, seguido de la parte superior del brazo y del codo. El antebrazo y la mano salen del agua en último lugar. Cuando lo hacen, estarán desplazándose hacia arriba y hacia fuera. Los nadadores deben seguir balanceando el brazo por encima del agua con una trayectoria semicircular hasta que pase la cabeza, en cuyo momento deben empezar a extenderlo hacia delante para la entrada.

El cuerpo debe estar rotado aproximadamente 45º hacia el lado del recobro durante la primera mitad del mismo, de manera que el brazo pueda desplazarse por encima del agua con el codo alto. Éste debe ser la parte más alta del brazo desde que sale del agua durante el recobro hasta que entra otra vez por delante del hombro. Para lograrlo, el codo debe flexionarse de manera que el antebrazo y la mano pueden llevarse casi directamente debajo y sólo ligeramente por fuera. Realizar el recobro de esta manera reducirá la cantidad de movimiento hacia fuera del brazo, y esto reducirá la tendencia del brazo que se desplaza a arrastrar las caderas fuera de su alineación. Un movimiento excesivo hacia fuera del brazo tendría precisamente este efecto, haciendo que los nadadores serpenteen a lo largo de la piscina.

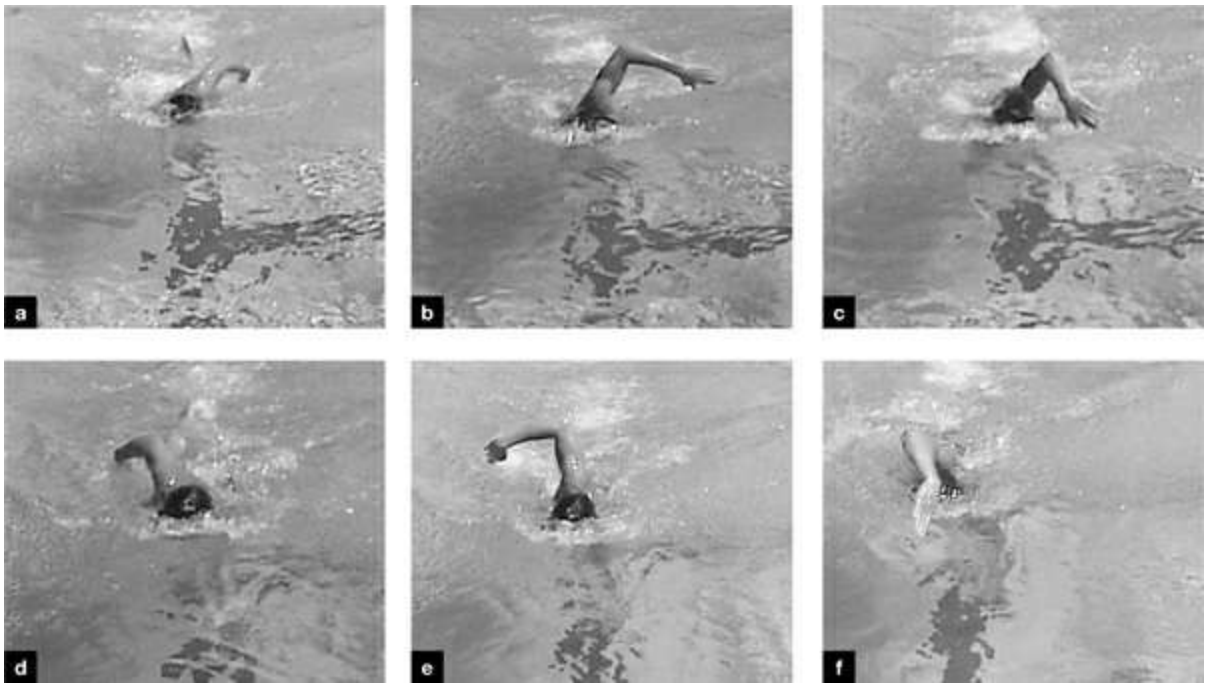


Figura 4.12. Fotografías tomadas por encima del agua de Craig Hutchison, nadador olímpico canadiense, mostrando su técnica de recobro y respiración.

(a) Salida del brazo izquierdo (obsérvese que está flexionado).

(b) Punto medio del recobro del brazo izquierdo.

(c) Extensión del brazo izquierdo para entrar en el agua.

(d) Salida del brazo derecho (obsérvese que está flexionado).

(e) Punto medio del recobro del brazo derecho.

(f) Entrada del brazo derecho (obsérvese que está de canto).

Algunos nadadores flexionarán el codo aún más al desplazarse el brazo por encima del agua para impedir que salga demasiado hacia fuera. Otros simplemente mantendrán el grado de flexión del codo que tenían cuando el brazo salió del agua, durante todo el recobro. Por supuesto que los nadadores de este grupo ya tendrán el brazo considerablemente flexionado cuando sale del agua.

Los nadadores deben empezar a extender el brazo hacia delante para la entrada cuando pasa por encima de la cabeza en el recobro. En este momento deben estar completando el movimiento hacia dentro con el otro brazo y rotando el cuerpo de vuelta hacia el lado opuesto. Aunque extienden el brazo hacia delante, las yemas de los dedos deben entrar de canto en el agua mientras que el brazo está todavía algo flexionado, de manera que la mano sea la primera parte del brazo que entra. Extender el brazo por encima del agua antes de que entre hará que el brazo y la mano choquen fuertemente contra el agua al mismo tiempo, aumentando el arrastre por empuje. Una vez que la mano haya entrado en el agua, los nadadores deben extender el brazo hacia delante de la forma descrita anteriormente en este capítulo para la entrada y el estiramiento.

El recobro con el brazo estirado

Recientemente, Inge de Brujin, de los Países Bajos, y Michael Klim, de Australia, han establecido marcas mundiales en las pruebas de velocidad en estilo libre utilizando el recobro con el brazo estirado, a pesar del hecho de que la mayoría de los expertos aconsejen no utilizar esta técnica por las siguientes razones. Primero, como ya he explicado, los nadadores desacelerarán durante la última parte del movimiento hacia arriba si extienden el brazo con fuerza contra el agua durante la última parte de este movimiento. Segundo, los nadadores que extienden el brazo cuando sale del agua también son más dados a rotar el cuerpo menos hacia el lado del recobro y, por lo tanto, más dados a lanzar el brazo hacia el lado durante la primera parte del mismo. Tercero, balancear el brazo hacia el lado tiende a arrastrar las caderas fuera de su alineación, haciendo que serpenteen a lo largo de la piscina.

Con todas estas posibilidades de alterar la alineación lateral, ¿por qué algunos nadadores han tenido tanto éxito con el recobro con el brazo estirado? Quizá porque se ajusta mejor al ritmo de sus brazadas.

Tanto de Brujin como Klim son también plusmarquistas mundiales en mariposa, donde los nadadores utilizan un amplio recobro lateral. Estos nadadores tienen habilidad para soltar el agua en el momento apropiado para que sus brazos no empujen hacia arriba contra el agua al extenderse. Ambos nadadores están también acostumbrados a desplazar los brazos más hacia fuera durante el movimiento hacia arriba para vencer la inercia al cambiar de dirección de hacia atrás y hacia arriba durante el movimiento hacia arriba a desplazarlos hacia arriba, hacia fuera y hacia delante durante el recobro. Dichos nadadores pueden sentirse simplemente más cómodos desplazando los brazos hacia fuera en un movimiento semicircular durante el movimiento hacia arriba y el recobro de la brazada en estilo libre.

También debe mencionarse que los nadadores de estilo libre que utilizan un recobro con el brazo estirado tienden a realizarlo con los brazos ligeramente más altos que lo que harían en mariposa. Esto es porque realizan el recobro con los brazos más por encima de la cabeza y con menos movimiento lateral rotando hacia el lado. Por consiguiente, el efecto negativo sobre la alineación lateral puede reducirse.

A pesar del éxito de estos nadadores, no recomendaría utilizar el recobro con el brazo estirado excepto en los casos en que los nadadores simplemente no pueden ejecutar el recobro tradicional con el codo alto con facilidad y eficacia.

La sincronización de los brazos

Las dos brazadas tienen una relación precisa entre sí que es muy importante para nadar rápidamente en estilo libre. Es importante porque los movimientos alternos de los brazos deben coordinarse con la rotación longitudinal del cuerpo, y viceversa, para facilitar la aplicación de la fuerza propulsora y mantener la posición hidrodinámica del cuerpo durante cada ciclo de brazada.

En cuanto a lo que concierne a la sincronización de las dos brazadas y la rotación del cuerpo, probablemente no existe ninguna área de la natación competitiva en la que es más evidente la falacia del viejo dicho de que “la práctica trae la perfección”. Existe un número enorme de nadadores, algunos de los cuales de mucho éxito, que no mantienen una relación correcta entre la rotación del cuerpo y los movimientos de los brazos. Sus técnicas defectuosas son normalmente causadas por respirar tarde, volver la cabeza al agua demasiado lentamente después de la respiración o no rotar el cuerpo bastante hacia el lado por el que no respiran después de respirar. Estos errores de sincronización se aprenden probablemente cuando los nadadores son jóvenes y están empezando a nadar. En este momento, sólo pueden pensar en lograr respirar y, por lo tanto, desarrollan algunos malos hábitos que perduran incluso después de que dominen el estilo.

El acontecimiento coordinador más importante entre las dos brazadas y la rotación corporal ocurre cuando el brazo de delante entra en el agua y el otro completa su movimiento hacia dentro. La combinación de un brazo que se desplaza hacia dentro y hacia arriba, hacia la línea media del cuerpo, mientras que el otro se desplaza hacia abajo y hacia delante para entrar en el agua debe ser acompañada de una rotación del cuerpo hacia el brazo que realiza la brazada. Rotar hacia el brazo que realiza la brazada en este momento preciso

permite a los dos lados del cuerpo desplazarse en la misma dirección que los brazos y mantener una buena alineación lateral. El otro aspecto positivo de rotar hacia el brazo que realiza la brazada en este momento es que dicho brazo puede empujar hacia atrás más directamente contra el agua durante el movimiento hacia arriba. Con el cuerpo rotado hacia el brazo que asciende, el nadador no tendrá que desplazarlo tanto hacia el lado para que la mano esquive el muslo en su camino hacia la superficie.

Otro aspecto importante de la sincronización entre las brazadas es que el brazo adelantado no debe empezar el movimiento hacia abajo hasta que el otro brazo haya completado su movimiento hacia arriba. Esto permite a los nadadores mantener el brazo que realiza la entrada en una posición hidrodinámica por delante mientras que el otro brazo está aplicando la fuerza propulsora. El brazo que entra, por lo tanto, crea menos arrastre por forma y por empuje que lo que crearía si estuviera empujando por debajo del contorno vertical del cuerpo. Por consiguiente, interferirá menos con los esfuerzos propulsores del brazo que realiza la brazada.

Cuando los nadadores nadan a gran velocidad, muchos contradicen lo que acabo de recomendar. Solapan el movimiento hacia abajo del brazo adelantado con el movimiento hacia arriba del otro brazo para que puedan empezar a aplicar la fuerza propulsora con el brazo adelantado casi inmediatamente cuando el otro brazo relaja la presión en el agua por detrás. Este método probablemente reduce la velocidad media por brazada, y distancia por brazada, mientras que aumenta el coste energético. No obstante, el aumento de la frecuencia de brazadas puede lograr tiempos más rápidos en distancias cortas. Sin embargo, es debatible si los nadadores deben ajustar su sincronización de esta forma. Un nadador destacado que no lo hace es Alexander Popov. Él depende de un batido excepcional y una maravillosa hidrodinámica en lugar de una rápida frecuencia cuando realiza carreras de velocidad. En todo caso, puede que los nadadores con batidos menos potentes no sean capaces de lograr tiempos rápidos con este método. A pesar del aumento de energía, y la reducción de la distancia por brazada, para obtener buenos tiempos puede que necesiten utilizar una frecuencia rápida solapando ligeramente el movimiento hacia abajo y el movimiento hacia arriba.

El ritmo de los brazos

El ritmo de los brazos es importante para mantener una frecuencia de brazada constante cuando uno se enfrenta a una fatiga creciente. Cuando están fatigados, los nadadores a menudo tienen dificultad para mover los brazos desde el final de una brazada hasta el comienzo de la próxima porque piensan en el ritmo de los brazos de forma incorrecta. Piensan en la brazada subacuática como la parte rápida y difícil y en el recobro como la parte lenta y fácil. Como resultado, a menudo desaceleran los brazos demasiado al sacarlos del agua. De hecho, deben tratar de mantener la velocidad del brazo desde el agarre, durante la brazada subacuática y el recobro, hasta la siguiente entrada con cada brazo. Al hacer esto, tenderán a redondear mejor las brazadas al salir el brazo del agua y lo seguirán moviendo rápidamente hasta que entre en el agua y se deslice hacia delante en preparación para la próxima brazada. No deben ejercer el mismo duro esfuerzo muscular durante el recobro que el que utilizan en la brazada subacuática, pero deben mantener la velocidad del brazo durante el recobro.

Enseñar la brazada

Se ilustra la trayectoria de una brazada de estilo libre dibujada en relación con el cuerpo en la figura 4.13. Esta trayectoria proporciona un medio excelente para enseñar a los nadadores a utilizar las diversas partes de la brazada correctamente. Se ha utilizado una vista inferior porque muestra mejor la naturaleza de la brazada.

Basándose en esta ilustración, una serie de instrucciones para enseñar la brazada subacuática del estilo libre sería así. La mano y el brazo se desplazan en una trayectoria en forma de S por debajo del cuerpo. Se desplazan hacia abajo en el primer tercio de la brazada subacuática (la primera curva de la S) hasta que alcancen la posición de agarre con el codo alto. Luego se desplazan hacia atrás y hacia dentro durante el tercio medio de la brazada (la segunda

curva de la S) hasta que la mano se encuentre por debajo del pecho y la línea media del cuerpo. En la última parte de la trayectoria en forma de S (la tercera curva de la S), la mano y el brazo se desplazan hacia atrás, hacia fuera y hacia arriba en dirección a la superficie. Se relaja la presión sobre el agua y empieza el recobro cuando la mano se acerca al muslo.

Figura 4.13. Una trayectoria de la brazada de estilo libre dibujada en relación con el cuerpo en movimiento de la nadadora.

La primera curva de la S no es propulsora y debe ejecutarse suavemente. La velocidad de la mano luego debe acelerar gradualmente a lo largo de los siguientes dos movimientos, logrando su mayor velocidad durante la tercera curva de la trayectoria en forma de S. Los nadadores deben utilizar la palma de la mano y la parte ventral del antebrazo y del brazo como una pala, para empujar hacia atrás contra el agua, a lo largo de las últimas dos curvas de la

trayectoria en forma de S.

Enseñar a los nadadores a trazar esta trayectoria en forma de S a lo largo del cuerpo contribuirá mucho a ayudarles a utilizar una buena trayectoria de brazada cuando nadan a estilo libre.

El batido

El batido está formado por movimientos alternos diagonales de las piernas con el movimiento descendente de una coincidiendo con el movimiento ascendente de la otra. Las direcciones principales de los batidos son hacia arriba y hacia abajo, y por lo tanto se denominan movimientos *ascendentes* y *descendentes*. Sin embargo, estos movimientos también contienen componentes laterales. De hecho, las piernas realizan un batido descendente y lateral y luego ascendente y lateral en la dirección en la que rota el cuerpo. El componente descendente del batido es mayormente responsable de su fuerza propulsora, mientras que el componente ascendente devuelve la pierna a la posición en la que puede empezar otro movimiento descendente. Las partes laterales de estos movimientos de las piernas probablemente ayudan a estabilizar y rotar el cuerpo para que los nadadores mantengan una buena alineación lateral al rotar de un lado al otro.

Como se muestra en las fotografías de la figura 4.14, la pierna se desplaza hacia arriba y hacia delante durante el movimiento ascendente. Por lo tanto, es muy dudoso que esta parte del batido sea propulsora. Su propósito es probablemente devolver la pierna a la posición en la que empieza el siguiente movimiento descendente. La pierna se desplaza hacia abajo y ligeramente hacia atrás durante el movimiento descendente a causa de la rápida extensión de la rodilla. Por lo tanto, ésta es sin duda la fase más propulsora, y puede muy bien ser la única fase propulsora del batido.

El movimiento descendente

El movimiento descendente es un movimiento de tipo latigazo que empieza con la flexión de la cadera, seguido de la extensión de la rodilla. Mientras que puede parecer que el movimiento descendente empieza después de que el pie del nadador llega a su punto más alto, no es así. De hecho el movimiento descendente empieza cuando la pierna sube por encima de la cadera. En este momento, el nadador flexiona ligeramente la rodilla y empuja hacia abajo con el muslo flexionando la cadera. En la figura 4.14a la nadadora está haciendo esto con su pierna izquierda. La parte inferior de su pierna, que debe estar relajada, es empujada hacia una posición aún más flexionada por la presión del agua por debajo de ella, dando la impresión de que todavía está ejecutando el movimiento ascendente. Sin embargo, en realidad el movimiento ascendente ha terminado y ha empezado el movimiento descendente.

La acción de flexionar la cadera y empujar hacia abajo con el muslo mientras que la parte inferior de la pierna sigue desplazándose hacia arriba supera la inercia del movimiento ascendente anterior, lo que permite realizar el cambio de dirección de la pierna de arriba hacia abajo con un mínimo de esfuerzo muscular. Como ya se ha mencionado, la presión del agua por debajo de la pierna también empujará el pie hacia una posición extendida, con los dedos del pie apuntando hacia arriba (flexión plantar) y el pie mirando hacia dentro (invertido) después de empezar el movimiento descendente. Esta posición puede verse claramente en la pierna izquierda de la nadadora en la figura 4.14b.

El agua sigue empujando la parte inferior de la pierna hacia una posición flexionada hasta que el muslo de la nadadora esté ligeramente por debajo de su cuerpo y su pie esté cerca o ligeramente por encima de la superficie del agua. En este momento, la nadadora extiende la rodilla rápida y fuertemente hasta que esté estirada del todo y ligeramente por debajo de su cuerpo, como se ve en las figuras 4.14c y d. La última parte del movimiento descendente es un empuje hacia abajo con el empeine del pie que devuelve el pie a una

posición natural, o parcialmente flexionada, con los dedos casi directamente por debajo del talón. Se ejecuta el movimiento descendente como una onda sinusoidal de contracción muscular. Empieza con la flexión de la cadera, se desplaza a lo largo del muslo a la rodilla, donde hay una rápida extensión de la pierna, y desde allí hacia el pie, que es empujado hacia abajo a una posición flexionada al finalizar el movimiento descendente.

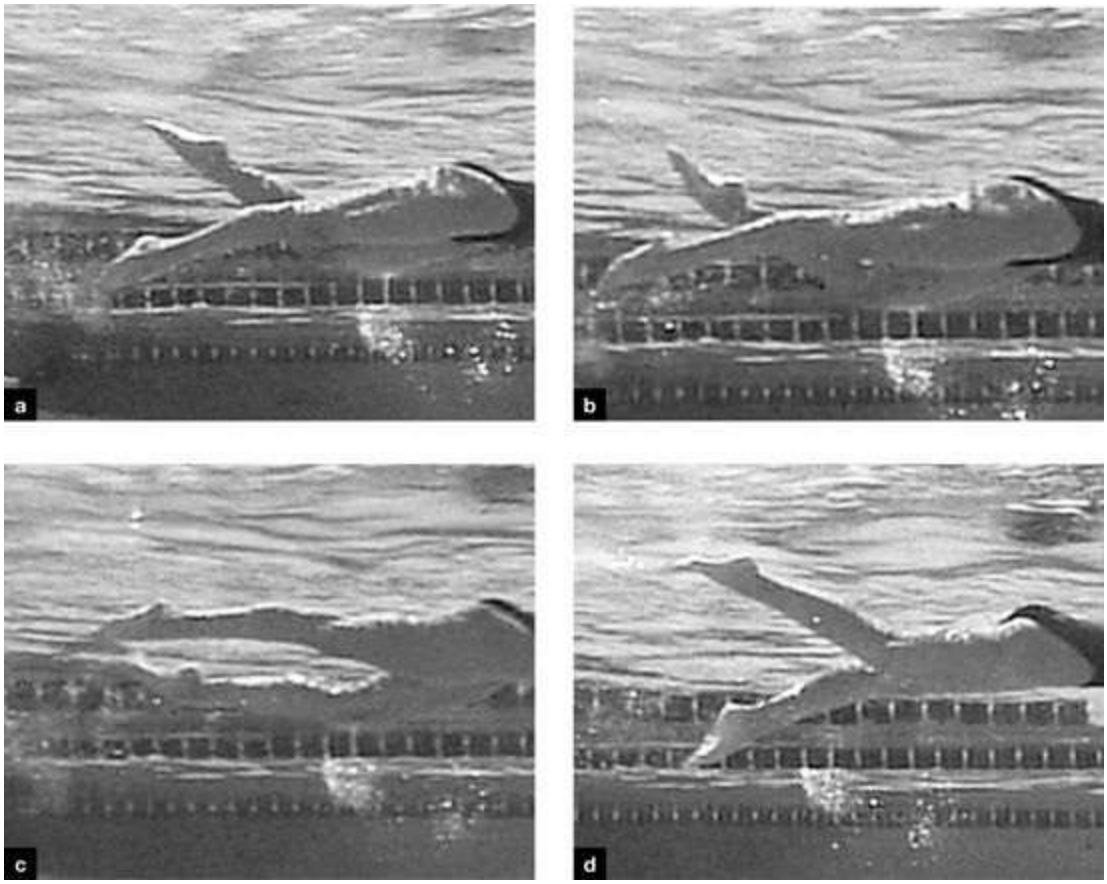


Figura 4.14. Secuencia de fotografías del batido de estilo libre.

(a) Comienzo del movimiento descendente de la pierna izquierda. Comienzo del movimiento ascendente de la pierna derecha.

(b) Comienzo de la extensión de la pierna izquierda. Continuación del movimiento ascendente de la pierna derecha.

(c) Continuación del movimiento descendente de la pierna izquierda. Final del movimiento ascendente de la pierna derecha.

(d) Final de movimiento descendente de la pierna izquierda. Comienzo del movimiento descendente de la pierna derecha.

El movimiento ascendente

El principio del movimiento ascendente coincide con el final del anterior movimiento descendente para superar la inercia de la pierna hacia abajo y cambiar su dirección de hacia abajo a hacia arriba. Esto ocurre de la siguiente forma. Cuando la nadadora extiende la parte inferior de la pierna hacia abajo, tiene un efecto de rebote que empuja el muslo hacia arriba, iniciando el movimiento ascendente. El movimiento hacia arriba del muslo también empuja la pierna hacia arriba una vez completado el movimiento descendente. La pierna se desplazará hacia arriba, hacia delante y lateralmente en la dirección opuesta a la rotación del cuerpo. En la figura 4.14, a-d, la nadadora está ejecutando el movimiento ascendente con su pierna derecha.

El efecto de la inercia del anterior movimiento descendente debería permitir a la nadadora utilizar sólo un mínimo de esfuerzo muscular para seguir el movimiento ascendente una vez empezado. Como se indicó en la sección anterior, el movimiento ascendente termina cuando la pierna pasa el nivel del cuerpo en su camino hacia arriba. Esto es cuando se flexiona la cadera para el próximo movimiento descendente.

Se debe ejecutar el movimiento ascendente con la pierna estirada. La presión del agua empujando hacia abajo contra la pierna la mantendrá extendida con el pie en una posición natural, a medio camino entre la flexión y la extensión, durante toda esta fase del batido. La parte inferior de la pierna y el pie deben relajarse durante el movimiento ascendente y seguir así hasta que la rodilla empiece a extenderse durante el próximo movimiento descendente.

El error más común que cometen los nadadores con un batido defectuoso es que flexionan la rodilla durante el movimiento ascendente. Esto hace que

la parte dorsal de la pierna empuje hacia arriba y hacia delante contra el agua creando arrastre por empuje que, como mínimo, reduce la velocidad de avance y, en casos extremos, causa que algunos nadadores se desplacen hacia atrás cuando realizan batidos con una tabla. Se ilustra el efecto de este error en la figura 4.15. La figura 4.15a muestra a un nadador que está realizando el batido correctamente con la pierna derecha en una posición extendida. La pierna se desplaza hacia arriba y hacia delante con un mínimo de esfuerzo. En cambio, la figura 4.15b muestra a un nadador que está flexionando su rodilla durante el movimiento ascendente. Esto le hace empujar el agua hacia delante con la pierna derecha y reduce la velocidad de avance.

La amplitud del batido

El batido no debe ser ni demasiado poco profundo ni demasiado profundo. Se reducirán la estabilización del cuerpo y la fuerza propulsora si es demasiado poco profundo, y tanto el arrastre por forma como el arrastre por empuje aumentarán si es demasiado profundo.

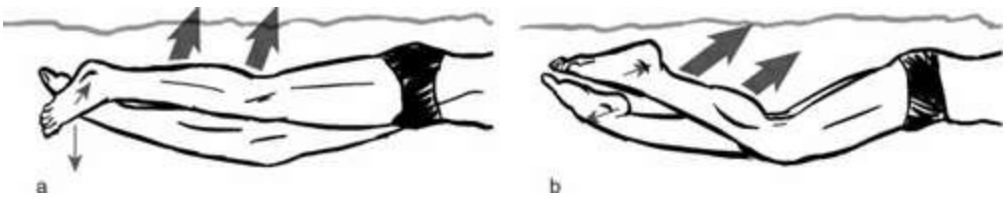


Figura 4.15. El efecto de flexionar la rodilla durante el movimiento ascendente. El nadador en (a) está ejecutando el movimiento ascendente correctamente, con la pierna estirada. El nadador en (b) está realizando el movimiento ascendente de forma incorrecta. Flexiona la rodilla y empuja el agua hacia delante, produciendo una fuerza contraria que reducirá su velocidad de avance.

Cuando se completa el movimiento descendente, el pie debe estar justo por debajo de la línea del cuerpo. Realizar un batido más profundo que esto no mejorará los efectos propulsores ni estabilizadores del batido. Sin embargo, aumentará el área de sección del cuerpo que se presenta al agua.

La separación óptima de las piernas en su punto más ancho es desconocida, pero probablemente oscila entre 50 y 80 cm. Allen (1948) encontró que para aumentar la fuerza propulsora una amplitud de batido de aproximadamente 30 cm era superior a una menos ancha de 15 cm.

El batido diagonal

Como se indicó anteriormente, los movimientos laterales de las piernas probablemente ayudan a la rotación y estabilización del cuerpo durante el batido. Esto es porque se facilita la rotación longitudinal del cuerpo y se puede conservar la alineación lateral si una pierna realiza el batido en la misma dirección que la rotación del cuerpo, mientras que la otra la realiza en la dirección opuesta. Por lo tanto, cuando los nadadores rotan el cuerpo hacia la derecha, una pierna debe realizar el batido diagonalmente hacia abajo y hacia la derecha, mientras que la otra lo realiza diagonalmente hacia arriba y hacia la izquierda. Estos movimientos diagonales de las piernas se invierten cuando el cuerpo se rota hacia el lado izquierdo.

El ejercicio común de practicar el batido con una tabla puede ser bueno para mejorar la resistencia de las piernas, pero inhibe el batido diagonal. Por esto, la mayoría de los ejercicios de batido deben realizarse sin tabla para que el batido pueda utilizarse en combinación con la rotación del cuerpo. Un ejercicio para este fin, el batido de lado, se describe más adelante en este capítulo.

¿Se debe utilizar el batido para la propulsión?

El hecho de que se pueda utilizar el batido tanto para la propulsión como para la estabilización se debatió en el capítulo 1. La pregunta aquí es si los nadadores de estilo libre deben utilizarlo para la propulsión o simplemente como estabilizador. Adrian, Singh y Karpovich (1966) han proporcionado la

información más provocadora en cuanto a este tema. Midieron el consumo de oxígeno de 12 nadadores competidores mientras sólo realizaban el batido, sólo utilizaban los brazos y cuando nadaban con el estilo completo. Afirmaron que los nadadores utilizaban casi cuatro veces más oxígeno cuando sólo realizaban el batido que cuando sólo utilizaban los brazos. Los requerimientos de oxígeno eran 24,5 l cuando realizaban el batido a una velocidad de 3,5 pies por segundo (57 s para 50 yardas), comparado con unos requerimientos de sólo 7 l cuando nadaban sólo con los brazos a la misma velocidad. Estos resultados también son confirmados por el trabajo de otros investigadores (Astrand, 1978; Charbonnier *et al.*, 1975; Holmer, 1974), quienes encontraron que realizar sólo el batido aumentaba considerablemente el coste energético de la natación.

Estos datos presentan un argumento persuasivo para que los nadadores fondistas y mediofondistas reduzcan sus esfuerzos en el batido para conservar la energía durante sus pruebas. Los requerimientos energéticos del batido son desproporcionadamente grandes en relación con la propulsión adicional que pueden proporcionar las piernas. Por lo tanto, parece aconsejable reducir el esfuerzo de las piernas al mínimo requerido para el apoyo y la estabilización durante las pruebas de fondo y medio fondo. Al hacerlo, los nadadores retrasarán la fatiga de manera que puedan nadar con una velocidad media más rápida durante toda la prueba. Sin embargo, las carreras de velocidad son otra cosa. Es más importante aumentar la fuerza propulsora que conservar la energía en una distancia corta. Por lo tanto, los nadadores deben realizar un batido vigoroso en las carreras de velocidad y durante el acelerón final en las carreras de fondo y medio fondo.

La sincronización de brazos y piernas

El ritmo de batidos se refiere al número de batidos realizados por el nadador durante cada ciclo completo de brazada. Un batido completo consiste en un movimiento ascendente y un movimiento descendente. Por lo tanto, estos dos

tiempos se han considerado tradicionalmente como uno cuando se describe la sincronización entre brazos y piernas. Dos brazadas constituyen un ciclo de brazada en el estilo libre.

Los nadadores de nivel mundial han utilizado una variedad de ritmos de batido con éxito. El ritmo más popular es el del batido de seis tiempos, en el que los nadadores completan seis movimientos de las piernas por cada ciclo de brazada. Otros ritmos populares son el de dos tiempos y el de cuatro tiempos.

El ritmo de seis tiempos es usado por la mayoría de los velocistas y gran número de mediofondistas, pero sólo pocos fondistas lo utilizan. Éstos han utilizado principalmente, aunque no exclusivamente, el ritmo de dos tiempos. El ritmo de cuatro tiempos, utilizado menos frecuentemente, es todavía popular entre un número significativo de nadadores. También se han probado batidos de ocho y diez tiempos a lo largo de los años, pero no tuvieron éxito y fueron abandonados.

El batido de seis tiempos

El ritmo de seis tiempos, ilustrado en la figura 4.16, incluye tres movimientos de la pierna por cada brazada o seis movimientos por ciclo de brazada. Se describe mejor el ritmo utilizando la relación entre los movimientos descendentes de las piernas y los diversos movimientos realizados por los brazos durante cada ciclo de brazada. Visto así, un movimiento descendente de la pierna está coordinado con cada uno de los tres movimientos de cada brazada subacuática. Si nos centramos en la brazada derecha, el movimiento hacia abajo de este brazo está coordinado con el movimiento descendente de la pierna derecha (véase la figura 4.16a). El movimiento hacia dentro de la brazada derecha está acompañado por un movimiento descendente de la pierna izquierda (véase la figura 4.16b), y hay otro movimiento descendente de la pierna derecha durante el movimiento hacia arriba del brazo derecho (véase la figura 4.16c). La sincronización es similar durante la brazada izquierda, con la pierna izquierda desplazándose hacia abajo durante el

movimiento hacia abajo del brazo izquierdo (véase la figura 4.16d), la pierna derecha desplazándose hacia abajo con el movimiento hacia dentro del brazo izquierdo (véase la figura 4.16e), y la pierna izquierda desplazándose de nuevo hacia abajo durante el movimiento hacia arriba del brazo izquierdo (véase la figura 4.16f).

La coordinación entre los movimientos de los brazos y los batidos de las piernas que se acaba de describir es tan precisa que el principio y el final de cada movimiento descendente de la pierna coincide exactamente con el principio y el final del movimiento correspondiente del brazo. Grandes movimientos de los brazos están acompañados por grandes batidos, pero el batido será más pequeño cuando el movimiento correspondiente del brazo también lo es. Esto explica por qué muchos nadadores que utilizan el batido de seis tiempos tienen movimientos mayores y menores durante cada ciclo de brazada.

El ritmo de seis tiempos es tan natural que la mayoría de los nadadores lo perfeccionan mediante el método de ensayo y error con poca o ninguna enseñanza. Esta sincronización indudablemente contribuye a la fuerza propulsora total producida durante cada brazada. Especialmente, el movimiento descendente de cada pierna que acompaña el movimiento hacia abajo de cada brazo probablemente desempeña un papel importante para reducir las tasas de desaceleración durante esta fase de la brazada. Además de las fuerzas propulsoras que proporcionan, los batidos de las piernas que acompañan el movimiento hacia dentro probablemente también ayudan a rotar el cuerpo hacia el brazo que realiza la brazada. El movimiento descendente que acompaña el movimiento hacia arriba del brazo probablemente contribuye a la fuerza propulsora total durante aquella fase de la brazada, mientras que también evita que las caderas sean arrastradas hacia abajo por el movimiento ascendente del brazo. Por supuesto, los componentes laterales del primer y tercer movimiento de la pierna también ayudan a la rotación del cuerpo y, así, a mantener la alineación lateral.

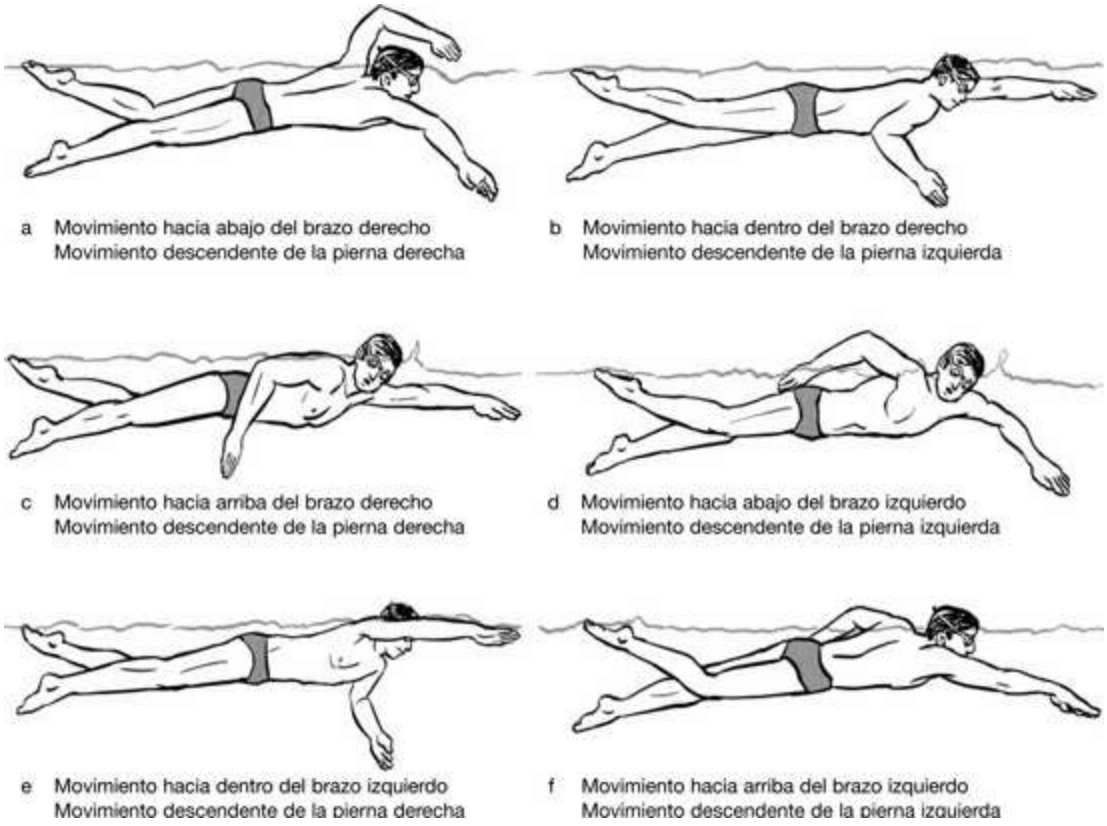


Figura 4.16. El batido de seis tiempos en el estilo libre.

El batido recto de dos tiempos

Existen dos formas del ritmo de dos tiempos que se utilizan hoy en día: el batido recto de dos tiempos, que se describirá en esta sección, y el batido cruzado de dos tiempos, presentado en la siguiente. Se muestra la sincronización del batido recto de dos tiempos en la figura 4.17. El nadador ejecuta dos movimientos descendentes con las piernas durante cada ciclo de brazada, o un movimiento descendente por cada brazada. Cada movimiento descendente de una pierna particular tiene lugar tanto durante el movimiento hacia dentro como durante el movimiento hacia arriba de la brazada correspondiente. Es decir, la pierna derecha realiza el movimiento

descendente durante la brazada derecha, y viceversa (véanse las figuras 4.17b y c para la brazada derecha, y las figuras 4.17 e y f para la izquierda).

Por supuesto, la otra pierna estará realizando el

movimiento ascendente al mismo tiempo que el movimiento descendente es realizado por la pierna opuesta. Después las piernas se quedan suspendidas en una posición abierta, o separada, mientras se realiza el recobro del brazo por encima del agua y mientras se desplaza hacia abajo a la posición del agarre. Por lo tanto, el batido no ayuda durante este período de desaceleración de la brazada.

El batido de dos tiempos requiere menos energía que otros ritmos, lo que puede explicar por qué es preferido por muchos fondistas. Las nadadoras, en particular, parecen inclinarse por este ritmo. Puede ser porque tienen generalmente más flotabilidad que sus compañeros masculinos y no requieren un ritmo de batido vigoroso para mantener una buena alineación lateral y horizontal del cuerpo.

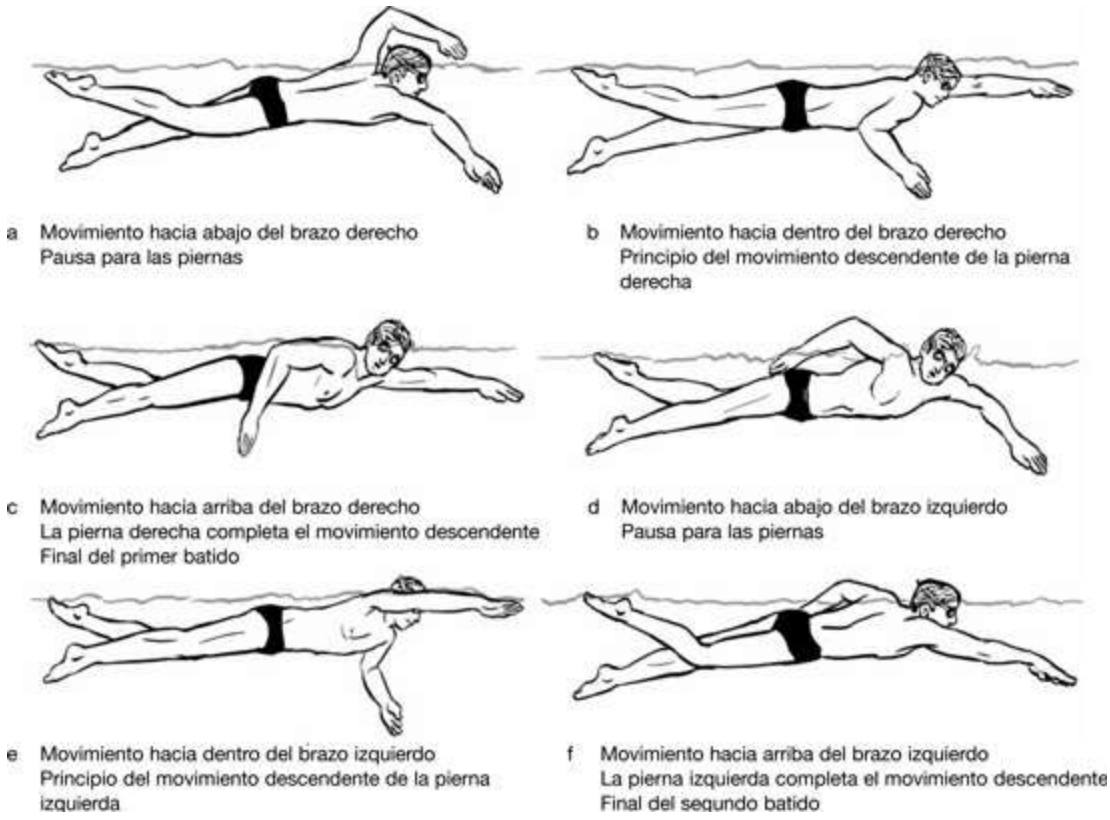


Figura 4.17. El batido recto de dos tiempos en el estilo libre.

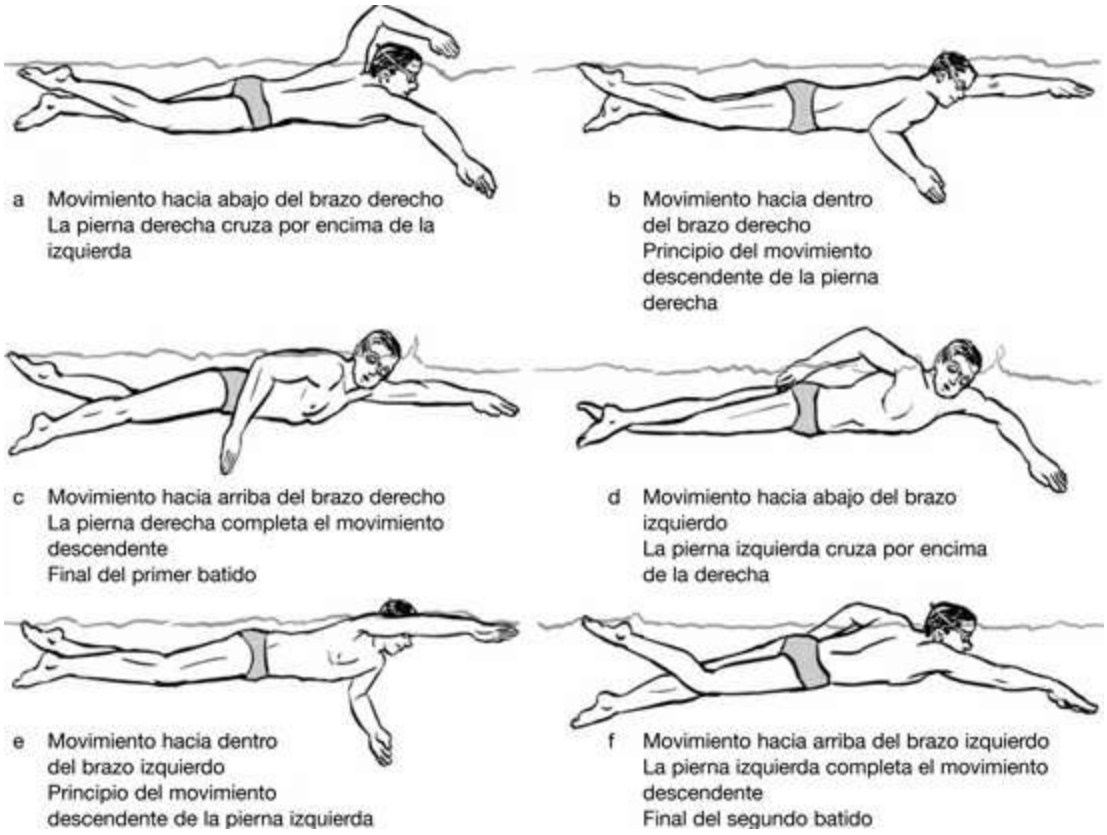
Los nadadores que utilizan el batido de dos tiempos tienden a modificar la sincronización de los brazos para compensar el hecho de que no estén realizando el batido durante los movimientos hacia abajo del brazo derecho e izquierdo. La primera modificación es un cambio en la fase del estiramiento. Los nadadores que utilizan el batido de dos tiempos tienden a realizar la entrada de un brazo más tarde que el otro y acortan el movimiento hacia abajo para rápidamente realizar el agarre. Quizás esto sea porque como no tienen un batido para reducir la tasa de desaceleración, necesitan reducir el tiempo que tardan para realizar este movimiento hacia abajo. La segunda modificación realizada por muchos nadadores que utilizan este ritmo es que acortan el movimiento hacia dentro de la brazada, probablemente porque no hay un batido de la pierna opuesta para proporcionar un contrapeso a este movimiento.

El batido cruzado de dos tiempos

El ritmo del batido cruzado de dos tiempos, ilustrado en la figura 4.18, es preferido por un número significativo de fondistas y mediofondistas masculinos. Llamarlo *el batido cruzado de dos tiempos* es realmente un nombre inapropiado porque existen realmente cuatro tiempos por ciclo de brazada: dos movimientos descendentes principales y dos movimientos menores cruzados. Los movimientos descendentes principales tienen lugar durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de la brazada correspondiente en una secuencia idéntica a la descrita para el batido de dos tiempos. Los movimientos parciales cruzados tienen lugar durante el movimiento hacia abajo de cada brazo, como muestran las figuras 4.18a y d.

Los movimientos cruzados se realizan de la siguiente manera. Las piernas no quedan suspendidas durante el movimiento hacia abajo del brazo, como hacían en el ritmo del batido recto de dos tiempos, sino que la pierna inferior

realiza un movimiento hacia arriba y hacia dentro, y la pierna superior realiza un movimiento hacia abajo y por encima, haciendo que se crucen en medio de sus respectivos movimientos. Los nadadores completan el movimiento hacia abajo del brazo mientras se cruzan las piernas, luego las descruzan a tiempo para ejecutar un movimiento descendente principal con la pierna del mismo lado que el brazo que realiza la brazada durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba.



La pierna que cruza la otra siempre será la que está del mismo lado que el brazo que realiza la brazada. En la figura 4.18a, es la pierna derecha la que cruza por encima de la izquierda mientras que el brazo derecho realiza el movimiento hacia abajo. La pierna izquierda cruza por encima de la derecha durante el movimiento hacia abajo del brazo izquierdo como muestra la figura 4.18d.

Este ritmo parece ser un término medio entre el batido de dos tiempos que

ahorra energía y el batido propulsor de seis tiempos. Algunos nadadores, particularmente los hombres con menos flotabilidad, probablemente han encontrado intuitivamente que el batido de dos tiempos no es bastante vigoroso para mantener una buena alineación horizontal y lateral de sus cuerpos, mientras que el batido de seis tiempos puede necesitar más energía de la que puedan mantener durante la distancia de la carrera. Por consiguiente, se han inclinado por el batido cruzado de dos tiempos, en el que dos pequeños movimientos cruzados mantienen la alineación y dos movimientos grandes ayudan a la propulsión. El ritmo cruzado de dos tiempos es también popular entre los nadadores que utilizan un amplio recobro lateral del brazo. El hecho de cruzar las piernas probablemente impide que las caderas sean arrastradas en la dirección del brazo que balancea hacia el lado.

El batido recto de cuatro tiempos

Existen también dos ritmos de batido de cuatro tiempos que utilizan los nadadores competidores, un batido recto de cuatro tiempos y un batido cruzado de cuatro tiempos. Las ilustraciones de la figura 4.19 muestran a un nadador que utiliza el batido recto de cuatro tiempos. El ritmo es realmente una combinación del batido de seis tiempos y del batido de dos tiempos descritos anteriormente. Los nadadores utilizan un ritmo de dos tiempos durante una brazada y seis tiempos durante la otra.

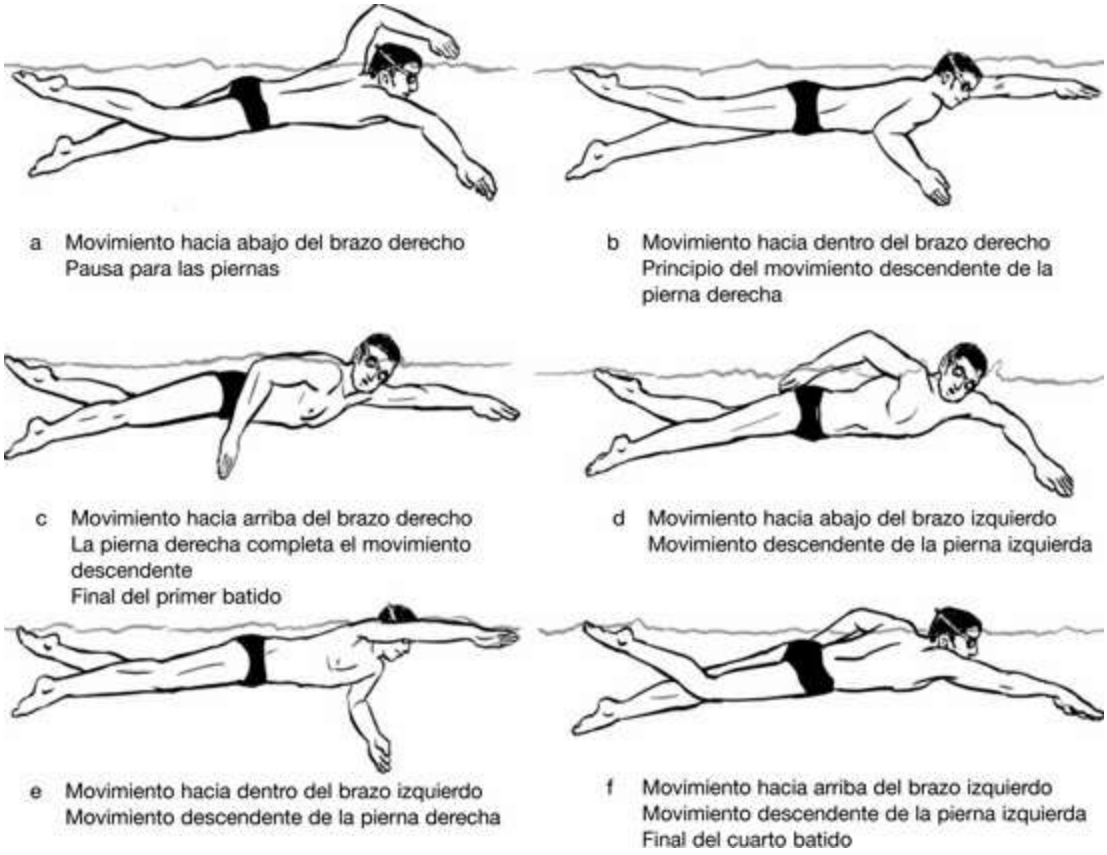


Figura 4.19. El batido recto de cuatro tiempos en el estilo libre.

Obsérvese que en las figuras 4.19a-c el nadador sólo realiza un movimiento descendente con su pierna derecha durante la brazada derecha. Este movimiento descendente tiene lugar durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de esta brazada, igual a como lo haría con el ritmo de dos tiempos. El nadador realiza tres movimientos descendentes durante la brazada izquierda, con cada movimiento acompañando un movimiento del brazo en la misma secuencia que la descrita para el batido de seis tiempos.

El batido de cuatro tiempos es, al parecer, una manera de ahorrar energía al reducir el número de movimientos por ciclo, mientras que al mismo tiempo se mantiene la alineación horizontal y, quizá, se gana más propulsión de la que puede proporcionar el batido de dos tiempos o el batido cruzado de dos

tiempos. La mayoría de los nadadores utilizan el ritmo de dos tiempos durante la brazada del lado por el que respiran. Esto puede evitar que el batido interfiera con los movimientos respiratorios del diafragma.

El batido cruzado de cuatro tiempos

El ritmo del batido cruzado de cuatro tiempos, ilustrado en la figura 4.20, es una combinación del ritmo cruzado de dos tiempos en un lado y el ritmo de seis tiempos en el otro. El movimiento cruzado se realiza durante el movimiento hacia abajo del brazo del lado donde sólo se produce un movimiento descendente principal (el lado izquierdo en la figura 4.20). Las piernas normalmente quedarían suspendidas durante esta fase si se utilizase un batido recto de cuatro tiempos. Pero los nadadores que utilizan el batido cruzado de cuatro tiempos cruzan las piernas, la superior por encima de la inferior, durante el movimiento hacia abajo de la brazada de este lado (véase la figura 4.20d). Luego descruzan las piernas a tiempo para realizar el movimiento descendente durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de este brazo (véanse las figuras 4.20e y f). Las piernas realizan tres movimientos descendentes en un ritmo normal de seis tiempos durante la brazada del otro brazo (el brazo derecho en las figuras 4.20 a-c).

La mayoría de los nadadores que utilizan el batido cruzado de cuatro tiempos, pero no todos, usan el ritmo de dos tiempos durante la brazada en el lado por el que no respiran. Como se mencionó anteriormente, los nadadores tienden a rotar menos hacia este lado, lo que hace que realicen el recobro del brazo con un movimiento lateral más amplio. Estos nadadores pueden estar utilizando el batido cruzado para contrarrestar el efecto alterador de este recobro amplio en su alineación lateral.

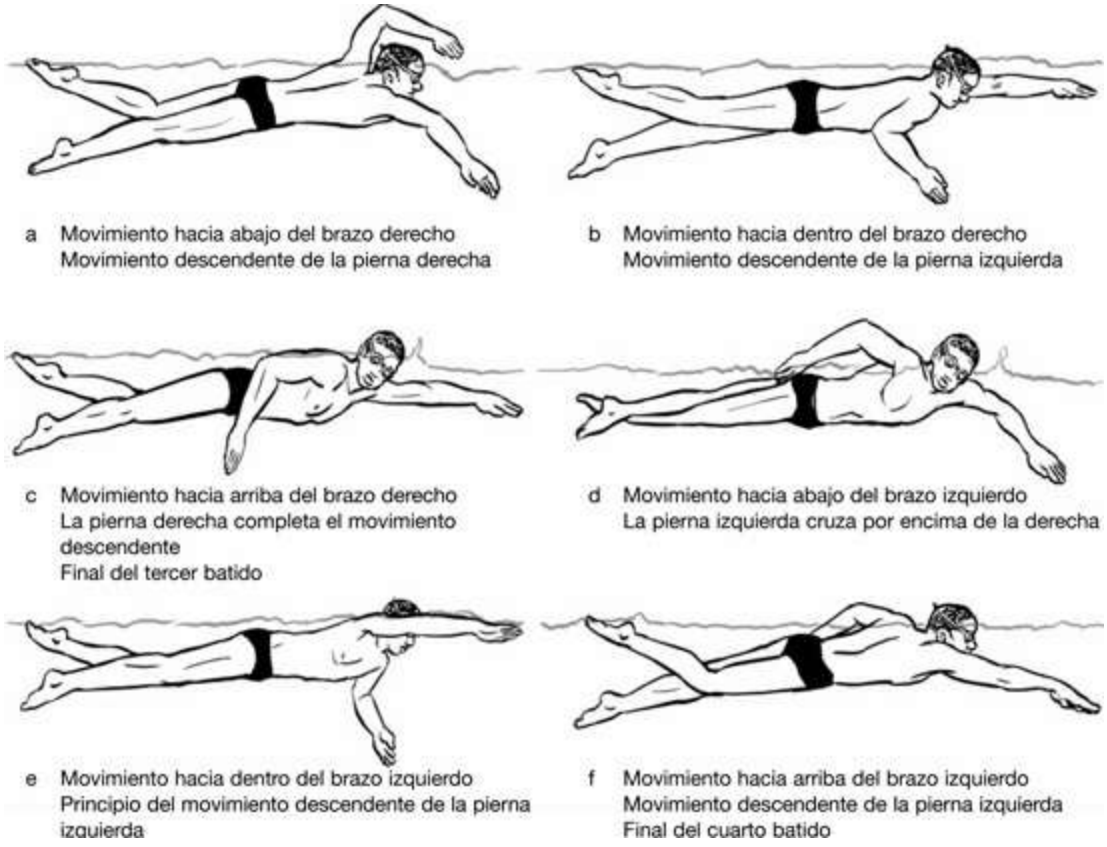


Figura 4.20. El batido cruzado de cuatro tiempos.

¿Cuál es el mejor ritmo de batido?

Es tentador recomendar el ritmo de seis tiempos como la mejor sincronización posible entre los brazos y las piernas. La forma en que los movimientos de las piernas coinciden con los movimientos propulsores de los brazos recuerda una pieza de maquinaria bien lubricada. No obstante, muchos nadadores de nivel mundial han tenido éxito en todas las distancias utilizando otros ritmos. Por lo tanto, el ritmo de seis tiempos no puede recomendarse para todo el mundo.

Quizá factores como la constitución corporal, la flotabilidad, las

debilidades musculares específicas, la flexibilidad específica de las articulaciones y varias capacidades fisiológicas hacen que sea más eficaz para algunos nadadores utilizar menos movimientos de batido por ciclo de brazada. En relación con este tema, Persyn, DeMaeyer y Vervaecke (1975), en el Instituto de Lovaina en Bélgica, han presentado los siguientes resultados de un estudio de 62 nadadores de nivel nacional de Bélgica y de Los Países Bajos.

- Los nadadores que utilizaban el batido cruzado de dos tiempos tenían las piernas más largas.
- Los nadadores que utilizaban el batido de seis tiempos tenían mayores capacidades vitales, una mayor habilidad para la rotación interna de la cadera, mayores manos, mayores tríceps y mayor fuerza en la extensión del hombro.
- Los nadadores que utilizaban el batido de seis tiempos podían realizar el batido más rápido en distancias cortas.
- Las piernas de los nadadores que utilizaban el batido de seis tiempos se hundían más fácilmente.

Según estos resultados, es posible que los nadadores con las piernas largas puedan inclinarse por los ritmos de dos y cuatro tiempos porque un ritmo de seis tiempos les haría nadar con una frecuencia de brazada demasiado lento. Quizás, también, los nadadores grandes, fuertes y flexibles con batidos rápidos que además no tienen mucha flotabilidad pueden preferir el batido de seis tiempos. Los nadadores con una gran capacidad vital pueden preferir ganar más propulsión con el batido de seis tiempos porque pueden compensar parcialmente el mayor coste energético con un mayor consumo de oxígeno. La rotación interna de la cadera probablemente hace que el batido sea más eficaz, lo que explicaría por qué los nadadores que tienen mayor habilidad que la media en esta faceta prefieren el ritmo más propulsor de seis tiempos. De la misma forma, los nadadores con mayores manos y más fuerza en los tríceps y los hombros probablemente tienden a realizar brazadas más largas en las que el batido de seis tiempos encaja mejor. Es fácil comprender por

qué los nadadores con una velocidad excepcional en el batido escogerían el ritmo de seis tiempos: pueden adquirir más fuerza propulsora con las piernas. Finalmente, los nadadores que no tienen mucha flotabilidad pueden necesitar ritmos de piernas más rápidos para evitar que éstas se hundan. Todas éstas son razones por las que los nadadores pueden encontrar un ritmo determinado más apropiado para sus habilidades especiales.

Figura 4.21. Una buena alineación horizontal en el estilo libre.

¿Qué pasa con los nadadores que escogen mal? Puede haber un número de nadadores con habilidad para el batido que utilizan el batido de dos tiempos o cuatro tiempos por razones que no tienen nada que ver con sus características y habilidades físicas. Pueden simplemente inclinarse por el ritmo de dos o cuatro tiempos que ahorra energía a causa de las demandas del entrenamiento. La necesidad de ahorrar energía durante largas sesiones de entrenamiento puede, de forma desapercibida, animar a algunos nadadores a cambiar del ritmo de seis tiempos a uno menos costoso. Y, una vez que el patrón de dos o cuatro tiempos se hace habitual, terminan utilizándolo también en la competición.

Sólo podemos especular sobre si estos nadadores podrían haber sido más veloces si se hubieran quedado con el ritmo de seis tiempos. Al fin y al cabo, hemos visto que algunos mediofondistas y fondistas pueden ahorrar energía y todavía tener éxito con un batido menos enérgico de seis tiempos. Se necesita una investigación controlada para determinar si los batidos de dos o cuatro tiempos son más eficaces para algunos nadadores o si el batido de seis tiempos es el estilo superior para todos.

La posición corporal y la respiración

Como se explicó en el capítulo 2, los nadadores encuentran menos resistencia cuando el cuerpo tiene una buena hidrodinámica tanto horizontal como verticalmente. La mecánica de la respiración es muy importante en este contexto porque probablemente el momento en que el cuerpo puede perder su alineación es cuando se gira la cabeza para respirar.

La alineación horizontal

La alineación horizontal se evalúa mejor desde la vista lateral, donde es fácil observar la profundidad y la inclinación del cuerpo. Se ilustra una buena alineación horizontal en la figura 4.21.

El nadador representado en la figura 4.21 es casi horizontal desde la cabeza hasta la punta de los pies de manera que su cuerpo ocupa un mínimo de espacio en el agua. Alinear el cuerpo horizontalmente de esta forma causa que menos corrientes de moléculas de agua se vuelvan turbulentas al pasar el cuerpo a través de ellas. También permite al agua rellenar la zona detrás del nadador más rápidamente de manera que se formen menos remolinos. Por lo tanto, el diferencial entre la presión alta delante del nadador y la presión baja detrás se minimiza para que se reduzca el efecto retardador sobre la velocidad de avance.

Las claves de una buena alineación horizontal son:

- una posición natural de la cabeza alineada con el tronco;
- la espalda bastante recta, y
- un batido estrecho.

Desafortunadamente, existen todavía muchas personas que creen que los nadadores necesitan subir por encima del agua para nadar rápidamente. Sin embargo, hoy en día sabemos que los nadadores deben tratar de permanecer en una posición horizontal. Cualquier tentativa de nadar por encima del agua requiere unos batidos más profundos con más fuerza para mantener la cabeza y los hombros por encima del agua. Al mismo tiempo, los nadadores deben empujar hacia abajo vigorosamente con los brazos durante el movimiento hacia abajo para dar soporte a esta posición alta del cuerpo. Mientras que es verdad que los nadadores sí se desplazan en una posición alta en el agua en las carreras de velocidad, no es necesario utilizar ninguno de estos esfuerzos que derrochan energía para mantener esta posición alta.

Los cuerpos de los nadadores tienden a desplazarse más altos sobre el agua simplemente porque están nadando rápido. Cuando los deportistas nadan rápido, el agua que se desvía por debajo del cuerpo tiende a empujarles hacia una posición natural en la que hidroplanean, que no requiere un esfuerzo adicional para mantenerla. De la misma forma, no hidroplanearán cuando nadan más lento simplemente porque la presión hacia arriba del agua que pasa por debajo del cuerpo se reducirá. Los nadadores no deben intentar mantener la cabeza más alta de forma poco natural, ni deben arquear la espalda excesivamente para alcanzar una posición alta del cuerpo. Deben permitir que la presión del agua haga el trabajo para ellos. Los nadadores que llevan la cabeza alta y la espalda arqueada aumentarán el arrastre total entre el 20% y el 35% (Clarys, 1979).

La cara debe estar en el agua con la línea de la superficie en algún punto entre la línea del pelo y la parte media de la cabeza. La línea de la superficie tenderá a estar en medio de la cabeza o más atrás en las carreras más largas y cuando los nadadores tienen menos flotabilidad. Tenderá a estar más cerca de la línea del pelo en las carreras más cortas y cuando los nadadores tienen más flotabilidad.

Los nadadores deben rotar, no levantar, la cabeza hacia el lado cuando respiran porque levantar la cabeza hará que las caderas y las piernas se hundan más en el agua. Cuando inspiran, un lado de la cara debe permanecer

en el agua. El nadador representado en la figura 4.12 (véase la página 126) tiene una buena posición de la cabeza cuando respira y cuando su cara está en el agua.

La amplitud de los batidos debe ser de forma que los pies alcancen justo por debajo de la superficie en el movimiento ascendente y sólo ligeramente por debajo del cuerpo en el movimiento descendente. De esta manera, los nadadores no aumentarán el arrastre innecesariamente incrementando la distancia vertical entre la superficie y la parte más baja del cuerpo.

Boomer (1996) recientemente ha propuesto una teoría acerca de la alineación horizontal que se ha hecho popular y que se llama *empujar la T*. El principio básico de esta teoría es que empujar el centro de flotabilidad, localizado en el tronco superior, hacia abajo en el agua hará que las piernas tengan una posición más alta en el agua. Ciertamente existen investigaciones y apoyo anecdótico para esta creencia (Pendergast *et al.,* 1977; Watkins y Gordon, 1983). Sin embargo, no estoy convencido de que empujar el tronco hacia abajo proporcione alguna ventaja en cuanto a mantener las piernas cerca de la superficie del agua. De hecho, puede interferir con el efecto natural de hidroplanear causado por la presión del agua por debajo del cuerpo. La presión del agua debe proporcionar a los nadadores con menos flotabilidad todo el apoyo que necesitan las piernas cuando nadan rápidamente. De momento, mi consejo sería que los nadadores no deben ni tratar de hidroplanear levantando la cabeza y arqueando la espalda, ni elevar las piernas empujando el pecho y los hombros hacia abajo en el agua. Deben simplemente alinear el cuerpo lo más horizontal posible desde la cabeza hasta la punta de los pies y dejar que la presión del agua por debajo de ellos determine su altura en el agua.

La alineación lateral

La alineación lateral en el estilo libre puede evaluarse mejor desde la vista superior o inferior. El nadador dibujado en la figura 4.22 visto desde abajo tiene una alineación lateral del cuerpo excelente al rotar su cabeza hacia la

izquierda para respirar. Sus caderas y sus piernas se mantienen dentro del contorno de sus hombros porque rota todo el cuerpo como una sola unidad desde la cabeza hasta los pies. Siempre que continúe rotando de esta manera, su cuerpo mantendrá una buena alineación lateral tanto si rota hacia la derecha como hacia la izquierda.

Rotar el cuerpo de lado a lado en sincronización con los movimientos horizontales y laterales de los brazos es una técnica importante que ayuda a los nadadores de estilo libre a mantener una buena alineación lateral porque el cuerpo tiende a mantenerse alineado cuando sigue los movimientos de los brazos. Rotar es, y debe ser, una reacción natural a los movimientos de la brazada. El cuerpo debe seguir los movimientos de los brazos, rotando los hombros, el tronco, las caderas y las piernas hacia abajo de un lado cuando el brazo de este mismo lado se desplaza hacia abajo, y hacia arriba del otro lado cuando ese brazo se desplaza hacia arriba. De otra forma, como ya se ha mencionado, las caderas y las piernas balancearán de lado a lado.

Figura 4.22. Buena alineación lateral en estilo libre.

Aunque es posible rotar en exceso, la mayoría de los nadadores rotan demasiado poco. Sólo cuando los nadadores tratan de impedir que el cuerpo rote, los movimientos horizontales y laterales de los brazos arrastran las caderas y las piernas fuera de su alineación. El viejo dicho de que "nadar con una posición plana del cuerpo reduce el arrastre" es falso. Los mejores nadadores de estilo libre rotan continuamente el cuerpo de un lado a otro durante cada ciclo de brazada. De hecho, pasan más tiempo de lado que en una posición plana. Los nadadores de estilo libre expertos rotarán en un rango de 40º a 45º hacia el lado por el que no respiran (desde una posición prona) y rotarán aproximadamente 50º a 60º desde la misma posición prona hacia el lado por el que respiran (Levinson, 1987). Sánchez rota correctamente en la figura 4.6 (véanse las páginas 118 y 119).

El estilo estirado

Recientemente, el gran éxito de Alexander Popov ha causado que algunos expertos hayan recomendado su largo *estilo estirado* como la manera ideal de nadar estilo libre. El resultado ha sido algunas interpretaciones erróneas de su estilo, particularmente entre aquellos expertos que están recomendando que los nadadores utilicen una brazada parcial *"a tirones"*. El *estilo estirado* es aquel en el que un brazo entra en el agua mientras que el otro está desplazándose hacia abajo para el agarre. Quiero desaconsejar la adopción general de este estilo.

Extender el brazo completamente hacia delante después de que entre en el agua ciertamente mejora la hidrodinámica mientras que el otro brazo está completando su fase propulsora. Pero el estiramiento puede exagerarse si los nadadores utilizan un estilo parcial *a tirones*, en el que esperan hasta que el brazo trasero haya salido del agua y haya iniciado el recobro antes de empezar a desplazar el brazo adelantado hacia abajo para realizar el agarre.

Nadar de esta forma extenderá el período de desaceleración que se produce entre el final de la fase propulsora con el brazo trasero y el comienzo de la fase propulsora del brazo adelantado.

Los nadadores necesitan un fuerte batido de seis tiempos para utilizar el estilo parcial a tirones porque tienen que depender de la propulsión del batido durante el período de desaceleración entre las fases propulsoras de los dos brazos. Incluso así, se podría argumentar que desacelerarían menos si el período entre el final de la propulsión de un brazo y el comienzo de la propulsión del otro fuera más corto.

No se recomienda a ningún nadador deslizar con el brazo adelantado después de que el otro haya completado la fase propulsora, pero debe evitarse especialmente en los nadadores que tienen un batido débil de seis tiempos y en los que utilizan ritmos de cuatro o dos tiempos. De la misma forma, deslizar no funcionará para los nadadores que tienen un débil movimiento hacia arriba. Una menor propulsión del batido, o un débil movimiento hacia arriba, combinados con un deslizamiento simplemente producirá una mayor desaceleración entre las fases propulsoras de las brazadas. Por esta razón, hacer hincapié en una larga brazada estirada con una frecuencia de brazada lenta, mientras que pueda aumentar la distancia por brazada, reducirá la velocidad de avance para muchos nadadores.

Para mantener una alta velocidad nadando, los nadadores con un débil batido de seis tiempos o batidos de ritmo asimétrico necesitan utilizar una frecuencia de brazada más rápida que otros. Suponiendo que tengan una habilidad similar en sus brazadas, los nadadores con una altura media o menor que la media también necesitarán una frecuencia más rápida que los competidores más altos porque estarán cubriendo menos distancia por brazada. Por estas razones, algunos nadadores no pueden permitirse estirar el brazo adelantado durante mucho tiempo después de su entrada en el agua y antes de que empiecen a desplazarlo hacia abajo para el agarre.

Al mismo tiempo, éstos, al igual que los demás nadadores, no deben empezar a desplazar este brazo hacia abajo mientras que el otro está aplicando la fuerza propulsora, sino que deben estirar el brazo adelantado, justo por debajo de la superficie, para mejorar la hidrodinámica sólo hasta

que completen la fase propulsora de la brazada subacuática del otro brazo. Además, deben empezar a desplazar el brazo adelantado hacia abajo, desde su posición estirado hacia la posición del agarre en el momento preciso en el que el brazo trasero relaja su presión propulsora sobre el agua. Como se mencionó anteriormente, esto será cuando el brazo trasero se acerque al muslo, no cuando salga del agua. No se debe aconsejar a ningún nadador que continúe estirando el brazo adelantado después de que se hayan completado los esfuerzos propulsores del brazo trasero simplemente porque hacerlo aumentará la distancia que avanza el cuerpo durante cada brazada.

Debo mencionar dos aspectos antes de acabar este apartado. El primero es que Popov no desliza demasiado tiempo. Mientras que su brazada es ciertamente larga y extiende el brazo totalmente después de meterlo en el agua, las filmaciones subacuáticas revelan que empieza el movimiento hacia abajo con el brazo adelantado precisamente en el mismo momento en el que deja de empujar hacia atrás con el brazo trasero. El segundo es que lo que se ha denominado *nadar en los cuadrantes delanteros* no es necesariamente incorrecto. En este método, para describir la sincronización entre los dos brazos en el estilo libre, una brazada entera es descrita como un círculo que contiene cuatro cuadrantes. Los dos cuadrantes delanteros son las partes de la brazada realizadas en el aire y debajo del agua que constituyen la última mitad del recobro y la primera mitad de la brazada subacuática. Los dos cuadrantes traseros son donde ocurren la última mitad de la brazada subacuática y la primera mitad del recobro. Se ha recomendado que la sincronización de los brazos debe ser de forma que el brazo que realiza la brazada esté en algún lugar del cuadrante delantero subacuático cuando el brazo que realiza el recobro esté en el cuadrante delantero por encima del agua del círculo de la brazada. La sincronización entre las dos brazadas se considera incorrecta si el brazo que está debajo del agua está en el cuadrante trasero subacuático cuando el brazo que realiza el recobro entra en el cuadrante delantero por encima del agua.

Esta descripción es precisa en cuanto indica el rango correcto de posiciones de los dos brazos. De esta forma, los nadadores comprenderán la relación correcta entre el brazo que realiza la brazada y el que realiza el recobro, siempre que no demoren el comienzo del movimiento hacia abajo del brazo adelantado hasta que el brazo del recobro haya entrado en el

cuadrante delantero por encima del agua. Desafortunadamente algunos han interpretado *nadar en los cuadrantes delanteros* como si esto significase exactamente que un brazo no debe empezar el movimiento hacia abajo hasta que el otro esté entrando en el agua, o esté muy cerca de hacerlo. Esta interpretación de nadar en los cuadrantes delanteros no es correcta y determinará períodos de desaceleración más largos que lo que sería deseable entre las fases propulsoras de las dos brazadas.

La respiración

Los nadadores de estilo libre, incluso los muy buenos, tienden a cometer muchos errores cuando giran la cabeza a un lado para respirar. Giran la cabeza demasiado tarde, la levantan del agua y la desplazan hacia atrás fuera de su alineación con el cuerpo. De hecho, los movimientos de la cabeza deben estar coordinados con la rotación del cuerpo de manera que los nadadores de estilo libre puedan respirar sin alterar la alineación lateral. Se muestra la posición correcta desde la superficie en la figura 4.23.

Figura 4.23. Una fotografía de la vista lateral de un nadador respirando por debajo de la ola de proa al completar el movimiento hacia arriba con el brazo. El nadador es Craig Hutchison.

Craig Hutchison, el nadador fotografiado en la figura 4.23, rota su cara hacia la superficie al realizar el brazo del mismo lado el movimiento hacia arriba al final de la brazada subacuática. Su boca no parece estar por encima del agua cuando respira porque está respirando en la base de una ola de proa que se creó alrededor de su cabeza. Realiza la inspiración durante la primera mitad del recobro y vuelve la cara al agua durante la segunda mitad. Su cuerpo rota de forma máxima al lado por el que respira durante el movimiento hacia arriba. Así sólo necesita rotar la cabeza una corta distancia para que su boca esté fuera del agua y pueda inspirar. No le hace falta levantar la cabeza ni desplazarla desde la línea media del cuerpo.

La vuelta de la cara al agua también está coordinada con la rotación del cuerpo. Esta acción tiene lugar durante la segunda mitad del recobro del brazo cuando el brazo del lado por el que respira se extiende hacia delante para la entrada y el cuerpo está rotando de vuelta al lado por el que no respira.

Con la excepción de las carreras de velocidad, los competidores deben respirar una vez cada ciclo de brazada. En las pruebas más largas, necesitan una provisión estable de oxígeno para retrasar la fatiga. Los nadadores no deben mantener la respiración en estas carreras, sino que deben empezar a espirar inmediatamente después de inspirar. Sin embargo, deben sincronizar la espiración de manera que no necesiten otra inspiración hasta que hayan completado un ciclo de brazada. La espiración debe ser muy lenta al principio, dejando escaparse sólo suficiente aire por la boca y la nariz para reducir la presión torácica. Deben continuar espirando lentamente hasta que la boca haya vuelto cerca de la superficie para inspirar otra vez, en cuyo momento deben espirar el aire restante de forma explosiva, inspirar otra vez y empezar otro ciclo respiratorio. Las inspiraciones deben ser mayores que las normales, pero no excesivas. Los nadadores no deben jadear. Las espiraciones deben ser completas pero no forzadas. Se necesita poca enseñanza de cómo inspirar y espirar. La práctica y las demandas de la prueba entrenarán a la mayoría de los nadadores a respirar de la forma más económica posible.

La respiración alterna

Mientras que el patrón normal es respirar sólo en un lado, y en el mismo lado cada vez, algunos nadadores prefieren respirar por ambos lados en un estilo llamado *respiración alterna*. Con este método, respiran dos veces durante cada tres ciclos de brazada, respirando por el lado derecho en un ciclo de brazada, por el lado izquierdo en otro y dejando de respirar en el ciclo intermedio. Otro estilo de respiración alterna es respirar dos veces a la izquierda, completar un ciclo de brazada sin respirar y luego respirar dos veces por el lado derecho. En este caso, los nadadores respiran cuatro veces durante cada cinco ciclos de brazada.

Muchos nadadores de nivel mundial han utilizado la respiración alterna, particularmente las mujeres. Sin embargo su uso es controvertido y hay muchos defensores y oponentes firmes entre los nadadores y entrenadores de elite. Se han citado las siguientes ventajas de la respiración alterna:

- La brazada será más simétrica. La respiración alterna anima a los nadadores a rotar el cuerpo igualmente a ambos lados, lo que aumenta la rotación corporal y mejora la hidrodinámica por el lado en que no respiran. Una mayor rotación corporal debe mejorar también la mecánica subacuática para la brazada del lado por el que no respiran porque los nadadores no tendrán que utilizar parte de la fuerza para rotar el cuerpo de vuelta del lado por el que se respira.
- Puede que la respiración alterna mejore la capacidad de difusión pulmonar para que se extraiga más oxígeno del aire inspirado por los nadadores.
- Los nadadores pueden observar a los competidores a ambos lados durante las pruebas.

El argumento más convincente en contra de la respiración alterna es que se

reducirá la provisión de oxígeno, lo que puede hacer que los nadadores se fatiguen más pronto en las carreras. Ésta es evidentemente una enorme desventaja que, potencialmente, podría anular todas las ventajas enumeradas anteriormente, y por esta razón no la recomiendo para las competiciones. Dicho esto, debo también aclarar que hay excepciones a todas las reglas. Ciertos deportistas nadan más rápidamente cuando respiran de forma alterna. Estos nadadores normalmente tienen un defecto serio en su brazada que se corrige mediante la respiración alterna, lo que les permite cubrir la distancia más rápidamente a pesar de una provisión de oxígeno reducida. Por supuesto, es preferible corregir la brazada sin tener que recurrir a la respiración alterna, pero si el problema es serio y la respiración alterna es el único método que lo rectifica, dichos nadadores deben utilizarla.

Puedes comprobar la eficacia de la respiración alterna con un procedimiento sencillo que llamo *repeticiones experimentales*. Los nadadores deben completar varias series largas de repeticiones experimentales, sumando de 2.000 a 4.000 m a gran velocidad a lo largo de un período de varias semanas. Deben utilizar la respiración alterna en las repeticiones pares y la respiración convencional en las impares dentro de estas series, y deben prestar especial atención a los tiempos de estas repeticiones y el grado de esfuerzo necesario para obtener estos tiempos. Los nadadores que son continuamente más rápidos o que sienten que nadan con más facilidad las repeticiones pares deben considerar utilizar la respiración alterna en las competiciones. Los otros deben quedarse con la respiración por un solo lado.

Aunque no recomiendo la respiración alterna en las competiciones, excepto en circunstancias especiales, esta técnica puede ser una ayuda muy valiosa si se utiliza en el entrenamiento. Recomiendo que todos los nadadores aprendan la respiración alterna durante los años de formación porque puede animarles a rotar igualmente a ambos lados y nadar más simétricamente cuando se están desarrollando sus brazadas. Luego pueden cambiar a la respiración convencional por un solo lado una vez desarrollada su brazada.

Errores comunes del estilo libre

Algunos de los errores más comunes cometidos por los nadadores se describen en esta sección para ayudar a los lectores a diagnosticarlos y corregirlos.

Errores de brazada

Esta sección trata de los errores de brazada y las correcciones apropiadas. Es importante realizar estos ajustes para lograr una técnica correcta.

Errores de la entrada y del recobro

Los errores más comunes que cometen los nadadores durante el recobro del brazo son: (1) utilizar un esfuerzo excesivo, (2) balancear el brazo por encima del agua demasiado bajo y lateral, (3) *estirar demasiado* y (4) *estirar demasiado poco*. El error más común de la entrada es (5) empujar el agua hacia delante.

1. Mantener un recobro relajado no es fácil para los nadadores cuando quieren nadar rápidamente. Su reacción natural es realizar un recobro rápido de los brazos por encima del agua cuando quieren aumentar su velocidad. Lo que no entienden es que el brazo que realiza el recobro está desplazándose una distancia más corta y a través de un medio menos denso que el brazo que realiza la brazada. Por consiguiente, el brazo que realiza el recobro llegará a la posición de entrada demasiado pronto si su velocidad acelera y esto alterará la rotación del cuerpo y el ritmo de brazada. Además, empujar el brazo hacia delante puede arrastrar las caderas fuera de su alineación lateral, particularmente si el recobro se realiza con un amplio balanceo del brazo hacia el lado. Otro problema del recobro rápido es que los nadadores pueden

acortar el movimiento hacia arriba del brazo que realiza la brazada para empezar el movimiento hacia abajo con el otro brazo. Por supuesto, esto acortará la que es probablemente la fase más propulsora de la brazada.

Aunque los nadadores desplazan los brazos más rápidamente durante el acelerón hacia la meta, el mecanismo para hacerlo es aumentar la velocidad del brazo a lo largo de toda la brazada. Cuando se hace esto, el brazo del recobro naturalmente se moverá más rápidamente por encima del agua para mantener la correcta relación con el brazo que realiza la brazada. Sin embargo, incluso en estas circunstancias, el recobro debe seguir manteniendo la inercia y la relajación lo máximo posible.

Los nadadores deben permitir en el momento del movimiento hacia arriba llevar el brazo hacia delante al recobro, y deben utilizar el mínimo esfuerzo posible para que el brazo siga moviéndose durante la entrada. En este contexto, deben relajar gradualmente la presión sobre el agua al romper el codo la superficie y superar su inercia hacia atrás empezando a proyectar el brazo hacia delante, elevando el hombro al atravesar la mano la superficie.

2. Cuando los nadadores realizan un recobro bajo y lateral por encima del agua, normalmente arrastran las caderas fuera de su alineación en la dirección opuesta. Estos movimientos de un lado al otro hacen que el nadador ocupe más espacio en el agua. Además, los movimientos de un lado al otro harán que el nadador empuje agua hacia delante con las caderas y las piernas. Todas estas acciones aumentarán el arrastre por forma y por empuje y reducirán dramáticamente la velocidad de avance. Los nadadores deben mantener los codos flexionados y más altos que las manos durante el recobro, y deben realizarlo de forma que el brazo avance con el mínimo de movimiento lateral.

3. El error de *estirar demasiado* ocurre cuando el nadador extiende su brazo demasiado antes de meterlo en el agua. Se ilustra el efecto de este error en la figura 4.24. Este nadador ha extendido su brazo hacia delante hasta que está casi completamente estirado antes de meterlo en el agua. Como resultado, la parte ancha ventral de su brazo cae encima del agua, empuja un gran segmento de agua hacia abajo y hacia delante lo que reduce su velocidad de avance.

Figura 4.24. Estirar demasiado durante la entrada.

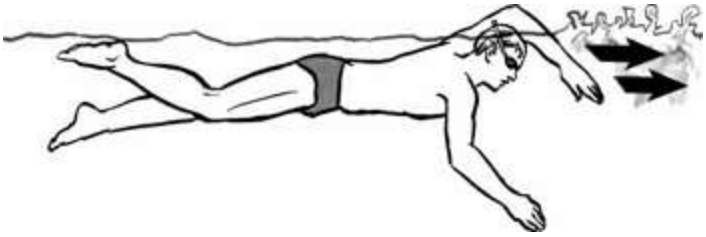


Figura 4.25. Estirar demasiado poco durante la entrada.

Los nadadores estiran demasiado normalmente porque tratan simplemente de extender el brazo hacia delante demasiado pronto después del recobro. Empiezan a extender el brazo hacia delante para la entrada antes de que haya pasado el hombro, y esta extensión anticipada hace que el codo y el brazo empujen hacia abajo y hacia delante a través del agua antes de que entre la mano. Se debe enseñar a los nadadores a mantener el codo alto durante el recobro. No deben empezar a extender el brazo hacia delante para su entrada hasta que haya pasado la cabeza, y la mano debe entrar en el agua antes de que el brazo se encuentre totalmente estirado.

4. *Estirar demasiado poco* es el error opuesto, ilustrado en la figura 4.25. Este nadador realiza la entrada demasiado cerca de su cabeza, y luego empuja inmediatamente su brazo hacia delante y hacia abajo para el agarre. Cuando lo hace, existe una tendencia a empujar la parte dorsal del antebrazo y de la mano hacia delante debajo del agua, lo que aumentará el arrastre por empuje y reducirá la velocidad de avance.

Este estilo de entrada fue popular durante un tiempo porque los entrenadores creían que colocaba el brazo con el codo alto antes una vez

realizada la entrada. Ahora nos damos cuenta de que el brazo que entra debe estirarse justo por debajo de la superficie del agua después de su entrada de manera que pueda permanecer alineado con el cuerpo hasta que el brazo trasero haya completado su fase propulsora.

5. También puede aumentar el arrastre por empuje si la palma de la mano no está alineada con el antebrazo al entrar en el agua. Algunos nadadores realizan la entrada con la muñeca flexionada, lo que hace que empujen el agua hacia delante con el dorso de la mano al estirarla por delante debajo del agua.

Es posible meter la mano en el agua sin empujar ésta hacia delante cuando la palma mira hacia abajo. De hecho algunos nadadores muy buenos lo hacen. Sin embargo, los nadadores tienen menos probabilidad de empujar el agua hacia delante si las manos entran con las palmas giradas ligeramente hacia fuera. Por lo tanto, la mayoría utilizan este método. En lo que concierne a la entrada, el mejor consejo es deslizar la mano dentro del agua con la palma girada hacia fuera y sin flexionar, o sólo muy poco, la muñeca. Los nadadores que prefieren entrar con la palma plana deben deslizar las yemas de los dedos dentro del agua primero y luego meter la mano por el agujero abierto por las yemas. La muñeca puede estar flexionada al empezar a entrar en el agua, pero debe estirarse y alinearse con la mano antes de que desaparezca por debajo de la superficie. El dorso de la mano no debe empujar hacia delante contra el agua.

Errores del movimiento hacia abajo

Los errores más comunes durante esta fase de la brazada son: (1) dejar caer el codo, (2) mantener el brazo extendido, (3) deslizar la mano demasiado hacia el lado y (4) deslizar el brazo hacia el lado demasiado poco.

1. El error del codo caído descrito en el capítulo 3 e ilustrado en la figura 3.10 (véase la página 88) es el resultado de la tentativa de empujar contra el

agua antes de que el brazo esté mirando hacia atrás. Cuando los nadadores tratan de aplicar la fuerza propulsora con el brazo mirando hacia abajo, sólo logran empujar el agua hacia abajo y reducir su velocidad de avance. Deben esperar hasta que el brazo esté mirando hacia atrás antes de tratar de aplicar la fuerza propulsora.

2. Se cree generalmente que el brazo debe permanecer extendido durante el movimiento hacia abajo y luego flexionarse durante el movimiento hacia dentro que sigue. Desplazar el brazo hacia abajo en una posición extendida causa una multitud de problemas, de los cuales mencionaré dos aquí. Primero, el brazo debe desplazarse más hacia abajo en el agua para lograr mirar hacia atrás cuando se extiende. Esto aumenta la desaceleración durante el movimiento hacia abajo y hace que la parte superior del brazo empuje hacia abajo contra el agua.

Segundo, la tendencia de remar hacia dentro con el antebrazo y la mano aumenta durante el movimiento hacia dentro cuando se realiza el agarre con el brazo extendido. Se debe utilizar todo el brazo como una pala en forma de búmeran para empujar hacia atrás contra el agua durante el movimiento hacia dentro para que se optimicen las fuerzas propulsoras de arrastre y se puedan utilizar los grandes músculos del tronco y de los hombros para aplicar la fuerza propulsora. El brazo no debe remar hacia dentro como un objeto con perfil de ala. Los nadadores deben flexionar los brazos durante el movimiento hacia abajo de manera que estén flexionados casi 90º cuando realizan el agarre y empiezan a aplicar la fuerza propulsora.

3. Aunque el brazo se desplazará ligeramente hacia fuera durante el movimiento hacia abajo, los nadadores retrasarán el agarre si lo deslizan demasiado hacia el lado. También puede que empujen el agua hacia el lado si tratan de dirigir los brazos hacia abajo y hacia fuera con fuerza, alterando su alineación lateral. Los nadadores deben flexionar el codo durante el movimiento hacia abajo y deben mantener la parte superior del brazo tan alta como sea posible en el agua sin que les cause dolor de hombro. Cuando hacen esto, la mano se deslizará naturalmente hacia el lado la distancia apropiada sin causar problemas.

4. Algunos nadadores se esfuerzan en hacer lo contrario tratando de

mantener los brazos por debajo de la línea media del cuerpo durante el movimiento hacia abajo. Esto les hace empujar la parte superior del brazo excesivamente hacia abajo en el agua, y generalmente demasiado debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro y demasiado hacia arriba durante el movimiento hacia arriba. Todas estas tres acciones aumentan innecesariamente los movimientos verticales de los brazos. El movimiento hacia atrás del brazo debe ser lo más horizontal posible durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba. Sólo debe desplazarse lo bastante hacia abajo como para lograr mirar hacia atrás en el agarre, y luego lo bastante hacia arriba como para estar cerca de la superficie cuando termina la fase propulsora del movimiento hacia arriba.

Errores del movimiento hacia dentro

Los errores más frecuentes cometidos por los nadadores en el movimiento hacia dentro son: (1) remar con el brazo hacia dentro y (2) traer el brazo hacia dentro demasiado poco o desplazarlo demasiado por debajo del cuerpo.

1. Las desventajas de remar con el brazo se presentaron en el capítulo 3. Los nadadores no logran maximizar la fuerza propulsora del arrastre, utilizan una menor área de superficie para empujar el agua hacia atrás y utilizan los grupos musculares más pequeños para aplicar la fuerza propulsora.

Muchos nadadores empiezan el movimiento hacia dentro flexionando el codo y deslizando el antebrazo y la mano casi directamente hacia dentro y a la línea media del cuerpo. Los que realizan la brazada de esta forma están a menudo en las competiciones internacionales más importantes, pero pocas veces se encuentran entre los finalistas. Como se explicó anteriormente, existe una mayor probabilidad de generar más fuerza propulsora cuando los nadadores empujan hacia atrás contra el agua con el brazo flexionado durante el movimiento hacia dentro.

2. Los problemas que resultan de desplazar el brazo demasiado poco hacia

dentro o demasiado por debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro se presentaron anteriormente en este capítulo. En resumen, no desplazar el brazo bastante hacia dentro puede acortar la fase propulsora de la brazada. Desplazarlo demasiado por debajo del cuerpo puede crear fuerzas laterales excesivas que reducirán la cantidad de fuerza propulsora y hará que los nadadores serpenteen de un lado al otro.

Errores del movimiento hacia arriba y de la relajación

Los errores más comunes durante el movimiento hacia arriba y la relajación son: (1) extender el codo demasiado rápidamente y tratar de empujar contra el agua hasta que la mano llegue a la superficie y (2) no adoptar una posición hidrodinámica con la mano mientras se desplaza los últimos centímetros hacia la superficie.

1. Cuando los nadadores extienden y empujan los brazos con fuerza contra el agua hasta que la mano y el antebrazo llegan a la superficie, terminan reduciendo su velocidad de avance y arrastrando las caderas y las piernas hacia abajo porque están empujando hacia arriba en lugar de hacia atrás contra el agua con la parte ventral del antebrazo.

Los nadadores deben mantener el brazo flexionado con la palma y la parte ventral del antebrazo mirando hacia atrás durante la fase propulsora del movimiento hacia arriba. El pequeño grado de extensión del brazo que tiene lugar debe utilizarse sólo para mantener la presión hacia atrás contra el agua que se desplaza. Al mismo tiempo, los nadadores deben dejar de empujar hacia atrás contra el agua cuando el brazo empieza a desplazarse hacia delante al recobro o pierden la orientación hacia atrás del antebrazo, según cuál ocurra primero.

2. El error más común cometido por los nadadores durante la relajación y la primera parte del recobro es no adoptar una posición hidrodinámica con la mano mientras se desplaza los últimos centímetros antes de dejar el agua.

Algunos nadadores, incluso los que dejan de empujar hacia atrás contra el agua en el momento apropiado, no giran la palma de la mano hacia dentro después de completar el movimiento hacia arriba y cuando ha empezado el recobro. Este error causa un aumento del arrastre por interferencia al desplazar la mano hacia arriba con la gran superficie de la palma mirando hacia arriba. Después de la relajación, los nadadores necesitan traer la mano fuera del agua con el canto de los dedos mirando hacia arriba para reducir el área de superficie y, por tanto, el arrastre resistivo que encuentran.

Errores del batido

Existen tres errores principales cometidos por muchos nadadores en el batido: (1) realizar el batido demasiado alto, (2) realizar el batido demasiado profundo y (3) flexionar las piernas demasiado durante el movimiento ascendente.

1. Los nadadores realizan un batido demasiado alto cuando todo el pie y parte de la pierna salen del agua. Los movimientos excesivos de las piernas hacia arriba pueden empujar las caderas hacia abajo. Los pies deben llegar a la superficie durante el movimiento ascendente, pero el pie no debe salir del agua.

2. Cuando los nadadores realizan un batido demasiado profundo, aumentan el área de superficie frontal innecesariamente, lo que aumenta el arrastre por forma. También puede que empujen el agua hacia delante durante la finalización del movimiento descendente. Los pies deben estar sólo ligeramente por debajo del nivel del pecho cuando completan cada movimiento descendente.

3. Los nadadores que flexionan la pierna durante el movimiento hacia arriba empujan el agua hacia delante con la parte inferior de la pierna. Esto, a su vez, sumerge las caderas y reduce la velocidad de avance, como se ilustra en la figura 4.16 (véase la página 133). El movimiento ascendente debe

realizarse con la pierna extendida, y los nadadores no deben permitir que la pierna se flexione hasta que empiece el próximo movimiento descendente. Sobre todo, no deben empujar la pierna contra la presión del agua durante el movimiento ascendente y la primera parte del movimiento descendente, sino que deben permitir que la presión del agua por encima de la pierna la mantenga extendida durante el movimiento ascendente. Luego deben permitir que la presión del agua por debajo de la pierna la flexione durante la primera parte del movimiento descendente. El único momento en que los nadadores deben empujar contra el agua es durante la última parte del movimiento descendente cuando extienden vigorosamente la rodilla.

Errores de sincronización

Los problemas generales en esta área son: (1) el movimiento de un brazo pierde la sincronización con el otro; (2) la rotación del cuerpo pierde la sincronización con los movimientos de brazada; (3) se empieza el movimiento hacia abajo demasiado pronto; (4) el brazo adelantado se desliza demasiado tiempo antes de empezar el movimiento hacia abajo, y (5) una mala sincronización entre las piernas y los brazos.

1. El brazo que realiza el recobro debe entrar en el agua cuando el brazo que realiza la brazada empieza el movimiento hacia dentro. Existen dos posibles errores en este contexto. El brazo del recobro puede entrar en el agua demasiado pronto o demasiado tarde en el ciclo de brazada.

Si los nadadores permiten que un brazo entre en el agua durante el movimiento hacia abajo del otro, estarán rotando en la dirección equivocada y crearán arrastre por empuje para el brazo del recobro. Para corregir este movimiento, tendrán que deslizar el brazo que realiza el recobro dentro del agua y hacia fuera en lugar de hacia delante hasta que empiece el movimiento hacia dentro del otro brazo y puedan empezar a rotar en la dirección opuesta.

Si los nadadores meten el brazo del recobro en el agua demasiado tarde, es

decir, después del comienzo del movimiento hacia arriba, el movimiento hacia dentro será generalmente demasiado amplio e ineficaz.

Los nadadores deben rotar hacia el brazo que realiza la brazada durante el movimiento hacia dentro si quieren sacarle todas sus ventajas. Si el cuerpo está rotado en la dirección opuesta, tenderán a deslizar el brazo por debajo del cuerpo o reducirán tanto la longitud como la parte del movimiento que va hacia dentro del brazo, y empujarán directamente hacia atrás, por fuera del contorno del cuerpo, en un único movimiento largo hacia arriba. Esto causará una reducción considerable de la distancia por brazada.

2. Dado que el cuerpo debe rotar siempre en la dirección en la que se desplaza el brazo, los problemas de rotación del cuerpo y sincronización de los brazos están normalmente asociados. Todo el lado derecho del cuerpo debe rotar hacia abajo cuando el brazo derecho se desplaza hacia abajo al principio de su brazada subacuática, y debe hacerlo hacia arriba cuando el brazo derecho se desplaza hacia arriba cerca del final de la brazada subacuática. La misma relación debe existir entre la rotación del cuerpo y la dirección del brazo durante la brazada izquierda. Rotar de esta forma es muy natural. Los brazos tienden a arrastrar el cuerpo libremente suspendido del nadador en la misma dirección que su desplazamiento.

Cuando las brazadas están sincronizadas incorrectamente, los nadadores normalmente acortarán o eliminarán una fase particular de una brazada para rotar el cuerpo en la dirección correcta para la otra brazada. Sin embargo, algunos nadadores, especialmente los que fueron enseñados a nadar con una posición plana del cuerpo, pueden tratar de resistirse totalmente a la tendencia del cuerpo a rotar. En este caso, inhiben la tendencia natural de rotar en sincronización con los movimientos laterales y verticales de los brazos, y el cuerpo se tuerce hacia el lado aumentando el arrastre por forma y por empuje. Algunos nadadores también ponen en riesgo los aspectos propulsores de sus brazadas porque reducen los movimientos laterales y verticales de los miembros para impedir la rotación.

3. El tercer problema es muy común porque es natural que los nadadores empiecen a empujar contra el agua nada más meter la mano en ella. Existen dos razones muy importantes por las que no deben hacerlo. Primero, estarán

completando la mayor parte de la fase propulsora de la otra brazada después de que el brazo adelantado haya entrado en el agua. Por lo tanto, antes de empezar a desplazar el brazo que entra hacia abajo, necesitan mantenerlo en una posición hidrodinámica y alineada con el cuerpo hasta la finalización de estos movimientos propulsores. Segundo, puede que tiendan a terminar el movimiento hacia arriba del brazo que realiza la brazada prematuramente si empiezan a empujar hacia abajo y hacia atrás con el otro brazo inmediatamente después de su entrada en el agua.

4. Los nadadores que se deslizan demasiado tiempo cometen el error opuesto. No empiezan el movimiento hacia abajo con el brazo adelantado hasta que el otro brazo haya terminado su recobro y haya entrado en el agua. Este error se denomina comúnmente la *brazada a tirones*. Se utiliza el término porque se retrasa el movimiento hacia abajo de un brazo hasta que el otro esté casi extendido al lado. En un sentido, por lo tanto, el brazo que entra en el agua está dando tirones persiguiendo al de delante.

La razón por la que la brazada a tirones es un error es realmente muy sencilla. Si los nadadores no aplican la fuerza propulsora, la velocidad de avance se reduce. Cualquier acción que innecesariamente prolonga el intervalo de tiempo entre el final de la fase propulsora de una brazada y el comienzo de la propulsión con la otra reducirá, por tanto, la velocidad media por brazada.

5. Una mala sincronización entre los brazos y las piernas es rara vez un problema para los nadadores. Parecen poder coordinar intuitivamente los batidos de las piernas y las brazadas de los brazos sea cual sea el ritmo que utilizan, el de seis tiempos o uno de dos o cuatro tiempos. Sin embargo, he observado que algunos nadadores tienden a prestar demasiado, o demasiado poco, interés a ciertos batidos de las piernas dentro del ciclo de brazada, incluso cuando la sincronización de dichos batidos es correcta en relación con la brazada. Estos batidos *mayores* y *menores* indican probablemente un problema con la fase particular de la brazada con la que están asociados. Por ejemplo, un nadador que utiliza un pequeño movimiento hacia dentro tenderá a dar demasiada poca importancia al batido que lo acompaña. De igual forma, cuando el batido que acompaña al movimiento hacia arriba es menor, aquella fase de la brazada probablemente ha recibido demasiado poco interés.

De la misma forma, un batido muy grande y profundo puede significar que hay demasiado arrastre por empuje durante una fase particular de la brazada. Por otro lado, los nadadores pueden estar utilizando un gran batido poderoso en una tentativa de mantener la alineación de una parte particular del cuerpo o para superar este arrastre. Por ejemplo, un movimiento descendente anormalmente grande durante el movimiento hacia abajo de los brazos indica que los nadadores pueden estar empujando demasiado hacia abajo y reduciendo su velocidad de avance. Un movimiento descendente anormalmente grande durante el movimiento hacia dentro probablemente significa que el nadador está empujando el agua demasiado hacia arriba.

Errores de la posición del cuerpo

Los errores en esta área normalmente significan que los nadadores han hecho algo para alterar su alineación horizontal o lateral.

1. Ya se han mencionado los principales errores que causan la pérdida de la alineación horizontal hidrodinámica: tratar de hidroplanear y realizar un batido demasiado profundo. En ambos casos, el cuerpo se inclina demasiado hacia abajo de la cabeza a los pies, haciendo que ocupe demasiado espacio en el agua y aumentando así la resistencia a su avance.

2. La mayoría de los errores que alteran la alineación horizontal tienen que ver con la brazada y fueron presentados en la sección sobre errores de recobro y entrada. Son: (1) estirar demasiado, (2) realizar un recobro demasiado lateral y (3) empujar el agua hacia dentro durante el movimiento hacia dentro. Estos errores hacen que los nadadores serpenteen por la piscina.

Otra manera de alterar los nadadores la alineación lateral es echando la cabeza hacia atrás cuando respiran. Esto hace que el tronco se tuerza hacia el lado cuando respiran, lo que a su vez hace que las caderas se balanceen hacia el lado opuesto. Este balanceo hacia el lado aumenta el espacio ocupado por el nadador en el agua y crea un arrastre resistivo adicional.

Errores de la respiración

Los errores más frecuentes de la respiración que cometen los nadadores son: (1) girar la cara demasiado pronto; (2) girar la cara demasiado tarde (*respiración tardía*); (3) levantar la cabeza; (4) volver la cabeza al agua demasiado lentamente, y (5) echar la cabeza hacia atrás y fuera de su alineación. El efecto de este último error se describió en la sección anterior. Los demás se describen a continuación.

1. Los nadadores interfieren con su rotación corporal natural cuando giran la cabeza para respirar antes de que el brazo del lado opuesto haya entrado en el agua. Lo hacen porque están tratando de girar la cabeza al lado opuesto mientras que el cuerpo todavía está rotado hacia el lado del brazo que realiza el recobro. Para respirar, probablemente harán el recobro del brazo hacia delante apresuradamente para que puedan rotar el cuerpo en la dirección en la que giran la cabeza. Al hacerlo probablemente también acortarán el movimiento hacia dentro y perderán fuerza propulsora. Los nadadores deben esperar hasta que el cuerpo rote hacia el lado por el que respiran antes de empezar a girar la cara en esta dirección. Esto será después de que el brazo que realiza el recobro haya entrado en el agua delante de ellos.

2. Los nadadores que giran la cabeza demasiado tarde normalmente tienen lo que se llama una *pausa* en la brazada. Girar la cabeza demasiado tarde hace que respiren durante el recobro del brazo en lugar de la brazada subacuática. Como resultado, hacen una pausa o realizan un recobro lento para dejar tiempo para respirar. Esta pausa retrasa el movimiento hacia abajo del otro brazo, que a su vez les hace desacelerar más de lo normal durante esa fase de la brazada.

3. El error de levantar la cabeza del agua para respirar se ve sólo ocasionalmente y cuando se trata de competidores principiantes. Normalmente estos nadadores tratan de nadar sin rotar los hombros y tienen que levantar la cabeza hacia delante para sacar la boca del agua. Se les debe enseñar a rotar el cuerpo hacia el lado por el que respiran, dejando la cabeza

en el agua al rotar la cara de lado.

4. El error de no devolver la cabeza a la línea media después de respirar es común incluso entre los nadadores de elite. No rotan la cabeza de vuelta a la línea media después de la respiración o la vuelven demasiado lentamente. En cualquiera de los dos casos, los nadadores no rotan el cuerpo suficientemente hacia el lado por el que no respiran. Esto les hace mover la mano demasiado hacia fuera durante el movimiento hacia arriba y durante el recobro del brazo de ese mismo lado.

Ejercicios para el estilo libre

Esta sección incluye una serie de ejercicios para enseñar el estilo libre, la brazada, el batido y la coordinación entre ambos. También se incluyen ejercicios que mejorarán la técnica de la respiración y la adopción de una forma hidrodinámica.

Ejercicios de brazada

Los ejercicios para la enseñanza de los movimientos descritos en el capítulo 3 son algunos de los mejores que he encontrado para enseñar la brazada de estilo libre. También se describen otros buenos ejercicios en esta sección.

El ejercicio de la brazada a tirones

Este ejercicio empieza con los nadadores en una posición prona, con las

manos extendidas hacia delante, la derecha encima de la izquierda. Los nadadores ejecutan una brazada completa con el brazo izquierdo, y lo colocan encima del brazo derecho cuando vuelve a la posición inicial. Luego ejecutan una brazada completa con el brazo derecho, y lo colocan encima del izquierdo para empezar la secuencia de nuevo. Este ejercicio ayuda a los nadadores a centrarse en realizar una brazada correcta mientras que sólo utilizan un brazo cada vez. También se puede realizar el ejercicio sosteniendo una tabla por delante. Se debe agarrar la tabla por el borde más cercano para dejar bastante espacio para realizar una brazada completa.

El ejercicio de nadar con un solo brazo

En este ejercicio, los deportistas nadan una serie de repeticiones utilizando sólo un brazo a la vez. El otro brazo puede estar extendido hacia delante o puede extenderse hacia atrás con la palma descansando en el muslo. La posición del brazo hacia delante es buena cuando se nada con el brazo del lado por el que se respira. La posición con el brazo hacia atrás es mejor cuando se nada con el brazo opuesto. Las posiciones de brazo hacia delante y brazo hacia atrás en los lados por los que se respira y no se respira hacen que el brazo que trabaja se desplace más como en la natación real porque el cuerpo estará rotando como lo hace normalmente. Los nadadores deben nadar uno o dos largos de la piscina antes de cambiar de brazo. Se puede utilizar el ejercicio de nadar con un solo brazo como un ejercicio de natación o sólo de brazos.

El ejercicio de nadar con los puños

El propósito de este ejercicio es enseñar a los nadadores a utilizar los brazos para la propulsión. Los deportistas deben nadar series escogidas de repeticiones cerrando los puños. Con la mano cerrada, los nadadores deben depender de los brazos para propulsarse, y así pueden llegar a ser más

eficaces en su utilización para este fin. Este ejercicio debe rea lizarse como uno de brazos para proporcionar toda la fuerza propulsora.

El ejercicio de nadar con un solo puño

Para realizar este ejercicio, un deportista nada estilo completo, o sólo con los brazos, un cierto número de repeticiones con la mano del brazo no dominante abierta y la mano del brazo dominante cerrada en puño. Los gráficos de la velocidad de la mano en la figura 4.3 (véase la página 111) muestran que la mayoría de los nadadores tienen un brazo menos propulsor que el otro. Nadar con el puño cerrado puede ayudarles a mejorar la fuerza propulsora con el brazo no dominante. Principalmente, permite a los nadadores incrementar el uso de este brazo para aumentar su contribución propulsora al ciclo completo de brazada.

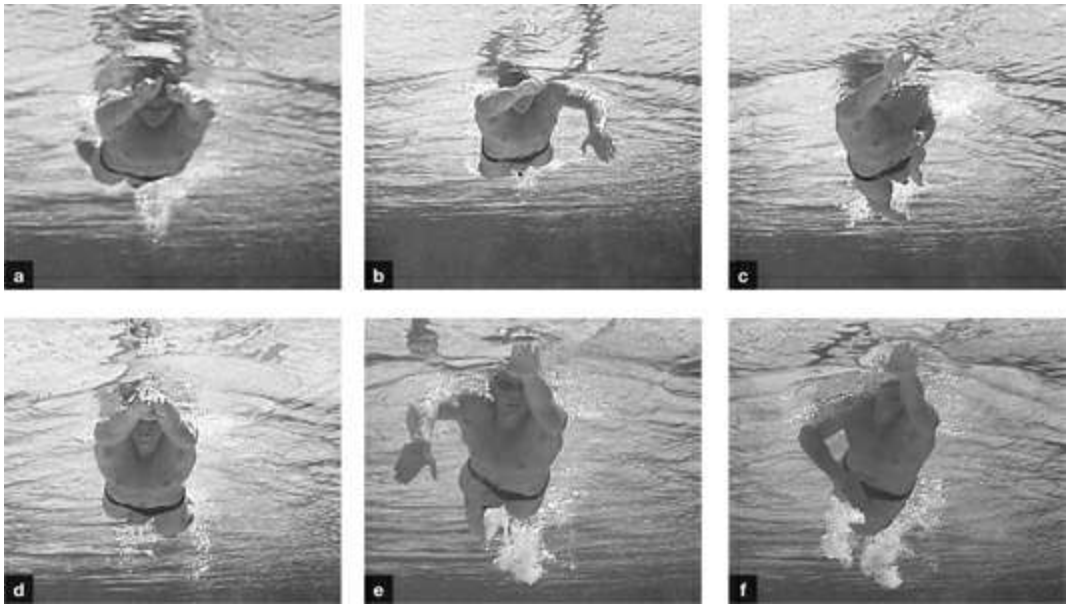


Figura 4.26. El ejercicio a estilo “perrito”.

(a) Comienzo de la posición del deslizamiento.

(b) El agarre del brazo izquierdo.

(c) El movimiento hacia dentro del brazo izquierdo.

(d) La posición del deslizamiento.

(e) El agarre del brazo derecho.

(f) El movimiento hacia dentro con el brazo derecho.

El ejercicio a estilo “perrito”

Éste es un ejercicio excelente para practicar la brazada subacuática porque desacelera los brazos de forma que los nadadores pueden pensar en ejecutar el movimiento hacia abajo y el movimiento hacia dentro correctamente. Se ilustra el ejercicio a estilo “perrito” en la figura 4.26.

Los brazos realizan el recobro por debajo del agua al desplazarse los nadadores a estilo “perrito” por la piscina. Estiran un brazo hacia delante y lo mantienen en una posición hidrodinámica dentro del contorno del cuerpo mientras realizan la brazada con el otro brazo. La brazada debe ser una secuencia lenta y deliberada en la que los nadadores se concentran en ejecutar el movimiento hacia abajo, el agarre y el movimiento hacia dentro correctamente con un brazo y luego devolverlo a la posición estirada hacia delante y repetir la secuencia con el otro brazo. Los nadadores no deben nadar con la cabeza por encima del agua. Deben mantener la cara en una posición normal dentro del agua para lograr una mejor hidrodinámica y rotar el cuerpo de lado a lado para respirar. Se debe realizar este ejercicio como uno de brazos para que los nadadores puedan concentrarse en la brazada.

El ejercicio estilo “perrito” largo

Este ejercicio está diseñado para incorporar la brazada sub acuática entera.

Los nadadores deben utilizar un *pullbuoy* para que puedan concentrarse en las brazadas. Empiezan en posición prona con los brazos extendidos delante de ellos. Desde allí deslizan el brazo a la posición de agarre y luego completan el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba sin extender completamente el brazo ni sacarlo del agua. Luego el brazo derecho vuelve a la posición inicial y realizan una brazada similar con el izquierdo.

Ejercicios de recobro y respiración

El ejercicio de la brazada a tirones descrita en la sección anterior es excelente para mejorar el recobro del brazo y las técnicas de la respiración, al igual que los que se presentan a continuación.

El ejercicio de nadar por la calle

Los nadadores deben nadar por la piscina con un hombro tocando la corchera. En esta posición, tienen que realizar el recobro del brazo más cercano a la corchera con el codo alto porque de otra manera se quedará enganchado debajo. Deben alternar nadar en las dos direcciones de la piscina al mismo lado de la calle para mejorar el recobro de ambos brazos.

El ejercicio de arrastrar los dedos

Este ejercicio también fomenta un recobro con el codo alto. Los nadadores nadan el estilo completo o sólo con los brazos, arrastrando los dedos por el agua durante el recobro. El codo debe flexionarse para que esté apuntando hacia arriba y directamente por encima de los dedos, que deben arrastrarse por el agua con una trayectoria casi recta al lado del cuerpo.

El ejercicio de deslizar el pulgar

Este ejercicio es similar al anterior, con la excepción de que los nadadores deslizan el pulgar por el lado del cuerpo hacia la axila, antes de estirarse hacia delante para la entrada. No necesitan arrastrar los dedos por el agua cuando realizan este ejercicio. Sin embargo, deben mantener las manos muy cerca de la superficie e intentar realizar el recobro con una trayectoria casi recta desde la salida del agua hasta la entrada. Este ejercicio también es una manera excelente de enseñar el recobro con el codo alto.

Ejercicio de hacer una pausa al lado de la oreja

Éste es otro ejercicio para enseñar el recobro con el codo alto. Mientras nadan los deportistas, deben traer el pulgar a la oreja durante el recobro y hacer una pausa en esta posición antes de estirar el brazo hacia delante para la entrada.

Ejercicios de batido y sincronización

El objetivo principal de este grupo de ejercicios es ayudar a los nadadores a perfeccionar el batido y a desarrollar la coordinación entre el batido y las brazadas.

El ejercicio del batido lateral

Este ejercicio es excelente para enseñar los batidos diagonales y la rotación

del cuerpo hacia el lado por el que no respiran. Los nadadores avanzan de lado por la piscina realizando sólo el batido con el brazo inferior extendido por encima de la cabeza y el otro extendido hacia atrás descansando al lado del muslo. Después de realizar cuatro, seis, ocho u otro número designado de batidos, deben rotar hacia el otro lado, invertir la posición de los brazos y repetir la secuencia. Se puede repetir este ejercicio durante diversos largos. Al principio, los nadadores deben cubrir por lo menos un largo de la piscina antes de cambiar de lado. Muchos nadadores no son muy hábiles para realizar el batido diagonal del lado por el que no respiran y por lo tanto tratarán de evitar realizar el ejercicio de este lado a no ser que tengan que hacerlo. Este ejercicio les ayudará a realizar el batido más eficazmente en ambos lados. Después de ganar habilidad en esta destreza, los nadadores pueden alternar los lados después de cualquier número designado de batidos. De hecho, practicarlo puede ayudarles a desarrollar el ritmo de seis tiempos. Se les debe enseñar a realizar dos batidos a la izquierda, dos mientras que cambian de lado y dos a la derecha con el ritmo del batido de seis tiempos.

El ejercicio de batidos con aletas

Ésta es una manera excelente de enseñar a los nadadores a mantener la pierna recta durante el movimiento ascendente del batido de estilo libre y a mantener la amplitud del mismo dentro del mínimo necesario para la propulsión eficaz. Como las aletas sensibilizan a los nadadores a los movimientos de las piernas, nadar con ellas les hará menos propensos a flexionar las piernas durante el movimiento ascendente o a realizar el descendente con demasiada profundidad.

El ejercicio del batido con la pierna estirada

Este ejercicio también puede ayudar a los nadadores a corregir el error de flexionar demasiado las rodillas durante el movimiento ascendente del batido.

Se les debe enseñar a realizar el batido desde las caderas con las piernas y los tobillos rectos pero muy relajados. De esta forma tenderán a mantener las piernas estiradas durante el movimiento ascendente, mientras que el agua las flexionará naturalmente durante el movimiento descendente.

El ejercicio del batido subacuático

El ejercicio del batido subacuático se realiza haciendo una serie de repeticiones de batidos de entre 12,5 y 25 m tanto en una posición prona como ejecutando el batido a ambos lados para desarrollar los componentes verticales y laterales del mismo. Los brazos deben estar por encima de la cabeza y juntos, y el cuerpo, en una buena posición hidrodinámica. Los ejercicios de batido de este tipo son excelentes para enseñar a los nadadores a mantener la pierna estirada en el movimiento ascendente porque pueden sentir mejor los movimientos de las piernas cuando el cuerpo entero está sumergido.

El ejercicio del batido en la pared

Los nadadores realizan el batido durante un tiempo designado mientras se agarran al rebosadero. Deben realizar este ejercicio en la posición prona y a ambos lados. Hacer el batido de lado es otro método excelente para ayudar a los nadadores a mantener las piernas estiradas durante el movimiento ascendente del batido porque pueden observar y sentir el movimiento de las piernas. Desde un punto de vista didáctico, realizar el batido en la pared es un ejercicio excelente porque el entrenador puede caminar por el borde de la piscina y dar sugerencias a los nada dores.

El patrón de la respiración en las pruebas de competición

Los nadadores generalmente pueden nadar más rápido cuando no giran la cabeza para respirar. Existen por lo menos dos razones posibles que lo explican. Las principales son: (1) la brazada del lado por el que no respiran se vuelve más propulsora porque no se está utilizando parte de su fuerza para rotar el cuerpo hacia este lado después de la respiración, y (2) rotar el cuerpo para respirar aumenta ligeramente el arrastre, independientemente de lo eficaz que sea el movimiento.

El dilema al que se enfrentan los nadadores es que si restringen su respiración demasiado durante una prueba competitiva reducirán su provisión de oxígeno y pueden fatigarse, mientras que si respiran demasiado a menudo pueden disminuir su velocidad. Por lo tanto, es importante determinar el patrón de respiración que es más eficaz para cada distancia competitiva. Mientras que la mayoría de los entrenadores están de acuerdo en que respirar una vez por ciclo de brazada es el mejor patrón para las carreras de 200 yardas o metros y más, muchos recomiendan la respiración restringida para carreras de 25 yardas o metros a 100 yardas o metros por las razones antes expuestas. Mi objetivo en esta sección es presentar los patrones de respiración recomendados para las pruebas de velocidad.

Pruebas de 25 y 50 m

Los nadadores deben limitar su respiración en estas pruebas porque, en estas distancias cortas, la mayor velocidad que pueden generar si no respiran demasiado a menudo supera cualquier efecto que la privación de oxígeno tendrá sobre su rendimiento. Normalmente se nadan las pruebas de 25 yardas o metros sin respirar ni siquiera una vez.

Los nadadores hasta 8 años pueden ser entrenados para nadar estas distancias sin respirar. Los adolescentes y nadadores mayores pueden ser entrenados para nadar 50 yardas o metros sin respirar, aunque la mayoría encuentran que son más rápidos si respiran dos o tres veces durante la prueba. Es aconsejable que los nadadores de menos de 13 años respiren dos o tres veces durante una prueba de 50 yardas o metros.

Lo que causa las molestias en las pruebas de 50 yardas o metros es la acumulación de dióxido de carbono en el cuerpo cuando los nadadores aguantan la respiración, y no la falta de oxígeno. El tiempo necesario para realizar esta prueba es demasiado corto para que una cantidad suficiente de oxígeno se desplace a los pulmones y luego llegue a los músculos. Por lo tanto, respirar realmente no mejorará la provisión de oxígeno. El oxígeno que los nadadores utilizan en estas pruebas es de hecho inspirado cuando se tiran al agua. Sin embargo, el rápido gasto energético de las carreras de velocidad producirá una gran cantidad de dióxido de carbono en muy poco tiempo, y los nadadores necesitan expulsar el dióxido de carbono periódicamente para reducir las molestias que sienten.

Los nadadores de carreras de 50 yardas o metros deben experimentar respirando una, dos y tres veces durante la prueba para determinar con cuál se obtiene el tiempo más rápido. Mientras que algunos nadadores prefieren respirar tres veces, la mayoría de los buenos nadadores de alrededor de 18 años o más deben poder nadar 50 metros con un máximo de dos respiraciones. Se presenta en qué momento los competidores deben respirar durante la carrera para cada patrón de respiración en las siguientes tres secciones.

Patrones de tres respiraciones

Cuando se utiliza un patrón de tres respiraciones en carreras de 50 yardas o metros en piscina pequeña, se debe inspirar la primera vez aproximadamente de 7 a 10 yardas o metros antes del viraje. La segunda inspiración debe realizarse en el último largo, cuando el nadador haya completado

aproximadamente un tercio de la distancia, y la tercera cuando haya completado dos tercios de la distancia.

Se puede respirar aproximadamente en las mismas posiciones durante las carreras de piscina larga aunque, por supuesto, no hay viraje. Se debe inspirar por primera vez en la señal de los 20 metros; por segunda vez en la señal de los 30 metros, y por tercera vez en la señal de los 40 metros.

Patrones de dos respiraciones

Existen dos tipos de patrones de dos respiraciones que utilizan los nadadores cuando nadan 50 yardas o metros en piscina corta. En el primero se respira de 5 a 7 yardas o metros antes del viraje y por segunda vez a medio camino en el segundo largo. En el segundo método se realiza el primer largo sin respirar y se respira dos veces en el segundo. La primera vez se inspira recorrido un tercio del largo, y la segunda, recorridos dos tercios. Los nadadores que utilizan el patrón de dos respiraciones deben inspirar en las señales de 20 y 40 metros en piscina larga.

Patrones de una respiración

También existen varios métodos que pueden utilizar los nadadores cuando sólo quieren respirar una vez durante la prueba de 50 yardas o metros. En piscina corta, se debe inspirar en el último largo una vez recorrido un tercio o la mitad de la piscina. Los nadadores deben respirar en la señal de 30 ó 40 metros en piscina larga.

Se recomienda el patrón de una respiración como la manera más eficaz de que un nadador absoluto puede realizar pruebas de 50 yardas o metros. Una ventaja de este método en las carreras en piscina corta es que nadar el primer largo sin respirar debe mejorar la velocidad y aumentar la posibilidad de

realizar un viraje más rápido. Los nadadores podrán ver la pared durante la mayor parte del largo y pueden ajustar sus brazadas para entrar en el viraje a velocidad máxima. Puede que los menores de 13 años y los de hasta 15 encuentren todos estos patrones de respiración demasiado difíciles porque necesitan más tiempo para terminar las carreras. Estos nadadores deben respirar probablemente cada dos ciclos de brazada en las carreras de 50 yardas o metros.

Pruebas de 100 yardas o metros

Las pruebas de 100 yardas o metros presentan un problema complejo en cuanto a los patrones de respiración. Se debe encontrar un camino medio entre aumentar la velocidad por no respirar y retrasar la fatiga aumentando la provisión de oxígeno. Un patrón popular es respirar una vez durante los primeros 25 metros, dos veces en los segundos 25 metros, y luego una vez cada dos ciclos de brazadas durante el resto de la carrera. Algunos nadadores restringen su respiración aún más durante la segunda mitad de la carrera, respirando sólo tres veces durante cada uno de los últimos dos largos (o seis veces durante los últimos 50 metros si nadan en piscina larga).

Creo que todos estos patrones son demasiado restrictivos y hacen que los nadadores se fatiguen demasiado pronto en la segunda mitad de la carrera. En mi opinión, la mayoría de los deportistas nadarán estas carreras más rápidamente si respiran más, particularmente durante la primera mitad o los primeros tres cuartos de estas carreras. La razón es que el oxígeno requiere varios segundos para ir desde los pulmones a los músculos. Por lo tanto, el aire inspirado durante el primer cuarto de la carrera proveerá de oxígeno a los músculos durante el segundo cuarto. Por lo tanto, deben respirar más durante las primeras 25 y 50 yardas o metros de estas pruebas aunque no sientan la necesidad de hacerlo. La fatiga estará suficientemente avanzada si estos deportistas esperan hasta que sientan la necesidad de respirar antes de hacerlo. Mientras que respirar más veces durante la primera mitad de la carrera hará que sean un poco más lentos en el punto medio, su mayor velocidad en la última parte de la carrera debe compensarlo con creces

permitiendo un mejor tiempo final.

Los nadadores de 100 yardas o metros deben experimentar con los patrones de respiración descritos en la siguiente lista hasta que encuentren el que más les guste.

- Respirar una vez cada dos ciclos de brazada durante el primer cuarto de la prueba y una vez cada ciclo de brazada durante los últimos tres cuartos.
- Respirar una vez cada dos ciclos de brazada durante la primera mitad de la prueba y una vez cada ciclo después.
- Respirar una vez cada dos ciclos de brazada durante toda la prueba.
- Respirar una vez cada ciclo de brazada desde la salida hasta la llegada.

Esta última sugerencia puede sorprender. Muchos entrenadores creen que respirar tan a menudo añadirá un tiempo excesivo a una carrera de 100 metros. De hecho, ha habido numerosos velocistas de mucho éxito que han respirado una vez por cada ciclo de brazada durante casi toda la prueba, y por lo tanto, sería una buena idea que los nadadores probasen este método antes de descartarlo.

Sugiero que los nadadores utilicen distancias experimentales en las sesiones de entrenamiento para determinar cuántas veces pueden respirar durante una carrera de 100 metros sin perder velocidad. Los nadadores deben realizar una serie de seis u ocho repeticiones de 50 m al final de una sesión de entrenamiento especialmente agotador. Este ejercicio debe realizarse al final del entrenamiento para que los nadadores estén fatigados como lo estarían durante la segunda mitad de una prueba de 100 metros. El tiempo de salida de estas repeticiones debería proporcionar entre 20 y 30 s de descanso. Se deben nadar las repeticiones lo más rápido posible.

Los nadadores deben alternar al azar dos o más patrones recomendados de respiración durante la serie de repeticiones, y alguien debe mantener un

registro de los tiempos y del patrón de respiración utilizado. El patrón con el que se obtienen continuamente los tiempos más rápidos debe ser el que utilicen en la competición. Si con dos o más patrones se obtienen tiempos idénticos, se debe utilizar el que permite una respiración más frecuente porque dicho patrón proporcionará más oxígeno.

Se debe mencionar que, sea cual sea el patrón preferido, los nadadores deben nadar siempre las últimas 5 a 10 yardas o metros de cualquier carrera sin respirar para terminarla lo más rápidamente posible. También se debe subrayar que el entrenamiento hipóxico y otros ejercicios con respiración restringida deben ser una parte esencial del programa de entrenamiento de los velocistas para que puedan nadar estas carreras con menos respiraciones y menos molestias.

Pruebas más largas

Como mencioné anteriormente, se acepta generalmente que los nadadores deban respirar una vez cada ciclo de brazada en las carreras de 200 yardas o metros y más. Aun así, hay algunos nadadores que creen erróneamente que pueden ahorrar tiempo respirando menos frecuentemente durante las primeras etapas de la prueba. Estos nadadores deben recordar que las respiraciones que hacen al principio de la carrera estarán proporcionando el oxígeno más tarde a sus músculos. Por consiguiente, pueden retrasar el principio de la fatiga respirando frecuentemente al principio de la carrera, incluso si no sienten la necesidad de hacerlo en ese momento.

5

Mariposa

Para la mayoría de los nadadores, la mariposa es el segundo estilo competitivo más rápido. Se desarrolló a partir del estilo de braza a principios de la década de los años treinta cuando los nadadores se dieron cuenta de que podrían nadar más rápido realizando el recobro de los brazos por encima del agua, en lugar de por debajo. El recobro por encima del agua, aunque un avance radical, cumplió con las reglas de braza en cuanto a que los brazos hacían el recobro simétrica y simultáneamente.

Con la introducción de la brazada de mariposa, las carreras de braza se convirtieron en unas de las más interesantes pruebas en la natación competitiva. Algunos competidores seguían nadando braza por debajo del agua, como era la costumbre en aquellos años. Otros nadaban el “nuevo” estilo mariposa-braza en la superficie. Y había otros que nadaban una combinación de ambos estilos. No pasó mucho tiempo antes de que todas las carreras de braza las ganasen los nadadores de mariposa-braza. Más tarde los nadadores descubrieron que podían nadar a mariposa-braza más rápidamente si utilizaban lo que ahora conocemos como el *batido de delfín*. El batido de delfín también cumplía las reglas de braza existentes en aquel momento porque las piernas se movían simultáneamente y en el mismo plano. Con la

introducción del batido de delfín, el estilo de mariposabraza se volvió todavía más rápido que la braza convencional hasta tal punto que se declaró la mariposa un estilo competitivo distinto en 1955. Se atribuye la invención del estilo mariposa al nadador Jack Sieg y a su entrenador David Armbruster de la Universidad de Iowa.

En este capítulo se describe el estilo mariposa utilizando las mismas categorías que las usadas para describir el estilo libre en el capítulo 4. El orden de la presentación será: trayectorias de la brazada y patrones de velocidad, el batido de delfín, la sincronización de brazos y piernas, la ondulación del cuerpo y la respiración, errores comunes y ejercicios.

Las trayectorias de la brazada y los patrones de velocidad

La brazada de mariposa consiste en cinco fases: la entrada y el estiramiento, el movimiento hacia fuera y el agarre, el movimiento hacia dentro, el movimiento hacia arriba, y la relajación y el recobro. Los nadadores ejecutan dos batidos completos de delfín durante cada ciclo de brazada. El movimiento descendente del primer batido tiene lugar cuando las manos entran en el agua por delante y el movimiento descendente del segundo batido ocurre durante el movimiento hacia arriba de la brazada. Existen cuatro fases propulsoras claras en este estilo. La primera tiene lugar durante la entrada de los brazos y el movimiento descendente del primer batido de delfín. La segunda empieza en el agarre y continúa durante el movimiento hacia dentro. La tercera ocurre durante el movimiento hacia arriba y el movimiento descendente del segundo batido de delfín. La cuarta fase propulsora tiene lugar durante el recobro de los brazos y las piernas, y es el resultado de la propulsión por la ola.

Las trayectorias de la brazada

En la figura 5.1 se ilustran las trayectorias típicas de mariposa desde las vistas frontal, lateral e inferior.

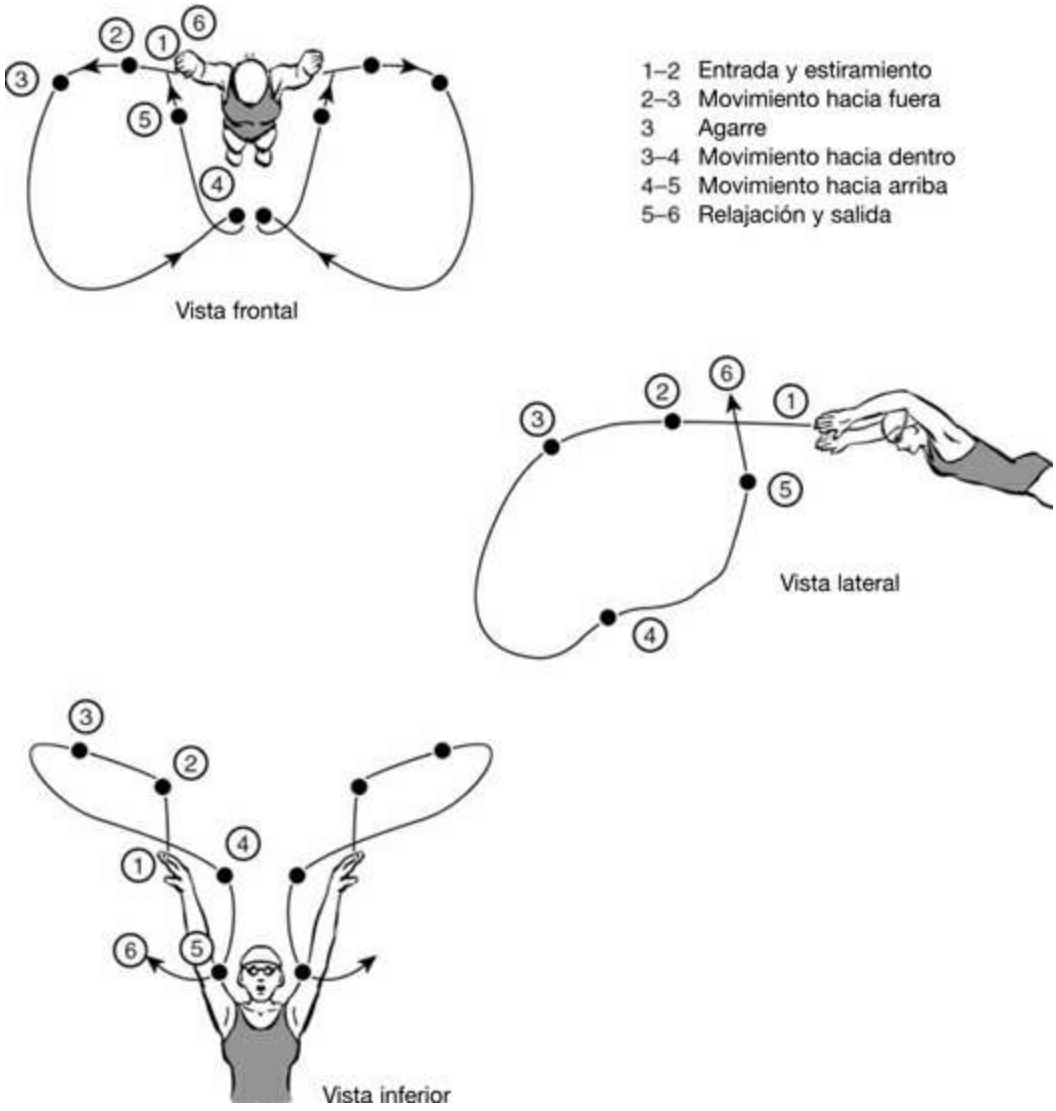


Figura 5.1. Vistas frontal, lateral e inferior de las trayectorias de Mary T. Meagher nadando mariposa.

Estas trayectorias se dibujaron a partir de vídeos de Mary T. Meagher filmados en la concentración del equipo de EE.UU. en Mission Viejo, California. Se dibujaron en relación con un punto fijo de la piscina e ilustran los muchos movimientos diagonales variados que ejecutan los brazos durante la brazada.

Desde el lateral, las trayectorias de mariposa se parecen mucho a las vistas laterales de la trayectoria de estilo libre. Las manos se desplazan hacia abajo al principio y hacia arriba al final. Sin embargo la trayectoria es diferente en la vista frontal e inferior, en la que los nadadores desplazan los brazos hacia fuera una mayor distancia al principio de la brazada sub-acuática y utilizan un movimiento diagonal más amplio hacia atrás y hacia dentro durante el movimiento hacia dentro.

A continuación se presenta una descripción tridimensional de los movimientos de los brazos en la parte subacuática de la brazada de mariposa. Después de entrar en el agua, los brazos se desplazan directamente hacia delante, justo por debajo de la superficie mientras se completa el movimiento descendente del primer batido de delfín. Luego los brazos se desplazan hacia fuera para ejecutar el agarre. Desde la vista frontal y lateral parece que los brazos también se desplazan un poco hacia abajo durante el movimiento hacia fuera. La magnitud del movimiento hacia abajo es realmente menor de lo que parece ya que de hecho son las manos y los antebrazos los que se desplazan hacia abajo a causa de la flexión de los brazos durante el movimiento hacia fuera.

Se realiza el agarre cuando los brazos están por fuera de la línea de los hombros. Desde allí, los brazos se desplazan por debajo del cuerpo con un gran movimiento circular que empieza con las manos moviéndose hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro, y termina con las manos desplazándose hacia atrás, hacia dentro y hacia arriba por debajo del cuerpo. La transición al movimiento hacia arriba tiene lugar cuando las manos se acercan a la línea media del cuerpo, por debajo del pecho. En este momento, cambia rápidamente la dirección de los brazos, desplazándose hacia atrás, hacia arriba y hacia fuera al completarse el movimiento hacia arriba. Se relaja la presión sobre el agua y se inicia el recobro de los brazos al pasar las manos por los muslos en su camino a la superficie. Las manos se desplazan hacia

arriba, hacia fuera y hacia delante para salir del agua después de la relajación y durante el recobro.

Los nadadores parecen dividirse en dos grupos distintos en cuanto a la brazada subacuática de mariposa. En un estilo, las manos se llevan hacia la línea media del cuerpo durante el movimiento hacia dentro, como se ilustra en la figura 5.2. En el segundo estilo, que se ilustra aquí en la figura 5.1, las manos no se llevan tanto hacia dentro.

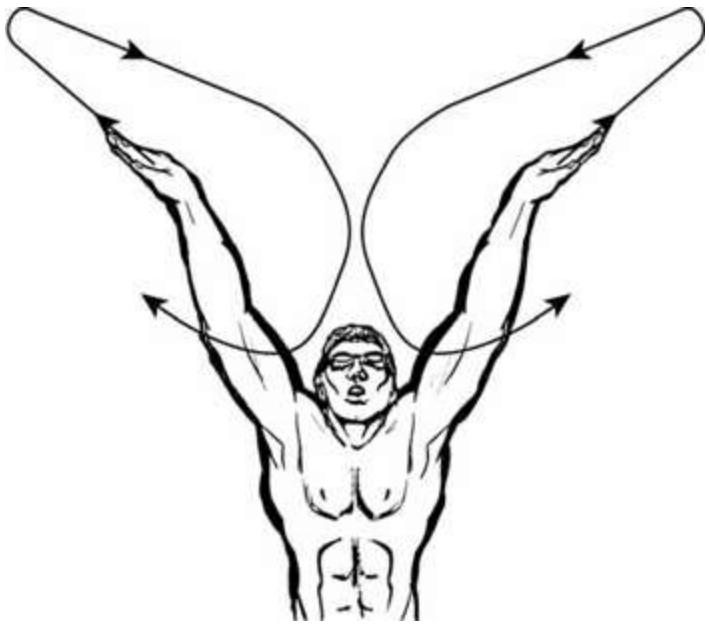


Figura 5.2. Una vista inferior de la trayectoria de la brazada de mariposa en la que las manos se juntan por debajo del cuerpo.

Los nadadores que utilizan el estilo ilustrado en la figura 5.2 normalmente tienen un claro patrón de velocidad de dos picos, con picos de propulsión de casi igual magnitud durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba, y un período de desaceleración bastante largo durante la transición entre estas dos fases propulsoras. El estilo ilustrado en la figura 5.1 se presta a un patrón de velocidad de un solo pico en el que los esfuerzos del movimiento hacia dentro y del movimiento hacia arriba se mez-clan en un gran pico de propulsión con poca o ninguna desaceleración entre las fases de la brazada. Se presentarán las ventajas y desventajas de estos dos estilos más

adelante en este capítulo en la sección dedicada a los patrones de velocidad.

El dibujo de la figura 5.3 muestra una trayectoria dibujada en relación con el cuerpo del nadador. Ilustra una trayectoria en forma de S o en forma de *cerradura*, comúnmente utilizada para enseñar la brazada de mariposa de forma correcta. Como fue el caso del estilo libre, ilustrar la trayectoria de la mano con este método es la mejor manera de mostrar el movimiento de los brazos. El movimiento hacia fuera corresponde a la primera curva de la S; el movimiento hacia dentro, a la curva del centro, y el movimiento hacia arriba, a la curva final. Un conjunto sencillo de instrucciones podría ser el que se expone a continuación.Después de completar el primer batido, desplaza los brazos hacia fuera hasta que estén fuera de la línea de los hombros. Luego, desplaza las manos hacia dentro por debajo del pecho hasta que estén casi juntas. Finalmente, desplázalas hacia fuera, hacia arriba y hacia atrás para acercarlas a la superficie del agua. La primera curva de la S no es propulsora y debe ejecutarse suavemente. La velocidad de las manos debe aumentar gradualmente durante las últimas dos curvas, alcanzando su velocidad pico durante la tercera curva.

Figura 5.3. Una vista inferior de la trayectoria de mariposa dibujada en relación con el cuerpo del nadador en desplazamiento.

Gráficos de la velocidad de avance y de la velocidad de las manos

Se ilustran los gráficos de la velocidad de avance y la de las manos de un ciclo de brazada de Mary T. Meagher en la figura 5.4. El gráfico inferior ilustra la velocidad de avance de su centro de masas, y el superior muestra la velocidad tridimensional de sus manos.

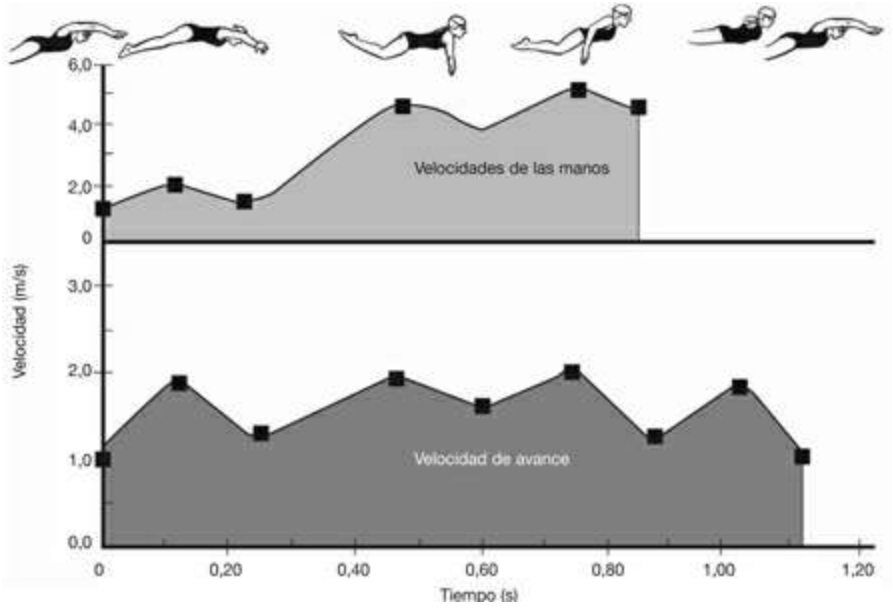


Figura 5.4. Gráficos de la velocidad de avance y de las velocidades de las manos durante un ciclo de brazada de mariposa de Mary T. Meagher.

Los gráficos de la velocidad de avance

El gráfico comienza al entrar sus manos en el agua y mientras que completa su primer batido de delfín. Su velocidad es la más baja (1 m/s) en este

momento porque acaba de completar el recobro de los brazos. Su cuerpo acelera hacia delante a aproximadamente 2 m/s al realizar el movimiento descendente del batido y estirar los brazos hacia delante. Sigue una pérdida significativa de velocidad durante el movimiento hacia fuera de los brazos y el recobro de las piernas. Su velocidad de avance cae a aproximadamente 1,3 m/s durante este tiempo. Sin embargo, una vez realizado el agarre, su velocidad de avance aumenta bastante rápidamente a 1,8 m/s durante el movimiento hacia dentro. Hay otro período muy corto de desaceleración durante la transición al movimiento hacia arriba, después de la cual su velocidad de avance aumenta hasta un pico de 1,9 m/s cuando completa el movimiento hacia arriba con los brazos y el segundo movimiento descendente del batido de delfín. Su velocidad de avance disminuye durante un período corto cuando relaja la presión sobre el agua, pero aumenta de nuevo durante la primera mitad del recobro de los brazos. Este aumento es el resultado de la propulsión por la ola. Luego su velocidad de avance disminuye durante la segunda mitad del recobro de los brazos hasta que vuelva a la posición inicial en la que sus brazos entran en el agua para el próximo ciclo de brazada, y ya está en marcha el primer batido.

El movimiento hacia arriba es la fase más propulsora de la brazada para la mayoría de los nadadores de estilo libre. Sin embargo, otras fases del ciclo de brazada pueden ser aún más propulsoras o por lo menos tan propulsoras como el movimiento hacia arriba para muchos nadadores de mariposa. En un estudio de siete nadadores nacionales de Nueva Zelanda, Sanders (1996) afirmó que cuatro alcanzaban su mayor velocidad durante el movimiento hacia arriba y el segundo batido. Otros dos alcanzaban sus mayores velocidades durante la entrada de las manos y el primer batido. La mayor velocidad del último nadador se registró durante la primera parte del movimiento hacia arriba.

Los gráficos de la velocidad de las manos

Al igual que en el estilo libre, las aceleraciones y desaceleraciones de los brazos de Meagher coinciden con cambios similares en su velocidad de

avance. Empezando con la entrada de las manos, su velocidad disminuye hasta que son empujadas hacia delante por el cuerpo durante el período entre la entrada en el agua y el momento en que empiezan el movimiento hacia fuera. Esto lo indica el hecho de que la velocidad de avance de su centro de masas y la velocidad de las manos son casi idénticas durante este período.

La velocidad de las manos permanece muy similar a la velocidad de avance durante el movimiento hacia fuera de la brazada, aunque las manos están desplazándose hacia fuera además de hacia delante. Esto significa que la velocidad de avance de las manos se reduce un poco mientras que aumenta su velocidad hacia fuera. Sin embargo, una vez realizado el agarre, sus brazos aceleran rápidamente cuando ejecutan la primera fase propulsora de la brazada, el movimiento hacia dentro. Lo sigue un corto período de desaceleración durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia fuera. Luego sus brazos aceleran de nuevo llegando a su pico de velocidad de aproximadamente 5 m/s durante el movimiento hacia arriba. Las velocidades de las manos de muchos nadadores de mariposa de la elite mundial alcanzan típicamente velocidades de 3-4 m/s durante el movimiento hacia dentro y 4-5 m/s durante el movimiento hacia arriba (Maglischo, 1984; Schleihauf *et al.*, 1988).

La velocidad de sus brazos disminuye en el punto en que relaja la presión sobre el agua y sigue disminuyéndose, aunque no mucho, hasta que las manos salen del agua. Esto indica que ha dejado de empujar hacia atrás contra el agua, incluso antes de que salgan sus manos de ella. Sus manos salen del agua desplazándose a una velocidad de aproximadamente 4 m/s y siguen decelerando durante todo el recobro hasta aproximadamente 1 m/s cuando entran en el agua para empezar el próximo ciclo de brazada.

Los patrones de velocidad de los grandes nadadores de mariposa

Muchas facetas del patrón de velocidad de avance de Meagher nos dan una buena perspectiva de por qué era una nadadora de mariposa tan magnífica,

especialmente cuando se compara su velocidad de avance con el gráfico de la velocidad de avance de un nadador de mariposa de menos talento de la figura 5.5.

La primera diferencia y quizá la más importante es que Meagher mantiene un alto nivel de velocidad de avance durante casi el doble de tiempo que el nadador de nivel nacional. Su cuerpo acelera hacia delante a una velocidad alta durante casi 0,70 s durante un ciclo de brazada de 1,18 s. La mayoría de los nadadores de mariposa, al igual que el nadador ilustrado en la figura 5.5, sólo aceleran hacia delante durante 0,30-0,40 s durante cada ciclo de brazada. Esto es probablemente porque sólo pueden utilizar uno de los movimientos propulsores (el movimiento hacia dentro o el movimiento hacia arriba) eficazmente. En cambio, los mejores nadadores de mariposa del mundo logran una gran cantidad de propulsión con ambos movimientos. Como se ilustra en la figura 5.5, el nadador de nivel nacional no acelera su cuerpo hacia delante tanto durante el movimiento hacia dentro, aunque de hecho logra mayor velocidad de avance que Meagher durante el movimiento hacia arriba.

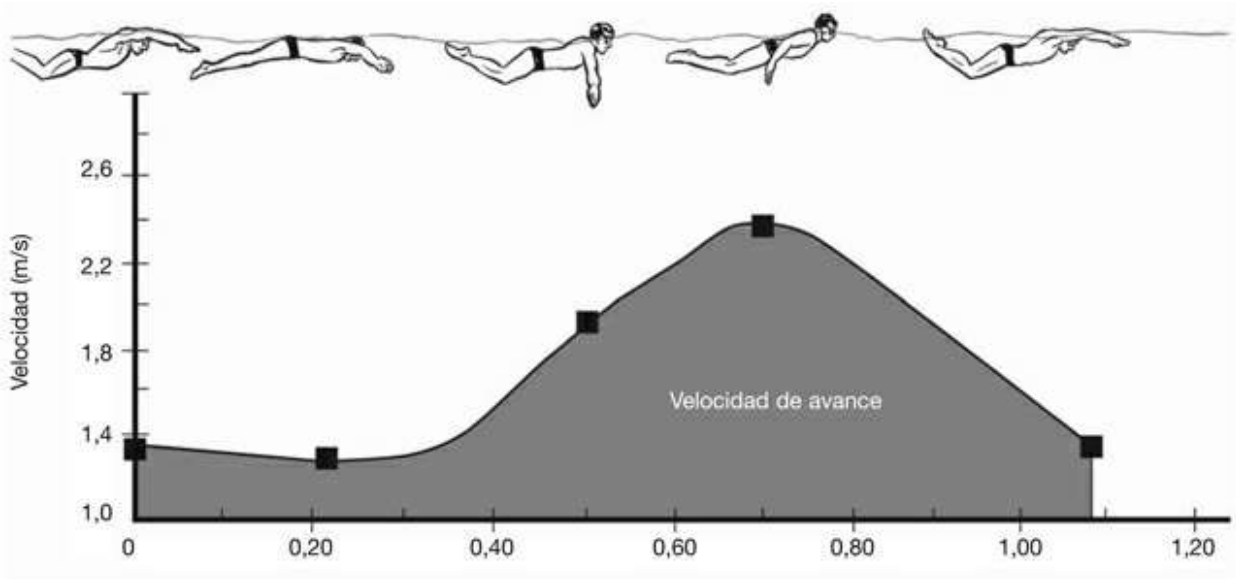


Figura 5.5. Un patrón de velocidad de avance para un nadador de mariposa de nivel nacional.

La segunda diferencia importante puede verse durante el recobro. Meagher desacelera menos y durante un período más corto de tiempo. Desacelera sólo durante 0,10 s durante este tiempo (véase la figura 5.4 en la página 158). En cambio, el nadador de nivel nacional ilustrado en la figura 5.5 desacelera durante aproximadamente 0,40 s. Meagher acelera su cuerpo hacia delante por medio de la propulsión por la ola durante la primera mitad del recobro de los brazos, mientras que el nadador de nivel nacional no lo hace. Además, el aumento de su velocidad de avance durante la primera mitad del recobro de los brazos le permite desacelerar ligeramente menos durante la segunda mitad del recobro. Otra diferencia importante entre los dos nadadores es que Meagher sólo necesita 0,30 s para realizar el recobro de sus brazos por encima del agua mientras que el nadador de la figura 5.5 tarda casi 0,40 s.

Una ventaja importante que tiene una nadadora tan magnífica como Meagher sobre otros mariposistas tiene que ver con la diferencia relativamente pequeña entre su velocidad de avance máxima y mínima durante cada ciclo de brazada. Esta diferencia no es más de 0,70 m/s en ningún momento. Su velocidad máxima durante el movimiento hacia arriba es aproximadamente 2,10 m/s y su velocidad mínima durante el recobro de los brazos es aproximadamente 1,40 m/s. En cambio, la diferencia entre las velocidades máxima y mínima es ligeramente mayor que 1 m/s para el mariposista ilustrado en la figura 5.5.

Una última ventaja es que Meagher gana un impulso de propulsión durante el movimiento descendente de su primer batido, y el nadador de nivel nacional, no. La razón es que ella realiza el movimiento descendente de su primer batido simultáneamente con la entrada de sus brazos. Como resultado, su batido acelera su cuerpo hacia delante en un momento en que el arrastre por empuje de la entrada de sus brazos tendería a desacelerar su velocidad de avance. El nadador ilustrado en la figura 5.5 ejecuta el movimiento descendente de su primer batido durante la última parte del recobro de los brazos. Paga un precio por esto cuando los brazos entran en el agua. Con el batido terminado, el arrastre por empuje de los brazos lo desacelera más rápidamente y durante más tiempo a lo largo del movimiento hacia fuera de su brazada.

El patrón de la velocidad de avance del medallista de oro Pablo Morales,

ilustrado en la figura 5.6, confirma aún más las diferencias clave entre los grandes mariposistas y los que casi lo son. Este gráfico se elaboró con datos recogidos durante las eliminatorias de los 100 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1992. Existen muchas similitudes entre su patrón de velocidad y el de Meagher de la figura 5.4. Ambos nadadores mantienen un pico propulsor de aceleración durante casi 0,70 s y ambos desaceleran sólo ligeramente durante el recobro de los brazos. De hecho, la velocidad de Pablo sólo se reduce 0,50 m/s durante este tiempo, que es realmente menor que la desaceleración de Meagher durante la misma fase de su brazada. Finalmente, ambos nadadores completan el recobro de sus brazos en aproximadamente 0,30 s. Existen unas pocas diferencias entre el gráfico de velocidad de Pablo Morales y el de Meagher. Pablo tiene un primer batido muy eficaz. En cambio, desacelera más durante el movimiento hacia fuera. Estas diferencias demuestran que incluso los mejores nadadores cometen errores. También evidencian la importancia de estudiar los patrones de velocidad de varios grandes nadadores en un estilo particular para comprender completamente el potencial propulsor de este estilo.

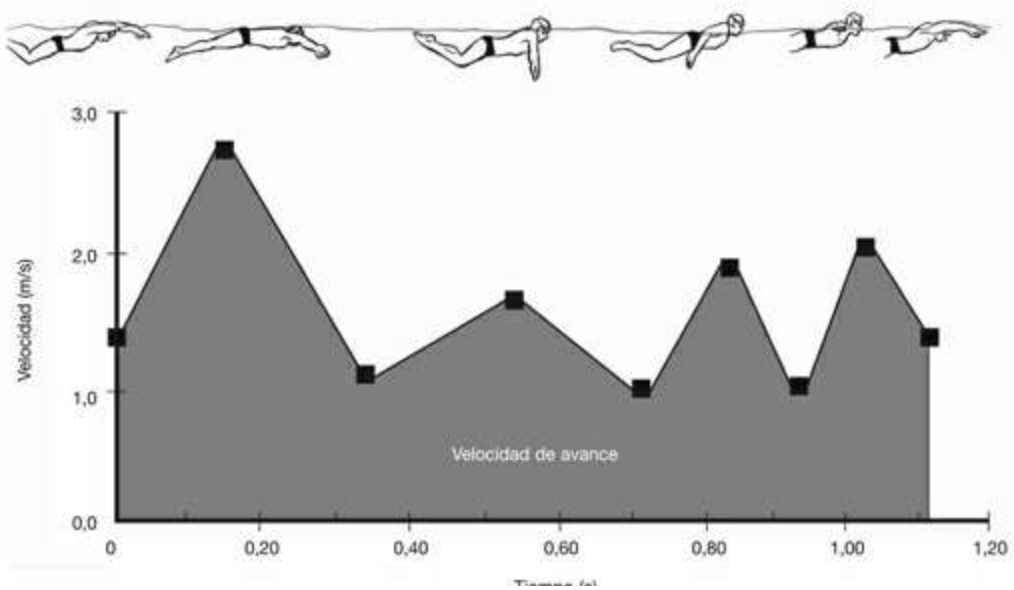


Figura 5.6. Un gráfico de la velocidad de avance de Pablo Morales. Los datos para este gráfico fueron recogidos durante las eliminatorias de los 100 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1992.

Adaptada de Cappaert, 1993.

Los patrones de velocidad de uno, dos y tres picos

Los gráficos de velocidad de Meagher y Morales representan el estilo utilizado por dos de los mejores mariposistas en la historia del deporte. El estilo se caracteriza por cuatro picos de aceleración de avance. Dos de éstos ocurren durante la brazada. El tercero se produce durante el tiempo en que las manos están entrando en el agua y las piernas están ejecutando el movimiento descendente del primer batido. El cuarto pico de propulsión, debido a la propulsión por la ola, ocurre durante la primera mitad del recobro de los brazos.

La brazada de mariposa utilizada por estos dos nadadores es similar al patrón de dos picos descrito para el estilo libre, con el primer pico de la velocidad de avance que ocurre durante el movimiento hacia dentro y el otro pico de propulsión que se produce durante el movimiento hacia arriba de la brazada. También hay un corto período de desaceleración durante la transición entre estas dos fases de la brazada, durante la cual ambos nadadores cambian la dirección de los brazos desde hacia dentro hasta hacia fuera.

Creo que la brazada de dos picos tiene el mayor potencial propulsor. No obstante, se debe decir que muchos mariposistas de éxito de nivel mundial han utilizado brazadas de un pico y de tres picos. Se ilustra un patrón de un pico en la figura 5.7. En este estilo, hay una aceleración más pequeña de velocidad de avance durante el movimiento hacia dentro con poca o ninguna desaceleración durante la transición al movimiento hacia arriba. Ésta es seguida por una gran aceleración rápida hacia delante durante esta fase final de la brazada subacuática. El patrón de velocidad de un pico lo utilizan generalmente los nadadores que tienden a empujar los brazos casi directamente hacia atrás durante el movimiento hacia dentro. En otras palabras, empujan las manos más hacia atrás y menos hacia dentro que los nadadores de dos picos durante esta fase de la brazada. Como resultado, la

brazada es mucho más como un largo movimiento hacia arriba desde el agarre hasta el momento en que los nadadores relajan la presión sobre el agua.

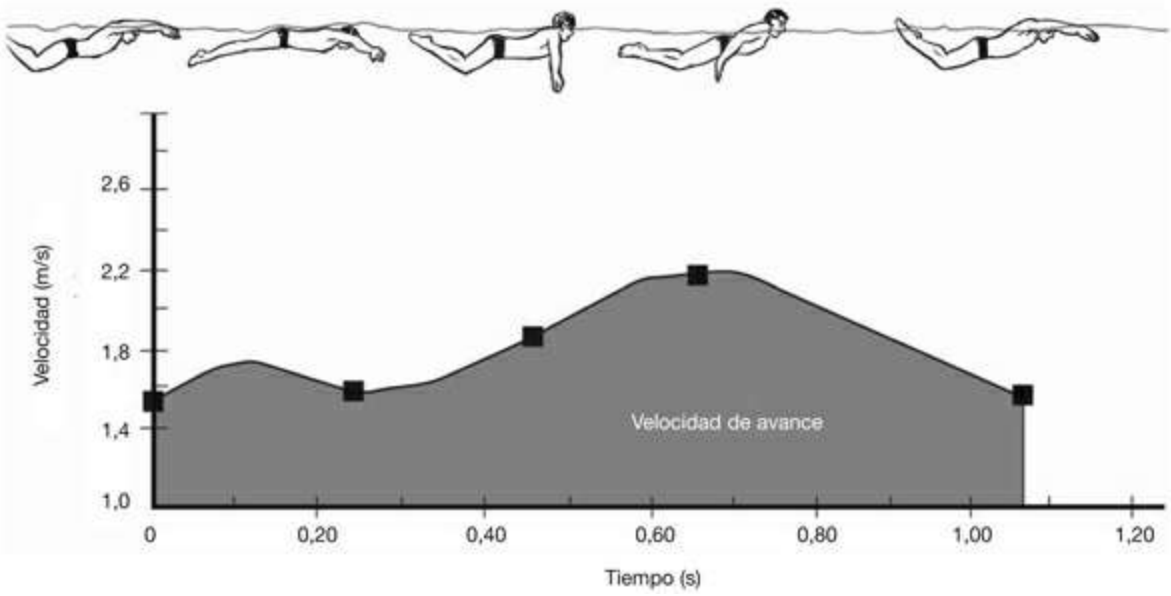


Figura 5.7. Un gráfico de velocidad ilustrando un patrón de aceleración de un pico.

Prefiero el patrón de velocidad de dos picos porque con él los nadadores probablemente lograrán una mayor velocidad media por brazada. El cuerpo debe acelerar más y durante más tiempo en el movimiento hacia dentro. Además, también debe acelerar más hacia delante durante el movimiento hacia arriba porque los nadadores cambian de dirección y encuentran agua tranquila contra la que pueden empujar cuando cambian marcadamente la dirección de los brazos desde hacia dentro hasta hacia fuera durante la transición entre las dos fases de la brazada.

No obstante, como se mencionó anteriormente, ha habido varios mariposistas de nivel mundial y de gran éxito que han utilizado el estilo de un pico. Por lo tanto, los nadadores no deben cambiar de un estilo a otro sin comprobar qué método les proporciona la mayor velocidad media por brazada para cada nadador individual. El peligro de utilizar el estilo de dos picos para algunos nadadores es que pueden dejar caer los codos cuando

intentan desplazar las manos hacia dentro. Si lo hacen, desacelerarán durante el movimiento hacia dentro y de hecho estarán en peores condiciones que si hubiesen utilizado el estilo de un pico.

Mason, Tong y Richards (1992) informaron que varios mariposistas australianos de elite utilizaban un patrón de velocidad de tres picos durante sus brazadas y un total de cinco picos de velocidad durante el ciclo de brazada. Un patrón compuesto de la velocidad de estos nadadores puede verse en la figura 5.8.

Antes de proseguir quiero aclarar algo de la figura 5.8 que puede parecer confuso. Parece haber un total de seis picos de propulsión en el patrón de velocidad ilustrado en esta figura. De hecho sólo hay cinco. Se puede ignorar el pequeño pico en el agarre porque representa la tentativa de los nadadores de realizar el agarre, seguido de un ligero resbalón antes de que realmente lo logren y empiecen a acelerar hacia delante.

Cuando se compara con los patrones de velocidad de cuatro picos de Meagher y Morales, el pico extra de los mariposistas australianos ocurre durante el movimiento hacia dentro. Por lo tanto, hay tres picos de propulsión durante sus patrones compuestos de velocidad en la figura 5.8, dos durante el movimiento hacia dentro y uno durante el movimiento hacia arriba. Cuando se combinan con los picos de propulsión que ocurren durante el movimiento descendente del primer batido y durante el recobro, suman un total de cinco. En cambio, sólo hay dos picos de propulsión durante la brazada en los patrones de velocidad de avance de Meagher y Morales, uno durante el movimiento hacia dentro y otro durante el movimiento hacia arriba, sumando un total de cuatro picos de propulsión.

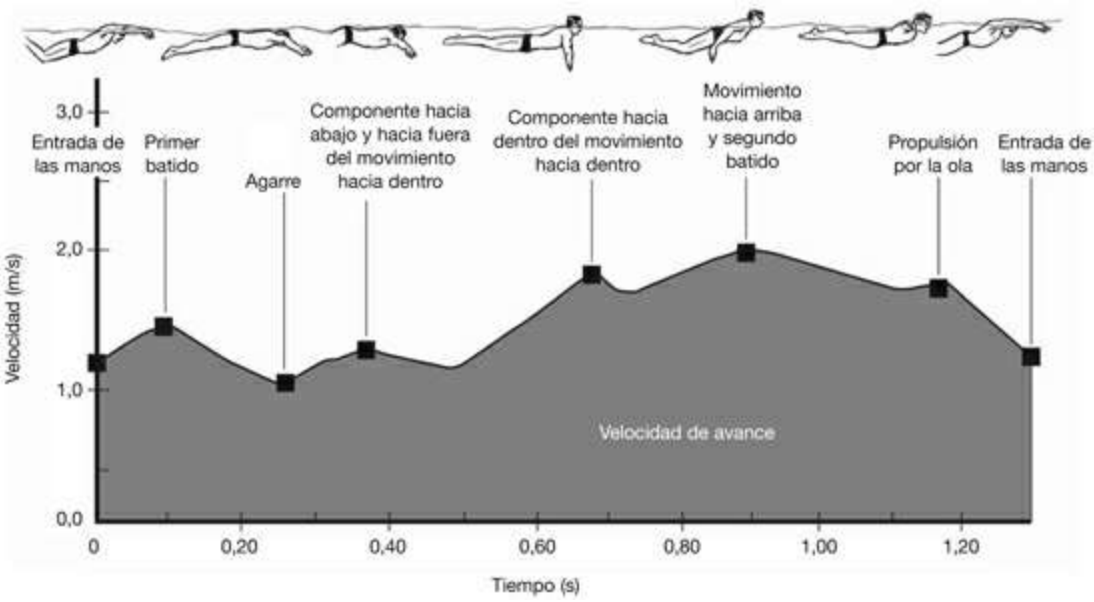


Figura 5.8. Un patrón de velocidad de mariposa de cinco picos con tres picos durante la brazada.

Adaptada de Mason, Tong y Richards, 1992.

Es difícil decir si un movimiento hacia dentro con dos picos más pequeños de propulsión será más propulsor que un movimiento hacia dentro con un gran pico de propulsión. En el estilo de dos picos, el primer pico propulsor del movimiento hacia dentro tiene lugar durante la parte inicial hacia fuera y hacia abajo del movimiento hacia dentro, y el segundo, durante la parte hacia dentro del mismo. Los nadadores que utilizan este estilo ejecutan un fuerte empuje hacia fuera y hacia atrás con los brazos justo después del agarre y antes de que las manos empiecen a desplazarse hacia abajo y hacia dentro. Esto es seguido de un corto período de desaceleración cuando cambian la dirección de las manos y de los brazos hacia abajo y hacia dentro. Luego el cuerpo acelera hacia delante de nuevo hasta que completan el movimiento hacia dentro y realizan la transición al movimiento hacia arriba.

Sospecho que la presencia de los dos picos representa un ligero “resbalón“durante el movimiento hacia dentro causado por intentar remar las manos hacia fuera y luego hacia dentro. Este corto período de desaceleración

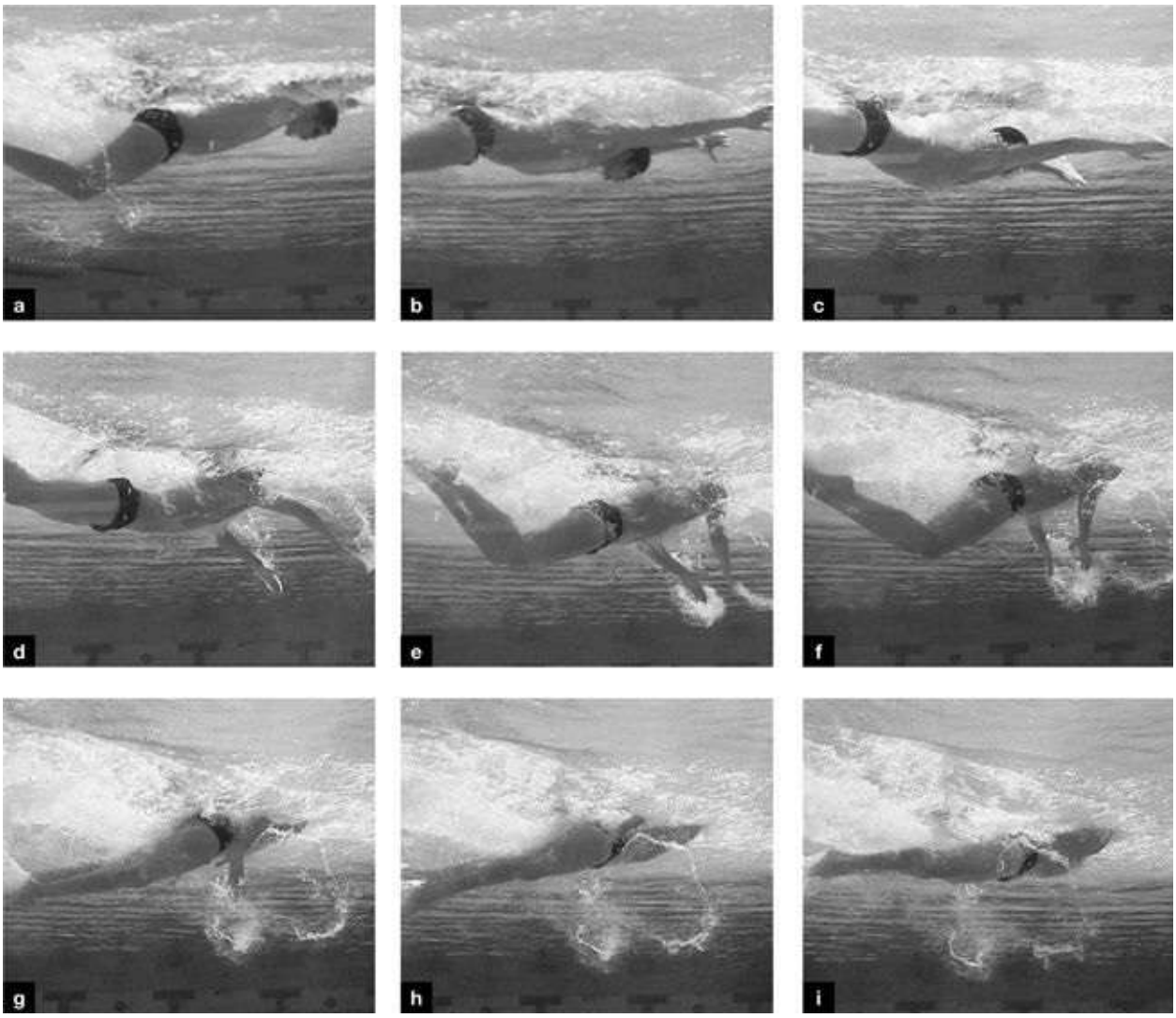
ocurre cuando los nadadores cambian la dirección de los brazos de hacia fuera a hacia dentro. Generalmente empujarán hacia abajo con los brazos durante este cambio de dirección, lo que es la razón de la desaceleración. Luego, seguirán desacelerando hasta que coloquen los codos por encima de los antebrazos y las manos de manera que su orientación hacia atrás les permita de nuevo empujar hacia atrás contra el agua.

La transición del movimiento hacia fuera al movimiento hacia dentro es difícil de realizar sin perder velocidad de avance. Por lo tanto, puede que algunos nadadores encuentren más eficaz dividir el movimiento hacia dentro en tres fases: un empuje hacia fuera, un empuje hacia abajo y un empuje hacia dentro que producen dos picos de propulsión y un corto período de desaceleración. Los que eliminan el empuje hacia fuera y empiezan a empujar las manos hacia abajo y hacia dentro inmediatamente en el agarre perderán el primer pico de velocidad. También experimentarán un período más largo de desaceleración durante el principio del movimiento hacia dentro, dejando sólo un pequeño pico propulsor durante la última parte del movimiento hacia dentro.

Dicho esto, yo argumentaría que los nadadores que utilizan la aducción del hombro durante el movimiento hacia dentro deberían poder mantener los brazos mirando hacia atrás durante todo este movimiento. Esto puede traer como resultado un gran pico, que proporcionará un mayor incremento de la velocidad de avance que dos picos más pequeños. De nuevo, la velocidad media alcanzada durante el movimiento hacia dentro es el factor crítico en cuanto al método que debe utilizar un nadador particular. Yo sugeriría que los nadadores intenten usar la aducción del hombro durante el movimiento hacia dentro como se describe más adelante en este capítulo. Si no pueden ejecutar esta habilidad sin dejar caer los codos, entonces deben tratar de utilizar un movimiento hacia dentro de dos picos con un empuje distinto hacia fuera y hacia dentro. En la sección de esa fase de la brazada se describirán tanto el método de un pico como el de dos picos para realizar el movimiento hacia dentro.

La brazada

Como se describió anteriormente, la brazada de mariposa consiste en una entrada y estiramiento, un movimiento hacia fuera, un movimiento hacia dentro, un movimiento hacia arriba, una relajación y un recobro. Fotografías tomadas por encima y por debajo del agua del estilo mariposa se ilustran desde la vista lateral en la figura 5.9 y desde la vista frontal en la figura 5.10 en las páginas 164-165 y 167.



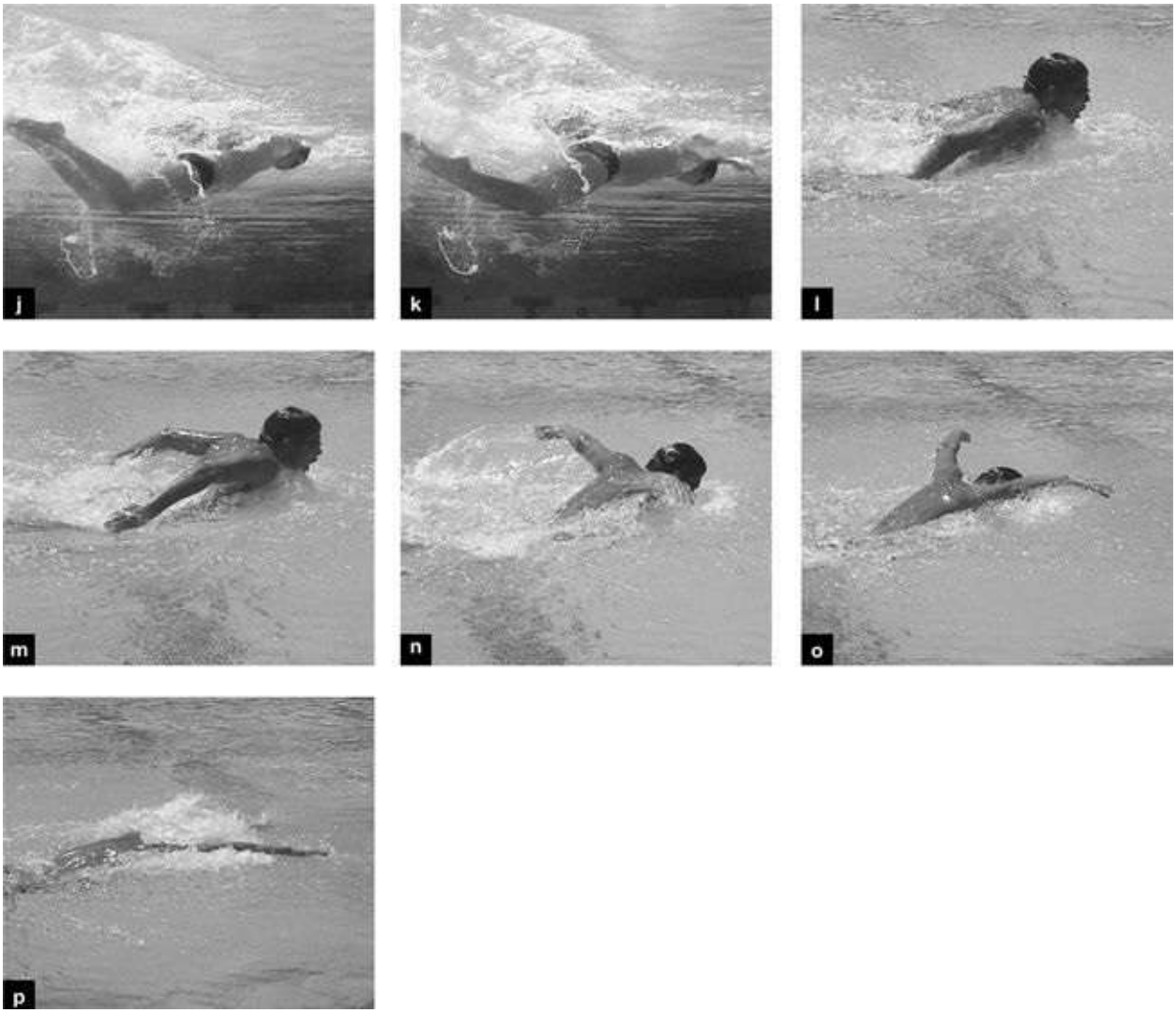


Figura 5.9. Secuencia de fotografías tomadas por encima y por debajo del agua del estilo mariposa desde la vista lateral. El nadador es Francisco Sánchez, campeón de los Juegos Panamericanos de 1999 en los 100 m mariposa con un tiempo de 53.30 s.

Vistas subacuáticas

(a) Movimiento descendente del primer batido y entrada de los brazos.

(b) Final de movimiento descendente del primer batido.

(c) Estiramiento hacia fuera y hacia delante de los brazos. Movimiento ascendente del primer batido.

(d) Agarre de los brazos. Final del movimiento ascendente del primer batido.

(e) Final del movimiento hacia dentro de los brazos. Comienzo del movimiento descendente del segundo batido.

(f) Transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba de los brazos. Continuación del movimiento descendente del segundo batido.

(g) Final del movimiento hacia arriba de los brazos. Continuación del movimiento descendente del segundo batido.

(h) Relajación de los brazos. Final del movimiento descendente del segundo batido.

(i) Fase de la propulsión por la ola. Movimiento ascendente del segundo batido. Recobro de los brazos.

(j) Movimiento descendente del primer batido. Continuación del recobro de los brazos.

(k) Movimiento descendente del primer batido. Entrada de los brazos. Comienzo del siguiente ciclo.

Vistas tomadas por encima del agua

(l) Comienzo del recobro de los brazos.

(m) Las manos salen del agua.

(n) La fase de la propulsión por la ola. Recobro de los brazos por encima del agua.

(o) Los brazos continúan el recobro; comienzo del primer movimiento descendente.

(p) Las manos entran en el agua. El primer movimiento descendente está en marcha.

La entrada y el estiramiento

Esta fase debería identificarse con más propiedad como *la entrada, el estiramiento y el movimiento descendente* del primer batido de delfín. Se ilustra desde la vista lateral en las figuras 5.9a y b, y desde la vista frontal en las figuras 5.10a y b.

Se debe sincronizar la entrada de los brazos con el movimiento descendente del batido. De esta forma, la propulsión del batido puede utilizarse para contrarrestar el arrastre por empuje causado por los brazos cuando entran en el agua. Los brazos deben entrar en el agua delante del cuerpo alineados con los hombros o ligeramente más hacia dentro. Las manos deben estar ligeramente inclinadas hacia fuera de manera que puedan entrar en el agua de canto. Después de la entrada, los brazos se extienden hacia delante y ligeramente hacia fuera, justo por debajo de la superficie del agua, mientras que se completa el primer movimiento descendente del batido de delfín. Los brazos deben permanecer dentro de la línea de los hombros hasta que se haya completado el batido de delfín para minimizar su arrastre resistivo y maximizar la propulsión del batido.

La magnitud de propulsión producida por el primer batido de delfín puede verse en el gráfico de velocidad de Pablo Morales en la figura 5.6 (véase la página 161). Los movimientos de la cabeza desempeñan un papel importante para facilitar el aumento de la velocidad de avance con el batido. Los nadadores deben estar mirando hacia abajo al fondo de la piscina al entrar las manos en el agua y al empezar el primer movimiento descendente del batido de delfín. Pero los nadadores deben levantar la cabeza y mirar hacia delante al elevarse las caderas y hundirse más los hombros y el pecho en el agua. La acción de levantar la cabeza ayudará a trasladar los movimientos verticales del cuerpo a un movimiento de avance ondulatorio. Tendré más que decir sobre esta *ondulación corporal inversa* más adelante en la sección sobre la posición del cuerpo.

La magnitud de la aceleración de avance obtenida del movimiento descendente del primer batido de delfín puede aumentar o disminuir según la suavidad de la entrada. El arrastre por empuje de los brazos será mínimo si se mantienen éstos fuera del agua hasta que estén delante de los hombros y en posición para la entrada. También se minimizará el arrastre si las manos entran de canto en el agua y se mantienen dentro de la anchura de los hombros mientras se deslizan suavemente hacia delante.

Los nadadores pueden meter los brazos dentro del agua en una posición estirada o con los codos ligeramente flexionados, mientras que no los arrastren hacia delante por el agua al meterlos. Prefiero una entrada con los

codos flexionados sólo porque los nadadores generalmente pueden situar los brazos un poquito por delante de los hombros antes de que entren en el agua. Por lo tanto, es menos probable que empujen las manos hacia delante en el agua después de la entrada.

Además de su efecto para aumentar la velocidad de avance, el movimiento descendente del primer batido de delfín también facilita la transición de la entrada de los brazos al movimiento hacia fuera de la siguiente manera. La ondulación hacia arriba de las caderas debe llegar a su pico justo al completarse el movimiento descendente del primer batido de delfín. Esta acción empujará los hombros y el pecho más hacia abajo en el agua, lo que a su vez empujará los brazos hacia fuera. El batido entonces ayuda a superar la inercia hacia dentro y hacia delante que tenían los brazos en la entrada y a cambiar la dirección a hacia fuera y hacia delante con un mínimo de esfuerzo muscular. Realizar la entrada con los codos flexionados también facilita este cambio de dirección de hacia dentro a hacia fuera porque extender los brazos hacia delante después de su entrada en el agua ayuda a superar la inercia hacia dentro.

El movimiento hacia fuera y el agarre

Esta parte del ciclo de brazada se ve desde la vista lateral en las figuras 5.9 b-d y desde la vista frontal en las figuras 5.10 b-c. El nadador de la figura 5.9 realiza la entrada con los brazos bastante separados y empieza su movimiento hacia fuera casi inmediatamente porque el movimiento descendente de su primer batido es débil. La nadadora de la figura 5.10 espera hasta completar el movimiento descendente del batido antes de empezar a desplazar los brazos hacia los lados.

Una vez completado el batido y superada la inercia hacia dentro de los brazos, los nadadores deben seguir levantando la cabeza hacia la superficie. También deben seguir desplazando los brazos hacia delante y hacia los lados hasta que estén fuera de la anchura de los hombros donde se realiza el agarre. Las palmas deben rotar hacia fuera durante el movimiento hacia fuera de

manera que miren hacia atrás cuando se realiza el agarre. La parte interna del brazo y del antebrazo también deben estar mirando hacia atrás en el agarre. Los nadadores deben flexionar el codo durante el movimiento hacia fuera para acortar la distancia que los brazos deben recorrer para logar orientarse hacia atrás. La velocidad de las manos desacelera después de la entrada, hasta que apenas se mueven en el agarre. Los brazos deben estar flexionados aproximadamente 90º cuando realizan el agarre.

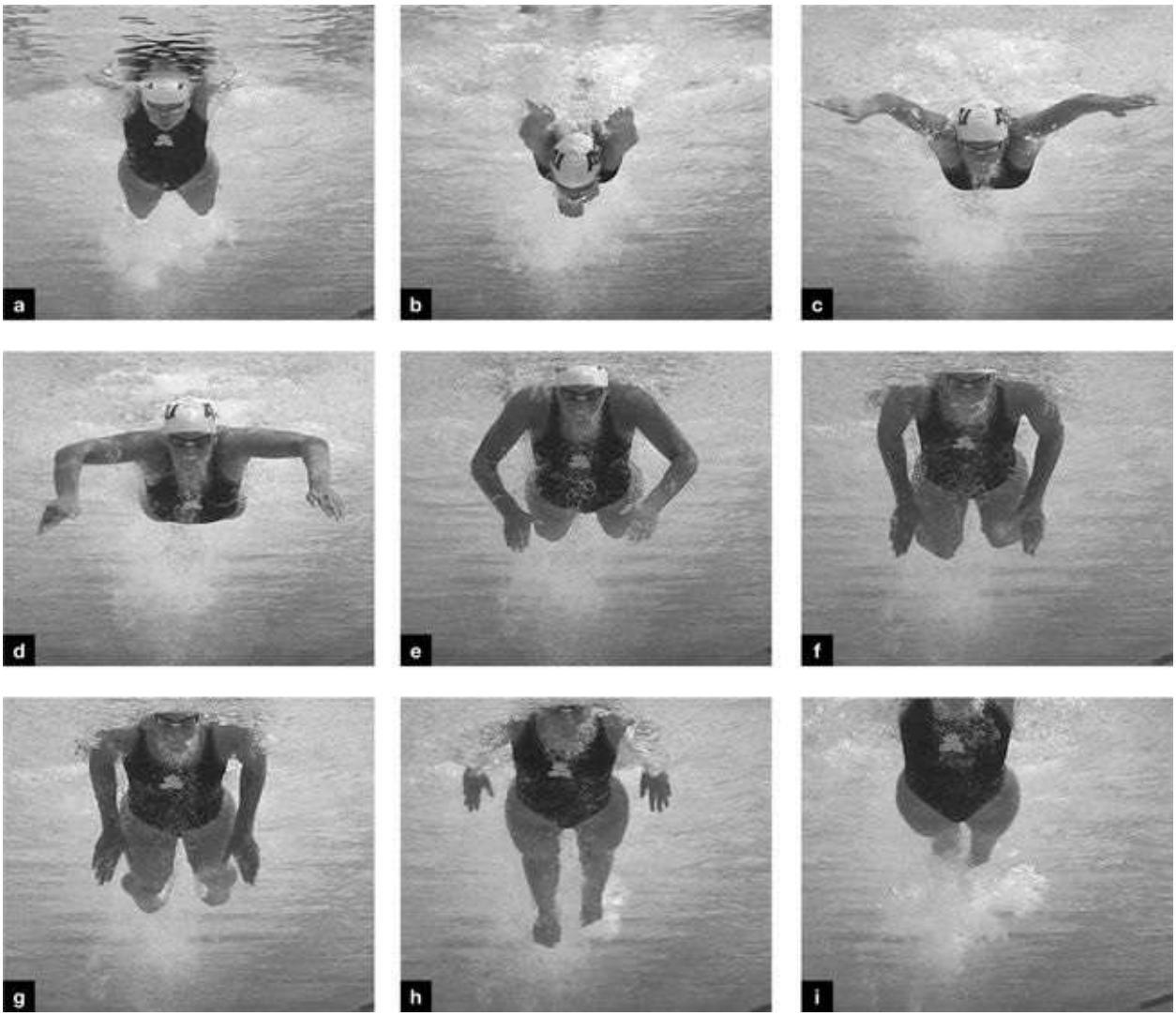


Figura 5.10. Secuencia de fotografías subacuáticas del estilo mariposa desde la vista frontal. La nadadora es Sarah Baham, campeona universitaria estadounidense en los 100 y 200 m mariposa.

Vistas subacuáticas

(a) Entrada de las manos. Las piernas empiezan el movimiento descendente del primer batido.

(b) Final del primer batido. Estiramiento de los brazos.

(c) Agarre de los brazos. La cabeza sigue levantándose. Sigue el movimiento ascendente del primer batido.

(d) Primera mitad del movimiento hacia dentro. La cabeza sigue levantándose. Sigue el movimiento ascendente del primer batido.

(e) Final del movimiento hacia dentro. La cabeza llega a la superficie. Empieza el movimiento descendente del segundo batido.

(f) Movimiento hacia arriba. La cabeza sigue en la superficie. Sigue el movimiento descendente del segundo batido.

(g) Final del movimiento hacia arriba. La cabeza sigue en la superficie. Sigue el movimiento descendente del segundo batido.

(h) Relajación y recobro de los brazos. La cabeza sigue en la superficie. Final del movimiento descendente del segundo batido.

(i) Fase de la propulsión por la ola. Los brazos realizan el recobro por encima del agua. Movimiento ascendente del segundo batido.

El movimiento hacia fuera no es una fase propulsora de la brazada subacuática. Su propósito es colocar los brazos en la posición para producir la fuerza propulsora durante el siguiente movimiento hacia dentro. Cualquier tentativa de aplicar la fuerza propulsora antes de que los brazos se encuentren por fuera de la anchura de los hombros y mirando hacia atrás sólo causará que empujen agua hacia el lado o hacia abajo.

El movimiento hacia dentro

Se puede ver a los nadadores ejecutando un movimiento hacia dentro desde la vista lateral en las figuras 5.9 d-e, y desde la vista frontal en las figuras 5.10 c-e. Una vez realizado el agarre, los nadadores deben acelerar los brazos hacia atrás, hacia fuera, hacia abajo y hacia dentro, haciendo un largo

movimiento semicircular que termina cuando las manos se encuentran juntas por debajo del cuerpo. Creo que la nadadora fotografiada en la figura 5.10 podría juntar más las manos por debajo del cuerpo, aunque muchos mariposistas de nivel mundial realizan el movimiento hacia dentro de esta forma. No obstante, recomendaría el estilo utilizado por el nadador fotografiado en la figura 5.9. Aduce más los brazos y junta más las manos por debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro. Así debe producir más propulsión durante esta fase y el movimiento hacia arriba que la sigue. La forma en que se genera la propulsión durante el movimiento hacia dentro se ilustra en la figura 5.11.

Figura 5.11. El movimiento hacia dentro en mariposa.

Este movimiento, al igual que el movimiento hacia dentro del estilo libre, es un ejemplo de la aducción del hombro. Los nadadores deben empujar los brazos hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro hasta que las manos estén casi juntas por debajo del cuerpo y los codos estén casi junto a las costillas. La parte interna de los brazos y las palmas de las manos deben utilizarse como una gran pala para empujar hacia atrás contra el agua durante este movimiento. La inclinación de las palmas cambiará de hacia fuera a hacia dentro durante el movimiento hacia dentro, pero sólo porque los brazos cambian de dirección de hacia fuera a hacia dentro.

El movimiento hacia dentro no es una remada hacia dentro. Los codos deben estar flexionados casi 90º al realizar el agarre y deben permanecer flexionados durante el movimiento hacia dentro al aducir los brazos hacia atrás, en dirección a las costillas. Los nadadores pueden flexionar los brazos ligeramente para llevar las manos juntas debajo del cuerpo, pero no deben remar con ellas hacia dentro por debajo del cuerpo. Es decir, no deben empezar el movimiento hacia dentro con los brazos rectos o casi rectos y luego sostener la parte superior de los brazos apuntando hacia los lados mientras reman con las manos y los antebrazos hacia abajo y directamente hacia dentro atravesando el agua mediante la flexión de los codos.

Se podría preguntar cómo las manos llegan a estar debajo del cuerpo sin remar con ellas cuando el movimiento hacia dentro de los brazos está por fuera de la anchura de los hombros y cerca de la superficie del agua. La forma en que se logra es empujando la parte superior de los brazos hacia atrás con una trayectoria descendente ligeramente diagonal. Si se realiza esta acción correctamente, los antebrazos y las manos se desplazarán de forma natural hacia abajo, hacia atrás y hacia dentro por debajo del cuerpo.

Creo que para la mayoría de los nadadores, la propulsión será mayor durante toda la brazada sub-acuática si las manos llegan casi a juntarse por debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro. Mientras que la última parte de este movimiento no es muy propulsora, coloca los brazos en una posición para empujar el agua hacia atrás por debajo del cuerpo durante la primera sección del siguiente movimiento hacia arriba. Esto le permitirá al nadador utilizar un patrón de velocidad de dos picos que, creo, puede potencialmente proporcionar más propulsión. Por supuesto, los nadadores desacelerarán más durante la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba con el estilo de dos picos. No obstante, el movimiento hacia dentro será más largo y más propulsor, y la propulsión durante el movimiento hacia arriba debe aumentar de manera que la velocidad total media por brazada será mayor.

Estilos alternativos del movimiento hacia dentro

Muchos nadadores encuentran difícil realizar una suave transición entre la parte hacia fuera y hacia atrás del movimiento hacia dentro y la parte hacia dentro y hacia atrás sin dejar de presionar sobre el agua. Estos nadadores suelen utilizar uno de dos estilos alternativos para el movimiento hacia dentro. En uno de estos, separan el movimiento hacia dentro en dos partes. Primero, empujan las manos hacia fuera y hacia atrás una corta distancia. Luego sigue una transición a una posición con el codo elevado similar a la que se utiliza en el estilo libre, después de la cual aducen los brazos hacia atrás y hacia los lados durante la segunda parte del movimiento hacia dentro. Este tipo de movimiento produce dos picos de propulsión: uno pequeño en la primera parte que va hacia fuera y hacia atrás, seguido de un período de desaceleración mientras se recolocan los brazos, y luego un segundo pico más grande al aducir los brazos hacia atrás. Este estilo del movimiento hacia dentro se ilustró en la figura 5.8 (véase la página 163).

Sánchez está utilizando un movimiento hacia dentro de dos picos en las fotografías presentadas en la figura 5.9 (páginas 164 y 165). Empuja hacia fuera y hacia atrás con sus brazos en la figura 5.9c y luego los desliza a una posición de agarre con el codo elevado en la figura 5.9d. Una vez alcanzada esta posición con el codo elevado, los nadadores deben empujar fuertemente los brazos y las manos hacia atrás y hacia dentro hasta que hayan completado el movimiento hacia dentro.

Este estilo de movimiento hacia dentro es utilizado generalmente por los nadadores que quieren realizar el agarre con el codo elevado de la misma forma en que lo hacen en el estilo libre. El estilo puede ser muy eficaz, siempre que los nadadores realicen el movimiento en dos partes y no traten de desplazar las manos hacia abajo y hacia dentro inmediatamente después del agarre. Los nadadores que así lo hacen perderán el primer pico de propulsión y desacelerarán la velocidad de avance al empujar los brazos hacia abajo para lograr la posición del agarre con el codo elevado. Empujar los brazos y las manos hacia abajo y hacia dentro inmediatamente por regla general hace que los nadadores realicen la brazada con el clásico codo caído, empujando hacia abajo contra el agua durante la primera parte del movimiento hacia dentro hasta que los brazos estén lo bastante profundos para lograr orientarse hacia atrás.

En un segundo estilo, los nadadores simplemente deslizan las manos y los brazos a la posición del codo elevado similar a la que se utiliza en el estilo libre antes de empezar a empujar hacia atrás contra el agua. Estos nadadores deslizan las manos hacia los lados en el movimiento hacia fuera. Luego inclinan las manos hacia abajo y dejan que los codos pasen por encima de ellas antes de empezar el movimiento hacia dentro. Los nadadores que utilizan este estilo también deben tener cuidado para no empujar contra el agua con las manos y los brazos hasta que estén en la posición del agarre, o reducirán su velocidad de avance aún más de lo que ya está disminuyendo.

Realizar el movimiento hacia dentro con cualquiera de estos dos estilos es ciertamente superior al estilo del codo caído, pero dudo que proporcione el pico prolongado de velocidad de avance que puede lograrse aduciendo los brazos de la manera descrita anteriormente. No obstante, puede que muchos nadadores encuentren que es la única manera de poder realizar un buen agarre sin dejar caer los codos.

El movimiento hacia arriba

Se ilustra el movimiento hacia arriba desde la vista lateral en las figuras 5.9 e-g y desde la vista frontal en las figuras 5.10 f y g. La transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba debe empezar al juntarse las manos por debajo del cuerpo. En este momento, se debe cambiar rápidamente la dirección de los brazos de hacia dentro a hacia fuera, después de lo cual los nadadores deben empujarlos hacia fuera, hacia atrás y hacia arriba en dirección a la superficie del agua. Se muestra la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba en la figura 5.9e. Una vez empezado el movimiento hacia arriba, las palmas de las manos y la parte ventral de los antebrazos deben utilizarse como palas para empujar hacia atrás contra el agua al desplazarse los brazos hacia fuera, hacia atrás y hacia arriba en dirección a la superficie.

No se deben extender los brazos mucho durante el movimiento hacia arriba. Al contrario de la opinión popular, los brazos se extienden durante el

recobro, no durante el movimiento hacia arriba. Puede que los brazos se extiendan ligeramente durante el movimiento hacia arriba para mantenerse a la misma velocidad hacia atrás que el agua y para realizar la transición al recobro. Pero esta extensión debe ser mínima. Los codos deben mantenerse bastante flexionados para que los antebrazos sigan mirando hacia atrás hasta que llegue el momento de relajar la presión sobre el agua.

El movimiento hacia arriba termina al acercarse las manos a los muslos. La velocidad de las manos disminuye durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba y luego aumenta hasta que se completa este último. Los brazos llegan a su mayor velocidad de 5 -6 m/s durante esta fase de la brazada subacuática. La propulsión durante el movimiento hacia arriba se ilustra desde la vista lateral en la figura 5.12a y desde la vista inferior en la figura 5.12b.

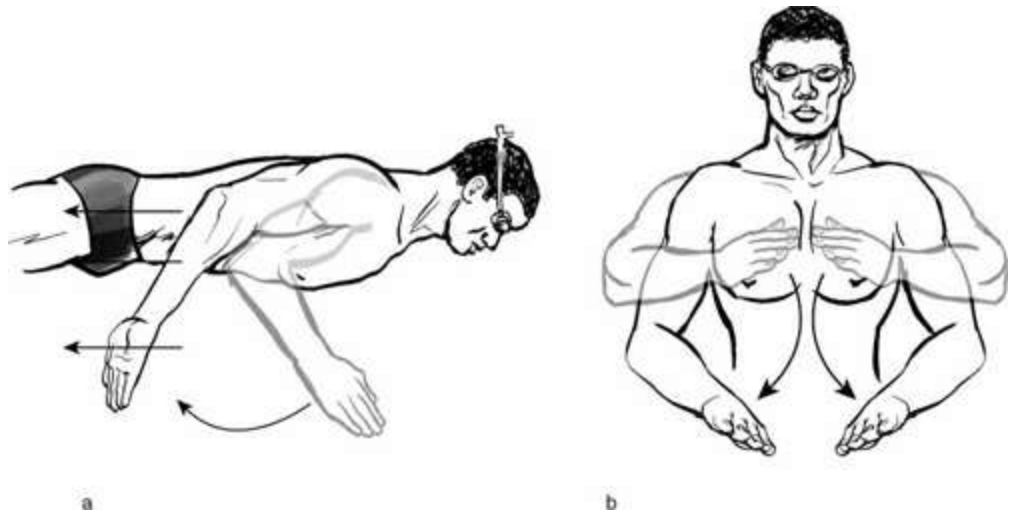


Figura 5.12. El movimiento hacia arriba en mariposa.

La relajación y el recobro

La relajación de las manos puede verse desde la vista lateral en la figura 5.9h

(véase la página 164) y desde la vista frontal en la figura 5.10h (véase la página 167). El recobro se ve mejor en las vistas tomadas por encima del agua en las figuras 5.9 l-p (véase la página 165).

Al acercarse las manos a los muslos, ya no es posible mantener los antebrazos orientados hacia atrás; por lo tanto, los nadadores deben dejar de empujar hacia atrás contra el agua y empezar a realizar el recobro de los brazos. El recobro se realiza en la misma dirección que el anterior movimiento hacia arriba. Los brazos deben seguir desplazándose hacia fuera y hacia arriba, a través de la superficie del agua. Sin embargo el nadador debe dejar de empujar hacia atrás contra el agua. Debe relajar la presión sobre el agua y girar las palmas de las manos hacia dentro de manera que puedan salir del agua de canto con un mínimo de arrastre por empuje.

La parte superior de los brazos y los codos deben salir primero del agua, seguidos de los antebrazos y las manos. Los brazos, que se estaban extendiendo lentamente durante el movimiento hacia arriba, ahora se extienden rápidamente al desplazarse hacia arriba a través de la superficie de manera que salen del agua en dirección hacia arriba y hacia los lados. Extender los brazos hacia los lados cuando salen del agua ayuda a superar su inercia hacia atrás y a empezar a avanzar al realizar el recobro por encima del agua. Algunos nadadores extienden completamente los brazos, mientras que otros, como Sánchez, los extienden sólo parcialmente (véanse las figuras 5.9 n-o, página 165).

Una vez fuera del agua, los brazos deben seguir desplazándose en un movimiento circular por encima del agua hasta que estén por delante de los hombros, donde se realiza la entrada. Como se indicó anteriormente, se puede realizar la entrada con los brazos extendidos delante de los hombros. Sin embargo, es preferible flexionar ligeramente los codos durante la segunda mitad del recobro para hacer la entrada así. Las palmas de las manos estarán mirando hacia dentro durante la primera mitad del recobro y hacia fuera durante la segunda mitad simplemente porque la dirección de los brazos cambia de hacia fuera a hacia dentro en la última parte del recobro.

Se debe realizar el recobro rápida pero no apresuradamente. Los nadadores necesitan tiempo para colocar las piernas en posición para el

primer movimiento descendente del batido antes de que los brazos entren en el agua. Los brazos deben estar lo más relajados posible durante el recobro para proporcionar algún descanso a los músculos. Los nadadores deben dejar que el momento del movimiento hacia arriba lleve los brazos por la mayor parte del recobro, utilizando sólo suficiente esfuerzo muscular como para efectuar el cambio de dirección de hacia atrás a hacia delante.

Se reducirá el arrastre por empuje si los nadadores realizan el recobro lo bastante alto por encima del agua como para llegar a la posición de entrada antes de que entren en contacto con el agua. Una forma de mantener los nadadores los brazos fuera del agua es permitir que la cabeza y los hombros salgan de ella, de manera muy parecida al recobro de los brazos en braza.

Esta descripción va en contra de las creencias tradicionales acerca del recobro en mariposa. Las recomendaciones normales son que los nadadores deben realizar el recobro de forma baja y lateral por encima del agua y mantener el mentón y los hombros en ella. Realizar un recobro bajo de los brazos supuestamente reduce el esfuerzo necesario mientras que mantiene el cuerpo horizontal para reducir el arrastre por forma. Sin embargo, en realidad, hacer el recobro de esta manera hace extremadamente difícil para los nadadores evitar empujar los brazos hacia delante por el agua hasta que lleguen a una posición por delante de los hombros. En cambio, permitir que la cabeza y los hombros salgan del agua reduce el arrastre por forma y fomenta la propulsión por la ola durante la primera mitad del recobro de los brazos, mientras que también posibilita juntar más los brazos por delante antes de que entren en el agua. La fotografía de la figura 5.13 muestra a un nadador que tiene la posición corporal correcta durante el recobro de los brazos.

En este momento hacen falta unas palabras de advertencia. Se puede exagerar la elevación de los hombros. Salir del agua casi directamente hacia arriba hará que los nadadores desaceleren más rápidamente. Deben mantener el cuerpo avanzando además de elevándose durante el recobro. Esto se logra llevando la cabeza y los hombros gradual y diagonalmente hacia la superficie durante todo el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de la brazada subacuática.

Figura 5.13. Un nadador de mariposa respirando. Obsérvese que sus hombros y una parte de su tronco están fuera del agua y que no extiende su cabeza hacia atrás ni proyecta su mentón hacia delante, como se enseña tradicionalmente.

Hablé de la propulsión por la ola en el párrafo anterior. Los gráficos de velocidad de avance ilustrados en las figuras 5.4 y 5.6 (véanse las páginas 158 y 161) demuestran que este fenómeno puede hacer que los nadadores aceleren hacia delante durante la primera mitad del recobro de los brazos. Sin embargo, hay toda una secuencia de acontecimientos que tienen que ocurrir para que la magnitud de la propulsión por la ola sea significativa. Primero, los nadadores deben relajar su presión sobre el agua en el momento apropiado, es decir, cuando el cuerpo está avanzando a su velocidad pico durante el movimiento hacia arriba. La repentina pérdida de fuerza propulsora reducirá la velocidad, haciendo que la estela empuje el cuerpo hacia delante. Si los nadadores tratan de empujar el agua hacia atrás hasta que las manos lleguen a la superficie, desacelerarán mucho antes de que los brazos salgan del agua. Esto permitirá que el agua de alrededor del cuerpo se ajuste a la reducción de velocidad antes de que empiece el recobro de manera que la propulsión por la ola será mínima o inexistente.

Segundo, la magnitud de la propulsión por la ola puede intensificarse si los nadadores están en la posición más hidrodinámica posible durante el recobro de los brazos. En este sentido, las piernas deben estar hacia arriba y alineadas con el cuerpo y la cabeza, y los hombros deben estar fuera del agua. El impulso de la propulsión por la ola terminará al pasar las manos por los hombros y al empezar las rodillas a caer hasta la posición del comienzo del

movimiento descendente del primer batido. Los nadadores desacelerarán en este momento hasta que empiecen a acelerar el cuerpo hacia delante extendiendo las piernas.

El batido de delfín

El batido utilizado en mariposa se llama *batido de delfín* porque las piernas se mueven como una unidad, como la cola (aleta) de un delfín. Un batido de delfín consiste en un movimiento ascendente y un movimiento descendente, y los nadadores ejecutan dos batidos por ciclo de brazada. Una secuencia de fotografías de los dos batidos de delfín de cada ciclo de brazada se muestra en la figura 5.14.

El movimiento ascendente

Las figuras 5.14 a-c muestran el movimiento ascendente del segundo batido de delfín. El movimiento ascendente del primer batido se ilustra en las figuras 5.14 f y g. El movimiento ascendente del siguiente batido empieza al acercarse a su término el movimiento descendente del batido anterior. Este movimiento descendente empieza una reacción de rebote que empuja los muslos hacia arriba para iniciar el movimiento ascendente. La continuación de la extensión de las caderas mantiene las piernas desplazándose hacia arriba hasta que pasen por encima del cuerpo, donde termina el movimiento ascendente y empieza el siguiente movimiento descendente.

Se debe realizar la mayor parte del movimiento ascendente con las piernas extendidas. La parte inferior de la pierna y los pies deben estar relajados y pasivos de manera que la presión del agua empujando hacia abajo desde arriba las mantiene extendidas. La presión del agua también empuja los pies a

una posición natural a medio camino entre la extensión y la flexión.

Los nadadores deben flexionar suavemente las rodillas en preparación para el siguiente movimiento descendente justo cuando los pies pasan por encima de las caderas.

El movimiento descendente

El movimiento descendente es un movimiento como un latigazo que empieza con la flexión de las caderas y continúa con la extensión de las rodillas. Se ilustra el movimiento descendente del primer batido en las figuras 5.14 d-e, y el movimiento descendente del segundo batido de delfín en las figuras 5.14 h-i.

Empieza el movimiento descendente cuando los nadadores empujan los muslos hacia abajo en el momento en que los pies pasan por encima del cuerpo durante el movimiento ascendente precedente. La presión del agua, que ahora está empujando desde abajo hacia arriba, hace flexionar la parte inferior de las piernas aún más hacia arriba. La presión del agua también empuja los pies hacia arriba y hacia dentro a una posición extendida con la punta de los pies hacia dentro (flexión e inversión plantar), mientras que los muslos empujan hacia abajo. Éstos no empujan hacia abajo durante mucho tiempo. Una vez que empiezan a desplazarse hacia abajo, su movimiento inicia una extensión de tipo ondulatorio que va desde los muslos hacia la parte inferior de las piernas, incluyendo una vigorosa extensión de las rodillas. El movimiento descendente de cada batido termina cuando las piernas se encuentran totalmente extendidas y los pies están ligeramente por debajo del tronco (véanse las figuras 5.14 e-i). La forma de generar la fuerza propulsora durante el movimiento descendente del batido de delfín se describió en el capítulo 3.

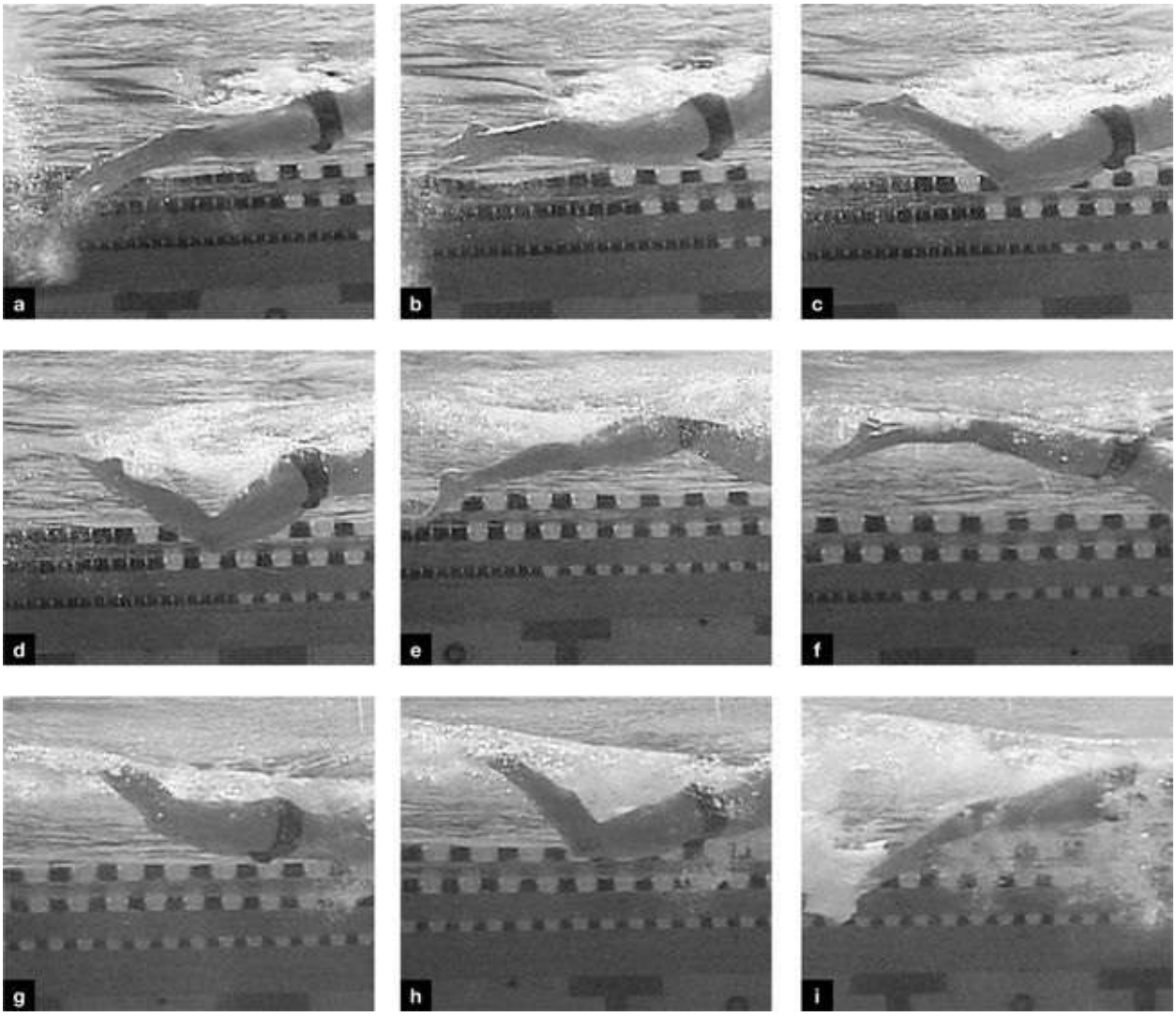


Figura 5.14. El batido de delfín.

(a) Comienzo del movimiento ascendente del segundo batido.

(b) Continuación del movimiento ascendente del segundo batido.

(c) Final del movimiento ascendente del segundo batido.

(d) Movimiento descendente del primer batido. Comienzo de la extensión de las piernas.

(e) Final del movimiento descendente del primer batido.

(f) Movimiento ascendente del primer batido.

(g) Final del movimiento ascendente del primer batido.

(h) Comienzo del movimiento descendente del primer batido.

(i) Final del movimiento descendente del primer batido.

La habilidad para extender los tobillos es probablemente esencial para poder realizar el batido de delfín rápidamente. Barthels y Adrian (1971) concluyeron que era más importante que la fuerza. Con una buena habilidad para la extensión, los pies pueden permanecer en una posición en que empujan hacia atrás contra el agua a lo largo de la mayor parte del movimiento descendente. Los mariposistas deben poder extender los pies a 70°-85° de la vertical.

Los nadadores que realizan el batido de delfín separan las rodillas al principio del movimiento descendente y luego las juntan al final, porque con las rodillas separadas se pueden inclinar los pies más hacia dentro y hacia arriba durante este movimiento. Las piernas se juntan con una rotación interna de las caderas que probablemente se suma a la fuerza muscular que los nadadores aplican durante el movimiento descendente.

Diferencias entre el primer y el segundo batido de delfín

Lo que tienen en común el primer y el segundo batido de delfín de cada ciclo de brazada en mariposa es que contribuyen a la propulsión efectiva. Sin embargo, existen diversos aspectos en los que difieren. Como se ve en las figuras 5.14 d-g, el primer batido es el más largo de los dos. Tanto el movimiento descendente como el ascendente de este batido son más largos. El movimiento descendente empuja las caderas hacia arriba y hacia delante a través de la superficie, después de lo cual se desplazan hacia abajo y hacia delante durante el siguiente movimiento ascendente.

El movimiento ascendente del primer batido es más largo porque las caderas están altas en el agua al desplazarse los brazos hacia fuera por debajo del agua. Las piernas pueden elevarse hasta la superficie del agua o

ligeramente por encima sin alterar la alineación horizontal. De hecho, este largo movimiento ascendente realmente lleva las piernas por encima del cuerpo de manera que los nadadores están en una posición muy hidrodinámica al realizar la primera mitad de la brazada subacuática. El movimiento descendente del segundo batido es generalmente más corto, con menos flexión de las caderas, quizá porque los nadadores no quieren empujar las caderas fuera del agua mientras terminan la brazada. El movimiento ascendente de este batido también es más corto, porque las caderas están más bajas al realizar los brazos el recobro por encima del agua y, por lo tanto, las piernas no pueden desplazarse mucho hacia arriba antes de que pasen por encima de las caderas y empiecen a empujarlas hacia abajo.

La sincronización de la brazada y los batidos

Se realizan dos batidos completos de delfín durante cada ciclo de brazada. La sincronización correcta entre estos batidos y las varias fases de la brazada puede verse desde la vista lateral de la secuencia de fotografías subacuáticas presentadas en la figura 5.9. El movimiento descendente del primer batido tiene lugar durante la entrada y el estiramiento de los brazos, como se ve en las figuras 5.9 a-b, y el movimiento descendente del segundo batido ocurre durante el movimiento hacia arriba de la brazada subacuática, como se ve en las figuras 5.9 e-g. Esta explicación, aunque correcta, es demasiado simplificada para la sincronización compleja entre los movimientos de brazos y piernas en este estilo. Ahora describiré esta sincronización con mayor detalle.

El movimiento descendente del primer batido debe empezar durante la segunda mitad del recobro de los brazos y debe continuar durante la entrada y el estiramiento de los mismos. Los muslos deben empezar a empujar hacia abajo cuando los brazos se acercan a la posición de la entrada, y la extensión de las piernas, la principal fase propulsora del batido, debe tener lugar durante la entrada, el estiramiento y la primera parte del movimiento hacia

fuera de los brazos. Además de superar el arrastre por empuje de los brazos que están entrando en el agua, este batido también debe ser bastante potente para acelerar a los nadadores hacia delante. Este movimiento descendente empujará las caderas hacia arriba y hacia delante a través de la superficie del agua de forma ondulatoria, simultáneamente acelerando el cuerpo hacia delante.

El movimiento ascendente que sigue el primer movimiento descendente del batido de delfín debe tener lugar durante el resto del movimiento hacia fuera de los brazos y la primera parte del movimiento hacia dentro (véanse las figuras 5.9 c-d, en la página 164). De esta forma, se elevan las piernas y descienden las caderas de manera que estén en una buena posición hidrodinámica por encima del cuerpo durante la primera fase propulsora de la brazada. Así reducirán el arrastre por forma de manera que los nadadores acelerarán más hacia delante durante el movimiento hacia dentro. Los buenos mariposistas realmente parecen estar nadando cuesta abajo durante la primera mitad del movimiento hacia dentro.

El movimiento descendente del segundo batido debe ejecutarse sincronizado con el movimiento hacia arriba de los brazos. El movimiento descendente realmente empieza con los muslos empujando hacia abajo durante la transición entre el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de la brazada. Sin embargo, la parte más eficaz del batido, la extensión de las piernas, tiene lugar durante el movimiento hacia arriba de la brazada.

El siguiente movimiento ascendente del segundo batido tiene lugar durante el recobro de los brazos (véase la figura 5.9i en la página 164). Esta acción realiza las mismas dos funciones que el movimiento ascendente del primer batido. Lleva las piernas hacia arriba, cerca de la superficie, para que el cuerpo esté en una posición más hidrodinámica durante esta fase del ciclo de brazada y las coloca en posición para el movimiento descendente del siguiente batido. El aspecto hidrodinámico de este movimiento ascendente aumentará la magnitud de la aceleración hacia delante adquirida de la propulsión por la ola durante la primera mitad del recobro de los brazos. La magnitud de esta propulsión por la ola será mayor si los nadadores rebotan las piernas rápida y suavemente hacia arriba durante el movimiento ascendente del segundo batido. Se verá disminuido si los nadadores permiten

que las piernas “cuelguen” por debajo del cuerpo o si flexionan las rodillas y obligan a los pies a subir hacia arriba para el próximo batido.

Existen pocas dudas de que el movimiento descendente del primer batido pueda contribuir significativamente a la propulsión efectiva, como se ilustra en el gráfico de la velocidad de avance de Pablo Morales en la figura 5.6 (véase la página 161). El movimiento descendente del segundo batido probablemente contribuye también a la propulsión, mientras que además da soporte a las caderas, que están cerca de la superficie para alcanzar una mejor posición hidrodinámica durante el movimiento hacia arriba. Sin embargo, existe alguna controversia en cuanto a si los movimientos ascendentes del batido de delfín son propulsores o no.

Expliqué por qué no creo que estos movimientos ascendentes sean propulsores en el capítulo 3, porque las piernas se desplazan hacia arriba y hacia delante. Por consiguiente, no podrían estar acelerando el agua hacia atrás. Por lo tanto, recomiendo que los movimientos ascendentes de los dos batidos de delfín se realicen de forma rápida pero suavemente. Cualquier fuerza innecesaria sólo desacelerará a los nadadores más aún de lo que ya lo están haciendo.

Con esto en mente, se debe ejecutar el movimiento ascendente de la siguiente forma. La fuerza del movimiento descendente del batido precedente debe utilizarse para superar la inercia hacia abajo de las piernas y hacerlas rebotar hacia arriba. Es decir, la extensión de la parte inferior de las piernas empujará los muslos hacia arriba. Esto ayudará a superar la inercia hacia abajo y les permitirá dirigirse hacia arriba con un mínimo de esfuerzo muscular. Una vez empezado el movimiento ascendente, los nadadores deben mantener los muslos dirigiéndose hacia arriba con la extensión de la cadera (tirando hacia arriba con los glúteos).

Batidos mayores y menores

Durante años, los expertos han debatido si uno de los batidos de delfín de

cada ciclo de brazada debe ejecutarse con más fuerza que el otro. Hablan en términos de batidos *mayores* y *menores*. Existen tres opciones. Algunos expertos creen que el primer batido debe acentuarse más porque puede acelerar el cuerpo hacia delante en un momento en que los brazos no pueden utilizarse para este propósito. Otros piensan que el segundo batido debe realizarse con más esfuerzo para que los nadadores puedan acelerar más hacia delante durante el movimiento ascendente y, también, para ayudar a mantener las caderas en la superficie del agua. Finalmente, hay aquellos que creen que los movimientos descendentes de ambos batidos deben realizarse con igual esfuerzo.

Creo firmemente que el movimiento descendente del primer batido es el más propulsor de los dos. Por consiguiente debe siempre acentuarse. La propulsión que puede ganarse de este movimiento descendente es absolutamente esencial para nadar mariposa velozmente.

La pregunta que queda es: ¿debería ser tan vigoroso el segundo movimiento descendente o debería ser más suave? Creo que se debe aplicar igual esfuerzo durante los dos movimientos descendentes, particularmente en las pruebas de 50 y 100 m. La primera preocupación de los nadadores debe ser gene-rar tanta fuerza propulsora como sea posible en estas pruebas. Realizar dos fuertes batidos de delfín debe ayudarles a hacerlo.

Sin embargo, en este momento, no puedo afirmar si es aconsejable dar igual importancia a ambos batidos en la prueba de 200 m o no. Vídeos subacuáticos tomados durante las principales competiciones revelan que varios de los mejores mariposistas de los últimos años han utilizado una extensión de las piernas ligeramente incompleta durante el segundo movimiento descendente del batido de delfín en las carreras de 200 m. Por supuesto, esto significa que están realizándolo con menos esfuerzo. Dicho esto, tengo que aclarar que en las pruebas de 200 m muchos mariposistas de nivel mundial extienden también las piernas completamente durante ambos batidos.

Aun así, varios de estos nadadores parecen suavizar el movimiento descendente del segundo batido comparado con el esfuerzo invertido en el primer batido. Por esta razón, creo que la mayoría de los nadadores debe

efectuar el movimiento descendente del segundo batido de delfín con un poco menos esfuerzo cuando nadan la prueba de 200 m. Suavizar el segundo movimiento descendente podría ser ventajoso si los nadadores pueden ahorrar energía sin sumergir las caderas durante el movimiento hacia arriba de la brazada. Sin embargo, no sería aconsejable suavizar el segundo batido si no pueden mantener una posición corporal horizontal durante el movimiento hacia arriba.

Sea cual sea el esfuerzo aplicado, el movimiento descendente del primer batido de delfín será y debe ser el más largo de los dos. A causa de esto, generará más propulsión efectiva. De la misma manera, el movimiento descendente del segundo batido será el más corto de los dos y probablemente generará menos fuerza propulsora, incluso cuando se ejecutan ambos con igual fuerza. Las diferencias en la longitud de estos dos batidos se deben probablemente a la posición del cuerpo más que al esfuerzo invertido en ellos. Las caderas se desplazarán naturalmente hacia arriba y hacia delante durante una mayor distancia en el movimiento descendente del primer batido de delfín porque la cabeza mira hacia abajo y los brazos están estirados por delante.

El movimiento ascendente del primer batido también será más largo por las mismas razones. En cambio, los hombros y el tronco estarán elevados y los brazos estarán hacia atrás al lado de las caderas cuando ocurre el movimiento descendente del segundo batido de delfín, de manera que las caderas no pueden y no deben elevarse tanto cuando se ejecuta.

Si las caderas se desplazasen por encima de la superficie, la ondulación resultante empujaría la cabeza y los hombros hacia abajo cuando los nadadores están tratando de respirar y de realizar el recobro de los brazos por encima del agua. Por esta razón creo que el movimiento descendente del segundo batido de delfín debe ser más corto y utilizarse sólo para mantener las caderas en la superficie, no para empujarlas por encima de ella. El movimiento ascendente del segundo batido, el que tiene lugar durante el recobro de los brazos, también será más corto porque el tronco está elevado durante el tiempo en que ocurre. Por lo tanto, los nadadores no podrán desplazar la parte inferior de las piernas hacia arriba tanta distancia sin empujar la cabeza y los hombros hacia abajo.

La ondulación corporal y la respiración

Es inútil hablar de una posición corporal para mariposa porque los nadadores están constantemente cambiando de posición al ondular por el agua durante cada ciclo de brazada. La ondulación es una herramienta propulsora muy importante en mariposa. Aunque el arrastre resistivo ciertamente se reduciría si se quedasen en una posición horizontal, se comprometería la propulsión hasta tal punto que la velocidad media por ciclo de brazada se reduciría considerablemente si los nadadores utilizasen esta posición plana del cuerpo. El efecto de la ondulación corporal sobre la propulsión efectiva se presentará en la siguiente sección, seguido de una descripción de la técnica de respiración utilizada por los mejores nadadores de mariposa.

Las ondulaciones corporales

La mayoría de las personas piensan que las ondulaciones del cuerpo están centradas en las caderas en el estilo de mariposa. Sin embargo, en realidad los movimientos verticales de la cabeza y de los hombros de hecho superan los de las caderas (Sanders, Cappaert y Devlin, 1995). La secuenciación precisa de los movimientos verticales de la cabeza parece ser lo más importante en cuanto a la ondulación correcta. Puede que inicie una ondulación corporal inversa que podría intensificar la fuerza propulsora del primer batido de delfín. Creo que los movimientos apropiados de la cabeza son definitivamente responsables de lo que he denominado una *ondulación corporal inversa*, que permite que la fuerza del movimiento descendente del primer batido de delfín acelere a los nadadores rápidamente hacia delante.

Los nadadores de mariposa no deben empujar las caderas hacia arriba y hacia abajo en un esfuerzo para ondular correctamente. Esto no ayudará a nada. Los movimientos hacia arriba de las caderas parecen ser meramente un

efecto tanto del movimiento descendente del primer batido de delfín como del movimiento descendente de la cabeza y de los hombros durante la entrada y el estiramiento de los brazos. Los siguientes movimientos de las caderas hacia abajo son meramente el resultado de la gravedad de los movimientos ascendentes de los batidos de delfín.

Durante años, la sabiduría tradicional ha dictado que los nadadores de mariposa deben mantenerse en una posición baja en el agua cuando respiran porque se creía que elevar la cabeza y los hombros por encima de la superficie del agua aumentaba el arrastre por forma. Mencioné anteriormente mi desacuerdo con esta noción con respecto a aumentar la propulsión por la ola y reducir el arrastre durante el recobro de los brazos. Otra razón por la que se deben elevar la cabeza y los hombros durante el recobro de los brazos es que la siguiente ondulación hacia abajo de estas partes del cuerpo establece las condiciones propicias para una ondulación corporal y una ondulación corporal inversa que quizá contribuyan significativamente a la propulsión efectiva. Mientras que elevar el cuerpo requiere un gasto adicional de energía inicialmente, se ahorra energía e incluso se la reutiliza para ayudar a la propulsión cuando la cabeza y el tronco caen otra vez dentro del agua.

Según Sanders, Cappaert y Devlin, (1995): “Al empezar a desplazarse la cabeza y luego los hombros hacia abajo la energía almacenada se utiliza para aumentar la velocidad hacia abajo de la parte superior del cuerpo”. En otras palabras, el siguiente movimiento hacia abajo y hacia delante de la cabeza y del tronco que ocurre después de que las caderas pasan por el pico de su ondulación hacia arriba debe, de hecho, ayudar a acelerar la velocidad de avance a causa de la fuerza de gravedad.

Se mencionó en el capítulo 3 la posibilidad de que los movimientos ondulatorios en mariposa también crean una ola corporal que intensifica la propulsión. Sanders y sus colaboradores sugirieron que los mariposistas utilizan un mecanismo como éste. Estos investigadores creían que los movimientos hacia abajo de la cabeza y de los hombros eran seguidos por la elevación de las caderas, culminando en una suma de fuerzas en las rodillas y los tobillos que contribuyen a la fuerza propulsora del primer movimiento descendente. Esta suma podría describirse como un latigazo donde los movimientos secuenciales del látigo culminan en una “explosión” de energía

al final. En la figura 5.15 se ilustra la ondulación corporal propuesta por Sanders y sus colaboradores.

Figura 5.15. La ondulación corporal en mariposa.

Figura 5.16. La ondulación corporal inversa.

No tengo problemas para aceptar la noción de que elevar y luego sumergir la cabeza, los hombros y el tronco puede reducir la desaceleración durante la entrada de los brazos. Sin embargo, sí tengo problemas con respecto a la existencia de una ondulación corporal que se desplaza hacia atrás desde la cabeza hasta los pies y que aumenta la fuerza propulsora del batido. No obstante, creo que las ondulaciones corporales que siguen el movimiento descendente del primer batido de delfín pueden producir lo que he denominado una *ondulación corporal inversa*. Esta es una ondulación que se desplaza desde los pies hasta la cabeza, mejorando la magnitud de la aceleración hacia delante recibida del movimiento descendente del primer batido de delfín. La posible secuencia de acontecimientos es como sigue.

Las caderas serán aceleradas hacia arriba y hacia delante por encima del agua durante el movimiento descendente del primer batido. La cabeza y los brazos estarán entrando en el agua en el mismo momento. La mayor parte de la fuerza de este batido se dirige hacia abajo, de manera que en una primera apreciación parecería que empuja las caderas hacia arriba sin propulsar mucho a los nadadores hacia delante. Sin embargo, es posible que la fuerza

hacia abajo de este batido podría trasladarse como propulsión efectiva si los nadadores mirasen hacia delante y estirasen los brazos hacia delante precisamente cuando las caderas pasan por el pico de su ondulación hacia arriba y empiezan a desplazarse hacia abajo y hacia delante. Si hacen esto, el momento hacia abajo de las caderas será transferido a la cabeza y a los brazos, que entonces serán impulsados hacia delante por la fuerza de este batido y por la gravedad. La posible acción de la ondulación corporal inversa se ilustra en la figura 5.16.

Para utilizar la ondulación corporal inversa para intensificar la propulsión, la secuencia de movimientos ondulatorios tiene que ser precisa. Además, las partes verticales de la ondulación no pueden exagerarse. Explicado de forma sencilla, los nadadores no pueden estar empujando el cuerpo hacia arriba y hacia abajo con ángulos agudos. Las ondulaciones deben ser graduales, con las partes corporales siempre moviéndose hacia arriba y hacia delante o hacia abajo y hacia delante. Sanders (1996) afirmó que el movimiento vertical del centro de masas de los mariposistas neozelandeses de nivel mundial era de aproximadamente 18 cm para los hombres y 14 cm para las mujeres.

Además de su efecto en la intensificación de la propulsión, la correcta secuencia de ondulaciones corporales también debe reducir el arrastre resistivo. En este sentido, los nadadores deben tratar de mantener el cuerpo tan horizontal como les sea posible durante las fases propulsoras de la brazada. El papel de los movimientos ascendentes del primer y del segundo batido de delfín y el movimiento descendente del segundo batido para mantener esta posición se describieron anteriormente.

La respiración

No estoy de acuerdo con la creencia tradicional de que los mariposistas deben mantener la cabeza y los hombros en una posición baja en el agua y proyectar el mentón hacia delante cuando respiran. Respirar de esta forma realmente puede reducir la ondulación corporal y la propulsión adicional que proporciona. Por esta razón, recomiendo que los mariposistas respiren de la

forma que ahora se enseña para braza ondulatoria. Es decir, deben respirar elevando los hombros y el tronco por encima de la superficie del agua de manera que no tengan que extender la cabeza hacia arriba y hacia atrás para respirar. La cabeza debe permanecer en una posición natural, ni flexionada ni extendida sobre el cuello, al romper la superficie. En otras palabras, los nadadores respiran elevando el tronco por encima del agua, no elevando la cabeza hacia arriba y hacia atrás. Las indicaciones que pueden utilizarse para enseñar a los nadadores a respirar de esta forma son mantener el mentón hacia abajo cuando respiran y enfocar los ojos hacia abajo y hacia delante sobre el agua por delante de ellos. No deben proyectar el mentón hacia delante, ni mirar hacia arriba y hacia delante al otro extremo de la piscina.

Las fotografías tomadas por encima del agua en la figura 5.9 (véanse las páginas 164 y 165) muestran la manera correcta de llevar los mariposistas la cabeza por encima del agua para respirar. Obsérvese la posición de la cabeza y de los hombros en la figura 5.9l. Los hombros están fuera del agua y la cabeza está inclinada hacia delante con el mentón hacia abajo y los ojos enfocados hacia abajo y hacia delante sobre el agua inmediatamente por delante del nadador. Éste no tiene la cabeza flexionada hacia atrás sobre el cuello.

Los nadadores deben empezar a elevar la cabeza, los hombros y el tronco hacia la superficie durante el movimiento hacia fuera de la brazada. Estas partes del cuerpo deben continuar desplazándose gradualmente hacia arriba y hacia delante, en dirección a la superficie, y finalmente rompiéndola durante la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba de la brazada. Los nadadores deben espirar lentamente al acercarse la cabeza a la superficie y completar la espiración de forma explosiva cuando la cabeza rompe la superficie. Los nadadores deben inspirar durante el movimiento hacia arriba y la primera mitad del recobro de los brazos y devolver la cabeza al agua durante la segunda mitad del recobro de los brazos.

El cuerpo debe desplazarse hacia arriba y hacia delante a través de la superficie con una trayectoria ligeramente diagonal. Los hombros y el tronco necesitan estar elevados por encima de la superficie para permitir a los nadadores hacerlo. La cabeza debe permanecer en una posición normal sobre la columna para que parezcan estar avanzando más que subiendo cuando

respiran. Mantener la cabeza alineada con la columna debe fomentar una subida gradual a la superficie, mientras que mirar hacia arriba y extender el cuello hacia atrás causará una subida repentina y empinada hacia la superficie que reducirá la velocidad de avance.

Existen varias razones adicionales por las que respirar de esta forma debe ser más eficaz que el método tradicional. Primero, elevar el tronco y los hombros por encima del agua ayuda a realizar el recobro de los brazos por encima del agua sin arrastrarlos por ella. Segundo, el siguiente movimiento hacia abajo y hacia delante del tronco probablemente ayuda a producir una ondulación corporal que intensifica la propulsión. Tercero, mantener la cabeza en una posición natural mientras se desplaza a la superficie fomenta la elevación de los hombros y el tronco por encima de la superficie, mientras que elevar la cabeza puede dificultar la elevación suficiente de los hombros y del tronco.

La secuencia de los movimientos de la cabeza hacia la superficie es exactamente la misma que durante el movimiento hacia fuera en la brazada en la que no respiran. Los nadadores deben mirar hacia arriba para fomentar la ondulación corporal. Sin embargo, en lugar de respirar, deben mirar otra vez hacia abajo una vez que la cabeza llegue a la superficie. Esto ayudará a una mejor posición hidrodinámica horizontal durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de la brazada subacuática. Los movimientos de la cabeza durante la brazada en la que no respiran se ven en la vista lateral en la figura 5.10 (véase la página 167).

Respirar hacia el lado

Algunos mariposistas respiran lateralmente. Las razones normales que se dan a respirar de esta forma son que ahorran energía y mantienen una posición corporal más horizontal. Algunos creen que el coste energético de elevar la cabeza se reducirá si giran la cara hacia el lado, como en el estilo libre. También creen que les ayuda a mantener una buena alineación horizontal porque el hecho de elevar la cabeza fuera del agua tiende a sumergir las

caderas.

Este razonamiento es una falacia porque ignora una diferencia importante entre mariposa y el estilo libre. Los nadadores de estilo libre pueden rotar el cuerpo para traer la cara por encima de la superficie del agua. Los mariposistas tienen que rotar la cabeza mientras que el cuerpo está en una posición prona. En una posición totalmente prona, el rango de movimiento del cuello es normalmente demasiado limitado para permitir que la boca salga del agua, a no ser que, de entrada, eleven la cabeza y el tronco por encima de la superficie. Por consiguiente, los nadadores de mariposa que respiran hacia el lado deben elevar la cabeza y los hombros por encima del agua tanto o más que los nadadores que respiran hacia delante para sacar la boca del agua. La fotografía de la figura 5.17 muestra a un nadador que respira hacia el lado. Obsérvese la altura de la cabeza y de los hombros por encima de la superficie. Obsérvese también que sus brazos no son simétricos. Los nadadores que respiran hacia el lado normalmente levantan un hombro y realizan el recobro de un brazo más alto que el otro.

Lejos de ser un error, elevar el tronco y los hombros de esta forma puede de hecho ser una ventaja, porque, como se describió anteriormente en la sección sobre la ondulación corporal, devolver la cabeza y los hombros al agua después de su elevación puede reducir la cantidad de desaceleración asociada con el recobro de los brazos. No obstante, ni es necesario ni es aconsejable que los nadadores respiren lateralmente. El tronco y los hombros pueden elevarse también cuando respiran hacia delante. De hecho, respirar hacia delante se ajusta mejor a la naturaleza del estilo. Los nadadores de mariposa permanecen en una posición prona a lo largo de todo el ciclo de brazada e impulsan el cuerpo hacia delante con ambos brazos simultáneamente. Por lo tanto, tiene sentido levantar la cabeza hacia delante en la dirección del movimiento del cuerpo.

Existe un problema adicional que los nadadores encuentran normalmente cuando respiran hacia el lado. Tienden a rotar el cuerpo ligeramente en la dirección en que giran la cabeza. Esto puede reducir la propulsión del brazo del lado opuesto si permiten que caiga el codo.

La frecuencia de la respiración durante las carreras

Normalmente se aconseja a los nadadores de mariposa que no respiren durante cada ciclo de brazada cuando compiten. Se cree que respirar reduce la velocidad porque las caderas y las piernas se hunden más en el agua, y el movimiento hacia arriba tiende a ser más corto y el primer batido más débil (Hahn y Krug, 1992; Alves, Cunha y Gomes-Pereira, 1998). La recomendación más común es respirar cada dos brazadas en las carreras de 100 m. Esto se llama un patrón de respiración *1-y-1* y se considera un buen camino medio entre la necesidad de consumir oxígeno y el deseo de mantener la velocidad de avance al nivel más alto posible.

Figura 5.17. La respiración lateral en mariposa.

Algunos entrenadores recomiendan este patrón para las carreras de 200 m. Sin embargo, otros creen que es demasiado riguroso. Recomiendan patrones en los que se respira en dos o tres brazadas consecutivas antes de realizar una brazada sin respirar. Estas frecuencias de respiración se llaman patrones de *2 y 1* y *3 y 1*. Las brazadas extras en las que respiran aumentan el consumo de oxígeno y las brazadas periódicas en las que no respiran se utilizan para readquirir la alineación horizontal.

A pesar de la aparente sensatez de restringir la respiración, muchos mariposistas de nivel mundial han respirado una vez por ciclo de brazada

durante muchas de sus mejores pruebas. Esto se ha notado especialmente en las pruebas de 200 m, aunque algunos magníficos mariposistas han respirado también durante cada ciclo de brazada en la prueba de 100 m.

El evidente dilema a que se enfrentan los nadadores es si deben intentar aumentar su velocidad media utilizando algún patrón restrictivo de respiración o retrasar la aparición de la fatiga respirando tan a menudo como sea posible. Tiendo a creer que el retraso de la fatiga es más importante para tener éxito en la competición. Por esta razón, los nadadores de mariposa deben hacer todos los esfuerzos para perfeccionar su mecánica de respiración para que puedan respirar regularmente con poca o ninguna reducción de su velocidad de avance. En este sentido, Alves, Cunha y Gomes-Pereira (1998) encontraron que aumentos en la inclinación del tronco no eran significativamente diferentes para los buenos nadadores de mariposa durante los ciclos de brazada en que respiraban y en los que no respiraban. Por lo tanto, existe evidencia de que la respiración no aumenta el arrastre por forma.

Los nadadores deben utilizar series de repeticiones experimentales para determinar el patrón de respiración más eficaz para cada distancia competitiva. Deben completar series de ocho a doce repeticiones de 50 ó 100 yardas o metros a mariposa con intervalos de descanso cortos o medios. Todas las repeticiones deben nadarse con esfuerzos similares que se acerquen a la velocidad de la carrera. Las series de 50 m con 1 minuto de descanso son muy buenas para simular las carreras de 100 m. Series de 50 m con un menor descanso y series de 100 m con un descanso de corto a medio son más apropiadas para el estrés de las carreras de 200 m.

Se deben alternar las frecuencias de respiración de una repetición a otra, utilizando patrones de 3 y 1, 2 y 1, 1 y 1 y cada ciclo hasta que puedan determinar qué patrón consigue los tiempos más rápidos, o el mismo tiempo con menos esfuerzo. Los nadadores deben repetir estas series a lo largo de varios días, y descartar los patrones que evidentemente son menos eficaces hasta que encuentren el que sea continuamente más rápido para una distancia competitiva dada. Éste es el patrón que deben utilizar en la competición. Si no hay ninguna diferencia de velocidad entre ciertos patrones, los nadadores deben utilizar el que proporciona la mayor cantidad de oxígeno.

El batido de delfín subacuático

Las reglas internacionales de la natación competitiva ahora permiten a los nadadores en las carreras de mariposa realizar el batido de delfín por debajo del agua a lo largo de una distancia de 15 metros en cada largo antes de tener que volver a la superficie y nadar el estilo completo. Los batidos de delfín por debajo del agua se han hecho tremendamente populares en las carreras de espalda, y la mayoría de los nadadores encuentran que pueden avanzar más rápidamente por debajo del agua con este batido que nadando en la superficie. Por esta razón muchos mariposistas también han empezado a realizar el batido por debajo del agua durante una buena parte de sus carreras. La principal ventaja de hacer el batido de delfín por debajo del agua comparado con nadar en la superficie reside en el mayor número de impulsos propulsores que los nadadores pueden producir durante cada minuto. Los nadadores utilizan típicamente tasas de 120 a 170 batidos por minuto cuando realizan el batido de delfín rápidamente debajo del agua. Compárese este número de impulsos propulsores con la tasa normal en las carreras de mariposa de típicamente entre 44 y 56 batidos/min.

En una primera apreciación esto parecería favorecer el batido de delfín subacuático. Sin embargo, hay que recordar que los nadadores de mariposa ya están recibiendo propulsión de al menos un batido de delfín durante cada ciclo de brazada, además de obtener al menos dos picos de propulsión durante la brazada y otro pico de propulsión por la ola durante el recobro de los brazos. Cuando se considera de esta forma, el nadador de mariposa está produciendo más de 200 picos de propulsión durante cada minuto de natación, comparados con los 150 a 170 picos cuando realizan el batido por debajo del agua. Por esta razón dudo que realizar el batido de delfín por debajo del agua sea realmente más rápido que nadar en la superficie para la mayoría de los mariposistas.

Sin embargo, antes de tomar una decisión sobre utilizar esta técnica, los nadadores de mariposa deben probar si son más rápidos cuando utilizan el

batido de delfín por debajo del agua. Los batidos de delfín de algunos nadadores son tan eficaces que pueden avanzar más con ellos por debajo del agua que cuando nadan en la superficie. Algunos mariposistas pueden avanzar más con el batido que con el estilo completo porque tienen graves defectos en la brazada o en la sincronización de los brazos, piernas y respiración. Estos nadadores deben entrenarse según las reglas a realizar la mayor distancia posible por debajo del agua utilizando el batido de delfín. Los nadadores que encuentran que son más veloces cuando nadan el estilo completo evidentemente harían mejor nadando la mayor parte de la distancia en la superficie. En cuanto a los nadadores que tienen velocidades similares por debajo del agua y en la superficie, deben también nadar sus competiciones en la superficie porque el oxígeno extra que consumen les permitirá nadar más rápidamente en las últimas etapas de la carrera.

Realizar el batido de delfín después de la salida y de los virajes

Incluso los mariposistas que nadan la mayor parte de sus pruebas en la superficie deben realizar de tres a cinco batidos de delfín por debajo del agua después de la salida y de cada viraje. Una ventaja de hacerlo es que pueden permanecer a una mayor profundidad en el agua durante un mayor período de tiempo, reduciendo la interferencia en su velocidad causada por el reflujo de agua que sale rebotado de la pared y la turbulencia causada por las idas y venidas de otros nadadores. Una segunda ventaja es que realizar tres o cuatro batidos permite a los nadadores impulsarse de la pared a una mayor profundidad y acercarse a la superficie con una trayectoria gradual diagonal que no alterará su velocidad tanto como si realizasen una subida menos gradual. Los nadadores que utilizan sólo uno o dos batidos de delfín por debajo del agua deben impulsarse de la pared mucho más cerca de la superficie para impedir el efecto retardador de un ascenso empinado.

Permanecer por debajo del agua durante unos batidos adicionales no debe alterar la provisión de oxígeno a los nadadores de mariposa. El tiempo que pasan por debajo del agua no es significativamente más largo que el tiempo

requerido para acercarse a la pared, realizar el viraje y salir a la superficie en el estilo libre. Por lo tanto, están acostumbrados a mantener la respiración durante un tiempo que al menos iguala el tiempo necesario para realizar de tres a cinco batidos de delfín después del viraje de mariposa. Por consiguiente, no debería ser muy difícil entrenar a los mariposistas a permanecer por debajo del agua durante este número de batidos. La profundidad sugerida para los batidos de delfín por debajo del agua es de entre 0,4 y 0,6 m (Lyttle *et al.*, 1998).

Realizar el batido de delfín de lado

La realización del batido de delfín de lado es una reciente innovación en cuanto a los batidos de delfín efectuados por debajo del agua. Se ha sugerido que realizarlos de lado es más rápido que realizarlos en la posición prona, por dos razones. Primero, los vórtices dejados atrás por los nadadores cuando realizan el batido de delfín se vuelven agentes propulsores más eficaces porque no son interrumpidos por colisionar con la superficie ni por rebotar en el fondo de la piscina. Segundo, los nadadores encuentran menos arrastre cuando están de lado. Sin embargo, dudo que alguna de estas ventajas sugeridas de realizar los batidos de delfín de lado realmente proporcione una ventaja en comparación con realizarlos en la posición prona.

Como se explicó en el capítulo 1, es dudoso que los nadadores realmente saquen propulsión de la creación y abandono de vórtices con las piernas. Es cierto que aceleran una cantidad de agua hacia atrás con el batido, que a su vez les acelera hacia delante. Al mismo tiempo, el agua detrás de ellos se vuelve turbulenta cuando realizan el batido en contra de ella. No obstante, esto no significa que están dejando vórtices organizados hacia atrás con suficiente intensidad como para propulsarles hacia delante. Incluso si pudiesen hacerlo, estos vórtices probablemente se disiparían tan rápidamente que la mayor parte del efecto, si no todo, se perdería inmediatamente después de dejarlos. En otras palabras, cualquier efecto propulsor ocurriría inmediatamente después de dejar los vórtices atrás y se disiparía en seguida. Por consiguiente, no habría ninguna diferencia si el agua girase durante una

mayor distancia sin alcanzar la superficie ni rebotar en el fondo de la piscina. La energía del agua que se mueve hacia atrás se habría disipado antes y ya no estaría disponible para producir una fuerza de reacción que les propulsase hacia delante.

También dudo que el arrastre por forma se reduzca cuando los nadadores estén de lado por debajo del agua. Cuando están completamente sumergidos, la anchura del cuerpo debe presentar el mismo perfil de arrastre estén en una posición prona o de lado. La anchura del cuerpo sería la misma y el agua sería desviada por las dos superficies.

He cronometrado a los nadadores y no he encontrado diferencias de velocidad cuando hacían 25 yardas con el batido de delfín por debajo del agua en posición prona y de lado. Ambas posiciones parecían igualmente eficaces. Una cosa importante que hay que recordar es que los nadadores que realizan el batido de lado tienen que cambiar a la posición prona en algún momento en la carrera y probablemente desacelerarán durante un corto período de tiempo mientras realizan el cambio. Sin embargo, no debería ser el caso de los que utilizan la posición prona, por lo que tiene más sentido realizar el batido en esta posición.

La mecánica del batido de delfín subacuático

Se muestra la mecánica del batido de delfín subacuático en una posición prona en la secuencia de fotografías de la figura 5.18. La amplitud del batido de delfín subacuático es menor y las piernas se mueven más rápidamente que cuando se nada el estilo completo. En otros sentidos la mecánica es la misma. El movimiento descendente empieza al pasar las piernas por encima del cuerpo durante el movimiento ascendente anterior. Empieza con una ligera flexión de la cadera que impulsa los muslos hacia abajo y permite que el agua flexione las rodillas y extienda los pies en preparación para la extensión de las rodillas hacia abajo como un latigazo que ocurre poco después. Se realiza el movimiento ascendente con las piernas estiradas.

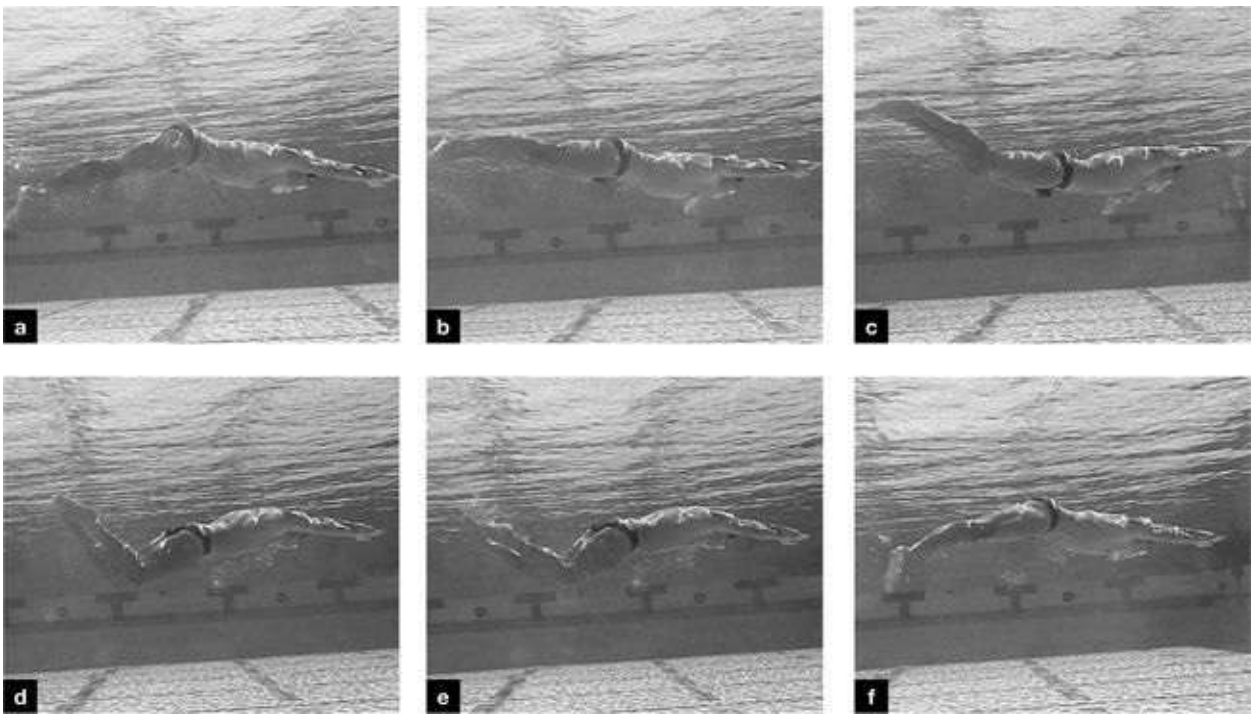


Figura 5.18. Secuencia de fotografías que muestra la mecánica del batido de delfín subacuático. El nadador es Guillermo Díaz de León de la Universidad Estatal de Arizona.

(a) Comienzo del movimiento ascendente.

(b) Continuación del movimiento ascendente.

(c) Comienzo del movimiento descendente. Comienzo de la flexión de las caderas.

(d) Continuación del movimiento descendente. Comienzo de la extensión de las piernas.

(e) Continuación de la extensión de las piernas.

(f) Comienzo del próximo movimiento ascendente.

Es muy importante que los nadadores mantengan el tronco, la cabeza y los brazos en la mejor posición hidrodinámica posible mientras realizan el batido de delfín subacuático. Los brazos deben estar juntos por encima de la cabeza, con una mano encima de la otra, formando una V que permite que las corrientes de agua se separen gradualmente por encima de las cuatro superficies del cuerpo

mientras pasan a través de ella. La separación de las corrientes de agua debe empezar en la superficie más pequeña de las yemas de los dedos y pasar gradualmente hacia atrás a lo largo de los brazos y el tronco. La cabeza debe estar metida entre los brazos sobresaliendo lo mínimo posible por encima o por debajo de ellos.

Al igual que en el estilo completo, es necesario alguna ondulación corporal para trasladar los movimientos hacia abajo de las piernas a propulsión efectiva. Esto se logra mediante un mecanismo llamado *oscilación corporal (body shimmy)* (Boomer, 1996). Sin embargo, en este caso, son los brazos y no la cabeza los que se utilizan como el lugar de la traslación. La oscilación, como implica su nombre, es una serie de pequeños movimientos alternos ascendentes y descendentes de los brazos que acompañan los movimientos ascendentes y descendentes del batido de delfín. Estos movimientos de los brazos están sincronizados precisamente con los batidos para mantener el cuerpo avanzando. La secuencia de los movimientos de los brazos es como sigue.

El movimiento descendente del batido empujará el tronco, la cabeza y los brazos hacia delante y hacia abajo mientras eleva las caderas hacia arriba y hacia delante. La gravedad hará que las caderas se desplacen hacia delante y hacia abajo durante el próximo movimiento ascendente. Los nadadores deben elevar los brazos ligeramente y estirarlos hacia delante cuando las caderas pasan por el pico de su ondulación hacia arriba (véanse las figuras 5.18 a y b). Esto permitirá que el siguiente movimiento hacia abajo de la cadera y del tronco empuje el cuerpo hacia delante. Los nadadores entonces empujarán ligeramente hacia abajo con los brazos mientras ejecutan el movimiento descendente para mantener el cuerpo avanzando (véanse las figuras 5.18 d-e).

Errores comunes del estilo mariposa

Los nadadores pueden cometer muchos errores cuando nadan mariposa. A

continuación se describen los más comunes.

Errores de brazada

En esta sección se describen los errores más comunes de la brazada, junto con sugerencias de cómo corregirlos.

Errores de la entrada y del estiramiento

Muchos nadadores no maximizan la propulsión del batido a causa de la manera en que entran los brazos en el agua. Cuando los brazos y las manos chocan contra el agua al entrar, aumentan el arrastre. Tratar de empujar hacia atrás inmediatamente después de la entrada también aumentará el arrastre por empuje y reducirá la propulsión del movimiento descendente del primer batido de delfín. Los nadadores deben realizar la entrada suavemente con las manos giradas hacia fuera. Luego deben esperar hasta que hayan empujado el cuerpo hacia delante con el movimiento descendente del primer batido antes de empezar a empujar hacia atrás.

Errores del movimiento hacia fuera

Los errores más comunes que cometen los nadadores durante esta fase de la brazada son invertir demasiado esfuerzo en el movimiento hacia fuera de los brazos y dirigir los brazos demasiado hacia abajo y no lo suficientemente hacia fuera.

El movimiento hacia fuera no es propulsor, de manera que los nadadores no deben empujar los brazos vigorosamente hacia fuera contra el agua sino

deslizarlos directamente hacia fuera hasta que estén orientados hacia atrás al igual que las manos. No deben empujar los brazos hacia abajo, ya que esto impulsará el cuerpo hacia arriba y reducirá la velocidad de avance más aún de lo que ya lo hace en esta fase de la brazada. Los nadadores de mariposa que lo hacen estarán cometiendo el error de dejar caer los codos. Por supuesto, deslizar los brazos hacia fuera también introducirá una fuerza lateral nada deseable. Sin embargo, esta fuerza no retrasará tanto a los nadadores. El efecto sobre la alineación lateral del movimiento lateral de un brazo será cancelado porque el otro brazo estará aplicando una fuerza lateral igual en la dirección opuesta. En cambio, cuando los nadadores empujan hacia abajo con los brazos, aunque sea con mucha suavidad, duplicarán la fuerza que les desacelera.

Otro error que cometen algunos nadadores es mantener los brazos demasiado estirados durante el movimiento hacia fuera. Así alargan el tiempo que tardan en llegar a la posición del agarre y fomentan una flexión excesiva durante el siguiente movimiento hacia dentro.

Errores del movimiento hacia dentro

El error más grave cometido por los nadadores durante el movimiento hacia dentro es empujar las manos y los brazos hacia abajo y hacia dentro inmediatamente cuando realizan el agarre. Esto causa un caso clásico de codos caídos, haciendo que los nadadores empujen hacia abajo sobre el agua, en lugar de hacia atrás, durante toda la primera parte del movimiento hacia dentro. Así simplemente empujarán el cuerpo hacia arriba y reducirán la velocidad de avance cuando deben estar acelerando hacia delante. Es un error tan común que incluso los buenos mariposistas lo cometen. Tratan de realizar el agarre utilizando un movimiento hacia abajo similar al que se utiliza en el estilo libre. Creen que están desplazando las manos y los brazos hacia atrás y hacia dentro, pero en realidad están empujándolos hacia abajo y hacia dentro porque no lograron orientarlos hacia atrás antes de empezar a aplicar la fuerza.

La fotografía de la figura 5.19 muestra la posición de las manos y de los brazos de un nadador justo después del agarre. Obsérvese que sus palmas y antebrazos están mirando hacia abajo y no hacia atrás. Como resultado empujará vigorosamente hacia abajo, lo que impulsará su cuerpo hacia arriba y reducirá su velocidad de avance.

Figura 5.19. La posición de las manos y los brazos justo después del agarre. Las palmas y los antebrazos están mirando hacia abajo y no hacia atrás, lo que hará que su velocidad de avance se reduzca.

Los nadadores deben deslizar las manos directamente hacia fuera para orientarlos hacia atrás en el agarre y luego iniciar el movimiento hacia dentro empujando hacia atrás, no hacia abajo. Los que simplemente no pueden desplazar los brazos hacia dentro sin empujar las manos y los brazos hacia abajo deben considerar utilizar alguno de los métodos alternativos para realizar el movimiento hacia dentro descritos anteriormente en este capítulo.

Un segundo error que cometen los nadadores es realizar el agarre con los brazos extendidos y luego flexionarlos durante el movimiento hacia dentro. Esto les hace remar las manos casi directamente hacia dentro por el agua con un mínimo de movimiento hacia atrás de las manos y los brazos. El resultado será que aplican muy poca fuerza propulsora efectiva. El agua simplemente se deslizará hacia fuera y hacia delante pasando por las manos. Cierta cantidad de agua se desplazará hacia atrás al pasar por debajo de las palmas, lo que propulsará a los nadadores hacia delante. Pero la magnitud de la

propulsión efectiva no sería tan grande como la que se puede obtener empujando el agua hacia atrás y hacia dentro con las manos y los brazos.

Los brazos ya deben estar flexionados cuando se realiza el agarre y se debe aducir la parte superior del brazo hacia atrás, hacia las costillas, durante el movimiento hacia dentro. Como se describió anterior-mente, esto aumentará la propulsión permitiendo que los grandes músculos de la espalda participen más plenamente en el movimiento hacia dentro.

El siguiente error más común consiste en el hecho de no completar el movimiento hacia dentro por debajo del cuerpo. Los nadadores que cometen este error no juntan las manos suficientemente debajo del cuerpo, ni aducen los brazos hacia atrás cerca de las costillas.

Los nadadores que realizan las brazadas de esta forma generalmente tratan de empujar las manos y los brazos casi directamente hacia atrás desde el agarre. Combinan el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba en un solo movimiento continuo en el que deben acelerar el agua hacia atrás un largo trecho. El problema de este estilo es que acorta la distancia por brazada. Se acorta el movimiento hacia dentro, y la primera mitad del movimiento hacia arriba tiene lugar cerca de los confines exteriores del cuerpo, en lugar de a lo largo de la línea media, donde sería más eficaz. Debe decirse que varios mariposistas de mucho éxito han utilizado este tipo de patrón de velocidad de los brazos de un pico. No obstante, creo que el potencial propulsor es menor que el de un patrón de velocidad de los brazos de dos picos y sólo debe utilizarse si los nadadores no pueden dominar el movimiento más largo hacia dentro.

Errores del movimiento hacia arriba

Los errores cometidos por los nadadores de mariposa durante esta fase de la brazada subacuática son similares a los errores mencionados en relación con el estilo libre. Puede que los nadadores extiendan los brazos demasiado rápidamente y empujen el agua hacia arriba en lugar de hacia atrás. También

puede que traten de empujar hacia atrás contra el agua hasta que las manos lleguen a la superficie. Esta acción también hará que empujen el agua hacia arriba en exceso. El efecto de estos errores se ilustra en la figura 5.20.

El nadador ilustrado en esta figura está extendiendo los brazos mientras realiza el movimiento hacia arriba. Si los nadadores extienden los brazos antes de que las manos lleguen a la superficie, estarán empujando hacia arriba con las palmas y la parte ventral de los antebrazos durante la fase final del movimiento hacia arriba. Esto impulsará el cuerpo hacia abajo y reducirá la velocidad de avance.

Los nadadores deben extender los codos lenta y mínimamente durante el movimiento hacia arriba, y deben relajar la presión y empezar el recobro de los brazos cuando las manos pasan por los muslos. Los brazos no deben extenderse rápidamente hasta que hayan relajado la presión y los brazos estén saliendo del agua en el recobro.

Errores del recobro

Los tres errores más comunes cometidos por los nadadores cuando realizan el recobro de los brazos son realizar el recobro demasiado alto, realizarlo con demasiado esfuerzo y arrastrar los brazos por el agua.

Ya se ha argumentado que arrastrar los brazos por el agua reducirá considerablemente la velocidad de avance. También se debe dar algún tiempo a los músculos de los hombros para relajarse durante el recobro. Por lo tanto, los nadadores deben utilizar el mínimo de fuerza necesaria para superar la inercia hacia atrás de los brazos y moverlos hacia delante. No deben impulsarlos hacia delante y hacia el agua con gran esfuerzo muscular.

El recobro de los brazos muy alto por encima de la cabeza requiere una flexibilidad de los hombros que está fuera del alcance de la mayoría de los nadadores. Ni es necesario ni incluso aconsejable realizar el recobro de esta manera. La única razón de realizar el recobro tan alto sería para impedir que

los brazos se arrastren por el agua. Sin embargo, se puede impedir que se arrastren con un recobro lateral, siempre que los nadadores permitan que el tronco y los hombros se eleven fuera del agua durante el movimiento hacia arriba y el recobro.

Errores del batido

La habilidad para la extensión del tobillo es una ventaja principal en el batido de delfín. Los nadadores deben poder extender el pie más de 70º de la vertical. Los que no poseen esta habilidad necesitarán aumentar el rango de movimiento con ejercicios especialmente diseñados para aumentar la flexibilidad de los tobillos.

Los dibujos de la figura 5.21 ilustran la importancia de una buena extensión del tobillo durante el movimiento descendente del batido de delfín. La figura 5.21a muestra cómo una buena extensión del tobillo permite al nadador mantener una buena orientación hacia atrás de los pies en el agua hasta bastante avanzado el movimiento descendente. La figura 5.21b muestra que, con una menor habilidad para la extensión del tobillo, los pies estarían simplemente empujando hacia abajo contra el agua durante la mayor parte del movimiento descendente.

Figura 5.20. Posición de las manos y los brazos durante el movimiento hacia arriba. Las palmas y los antebrazos están mirando hacia arriba, no hacia atrás, lo que hará que su velocidad disminuya.

Otro error frecuente cometido por los nadadores es realizar un batido

demasiado profundo cuando realizan el batido de delfín. Este problema es particularmente común durante el movimiento descendente del segundo batido. Los pies deben estar sólo ligeramente más abajo que el tronco cuando terminan los movimientos descendentes del batido de delfín. Realizar un batido más profundo sólo aumentará el arrastre por forma y por empuje porque las piernas estarán muy por debajo del cuerpo y estarán realizando el batido hacia delante además de hacia abajo durante la parte final del movimiento descendente.

Otro error común cometido por los nadadores es flexionar las piernas durante el movimiento ascendente del batido de delfín. Este error, quizá más que cualquier otro, reduce la propulsión lograda por muchos mariposistas con el batido. El efecto de este error es que los nadadores empujarán el agua hacia arriba y hacia delante con las piernas, aumentando el arrastre por empuje y reduciendo la velocidad de avance. Los nadadores no deben flexionar las rodillas hasta que empiece el movimiento descendente, es decir, hasta que empiecen a empujar hacia abajo con los muslos.

Errores de sincronización

Los errores comunes cometidos por los nadadores en relación con la sincronización son: realizar el batido demasiado pronto en el recobro, deslizar demasiado tiempo después de la entrada y realizar sólo un batido durante cada ciclo de brazada.

Realizar el batido demasiado pronto en el recobro. Algunos nadadores terminan el movimiento descendente del primer batido de delfín antes de que las manos entren en el agua. Estos nadadores normalmente tienen dificultad para realizar el recobro de los brazos sin arrastrarlos por el agua. Por lo tanto, realizan el batido hacia abajo en este momento para contrarrestar el arrastre por empuje que crean empujando los brazos por el agua antes de la entrada de las manos. Desafortunadamente, realizar el batido en este momento sólo reducirá su tasa de desaceleración durante el recobro de los brazos. No acelerarán hacia delante lo suficiente con el movimiento descendente del

primer batido de delfín.

Los nadadores deben tratar de sincronizar el movimiento descendente del primer batido de delfín de manera que ocurra justo cuando las manos entren en el agua y se estiren hacia delante. Deben tratar de elevar la cabeza y el tronco más fuera del agua, y flexionar los codos al estirarse hacia delante para realizar la entrada, de manera que no tiendan tanto a arrastrar los brazos por el agua antes de que entren las manos.

Deslizar demasiado tiempo después de la entrada. Este error es común entre jóvenes nadadores cuando aprenden a nadar a mariposa por primera vez. Estirarán los brazos hacia delante después de la entrada y realizarán dos batidos antes de empezar el movimiento hacia fuera de la brazada. Se debe enseñar a los mariposistas a realizar el movimiento descendente sólo una vez cuando los brazos entran en el agua y luego esperar hasta que estén a la mitad de la brazada subacuática antes de realizar otro movimiento descendente del batido. Se describirán dos buenos ejercicios para corregir este problema más adelante en este capítulo.

Realizar sólo un batido durante cada ciclo de brazada. En realidad el estilo de mariposa con un batido es realmente mariposa con un batido y medio porque los nadadores empiezan pero no terminan el movimiento descendente del segundo batido. Esto les dificulta mantener las caderas cerca de la superficie y la posición corporal inclinada aumentará el arrastre por forma durante el final de la brazada subacuática y el recobro.

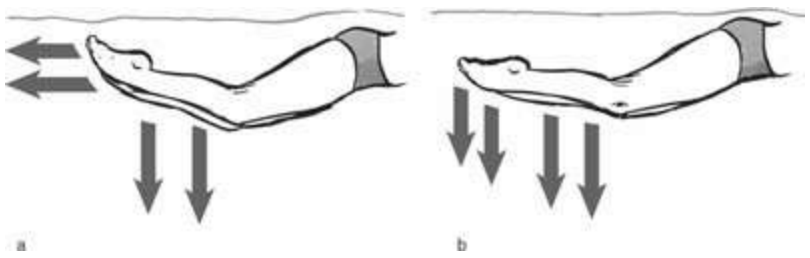


Figura 5.21. Ejemplos de los efectos de que haya o no facilidad de extensión del tobillo sobre el batido. El nadador en (a) tiene una facilidad de extensión del tobillo mejor que la media y, por lo tanto, puede mantener los pies mirando hacia atrás al agua hasta bien avanzado el

movimiento descendente. Contrástelo con el nadador en (b) que no tiene facilidad para la extensión del tobillo. Sus pies, como sus piernas, están simplemente empujando hacia abajo sobre el agua en la última parte del movimiento descendente.

Es difícil corregir el estilo de mariposa con un batido porque la solución no es tan evidente como parece. Decirles a los nadadores simplemente que realicen dos batidos no rectificará la situación. Los mariposistas que realizan sólo un batido durante cada ciclo de brazada por regla general tratan de ejecutar el agarre demasiado pronto y luego empujan directamente hacia atrás sin desplazar las manos hacia dentro por debajo del cuerpo. Esto causa una cadena de acontecimientos que acorta tanto la brazada subacuática que los nadadores no tienen bastante tiempo para llevar las piernas hacia arriba y luego realizar el movimiento descendente otra vez antes de que las manos salgan del agua. Como resultado, sólo tienen tiempo para ejecutar un movimiento descendente parcial. Se debe indicar a los mariposistas de un batido que exageren el movimiento hacia fuera y el movimiento hacia dentro de su brazada, para proporcionar tiempo suficiente para situar las piernas en posición y completar el segundo movimiento descendente del batido de delfín antes de que las manos salgan del agua.

Errores de la posición corporal

Se producen problemas si los nadadores de mariposa ondulan demasiado o demasiado poco durante un ciclo de brazada. Demasiada poca ondulación reduce la velocidad de avance porque tanto el batido como la ondulación corporal no son bastante propulsores. Los nadadores pueden ondular demasiado poco si el movimiento hacia fuera de la brazada es muy corto porque inhiben el movimiento hacia arriba de las caderas al intentar realizar el agarre demasiado rápidamente después de la entrada de los brazos en el agua.

La ondulación excesiva aumenta el arrastre resistivo porque los nadadores tienden a realizar el batido demasiado profundo y bajan la cabeza demasiado delante en un esfuerzo por hacer que las caderas se eleven mucho por encima

del agua. Se ilustra el efecto de la ondulación excesiva en la figura 5.22.

La nadadora ilustrada en la figura 5.22a está realizando el batido lo bastante profundo como para ganar propulsión, pero no tan profundo como para que aumente el arrastre por forma y por empuje innecesariamente. La nadadora de la figura 5.22b está realizando un batido demasiado profundo y bajando demasiado la cabeza cuando entran los brazos en el agua. Esto aumenta el arrastre por forma porque ocupa más espacio que el necesario en el agua. También probablemente reduce la propulsión del batido porque su cabeza y sus brazos están desplazándose hacia abajo en lugar de hacia delante en el momento en que termina el movimiento descendente del primer batido de delfín.

Cuando se realiza el batido de delfín de forma correcta, las caderas deben subir hasta e incluso un poco por encima de la superficie, con una trayectoria de avance durante el primer movimiento descendente del batido, y deben caer justo por debajo de la superficie en el movimiento ascendente siguiente. Los movimientos descendente y ascendente del segundo batido meramente deben cancelar las fuerzas ascendentes causadas por la brazada, y las caderas deben permanecer estables cerca de la superficie sin ondular hacia arriba ni hacia abajo.

Errores de respiración

Algunos nadadores mantienen la cabeza y el tronco demasiado bajos en el agua cuando respiran, mientras que otros los sacan demasiado del agua. Otro error común es respirar demasiado pronto o demasiado tarde durante el ciclo de brazada.

Los nadadores que se mantienen demasiado bajos en el agua cuando respiran invariablemente arrastrarán los brazos por el agua durante la última mitad del recobro. Se debe prevenir esto elevando bastante la cabeza y los hombros para que se mantengan fuera del agua hasta justo antes de la entrada de las manos. Al mismo tiempo, los nadadores no necesitan elevar la cabeza

y los hombros más de lo necesario para impedir que los brazos se arrastren por el agua.

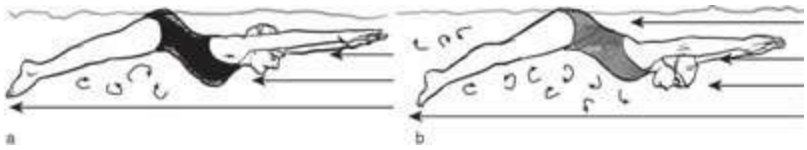


Figura 5.22. El error de una ondulación excesiva. La nadadora en (a) está realizando una ondulación correcta, mientras que la nadadora en (b) está ondulando demasiado.

Los nadadores que respiran demasiado pronto generalmente utilizan un estilo deslizador. Deslizan después de la entrada de los brazos en el agua para poder respirar antes de empezar el movimiento hacia fuera. Hay que enseñar a estos nadadores a mantener los brazos avanzando y desplazándose hacia fuera después de su entrada y a mantener la cara en el agua hasta la mitad de la brazada.

Cuando los nadadores respiran demasiado tarde, desarrollan una *pausa* en su estilo. Es decir, realizan una pausa para respirar antes de sacar los brazos del agua. Puede haber tres razones para este comportamiento. La primera es porque mantienen la cabeza hacia abajo demasiado tiempo después de la entrada y no logran sacar la cara del agua hasta muy tarde en la brazada. De esta manera, la cara no llega a la superficie hasta que casi se haya completado el movimiento hacia arriba, y, por lo tanto, deben realizar una pausa para inspirar antes de que puedan empezar el recobro de los brazos. Hay que enseñar a estos nadadores a sacar la cara del agua durante el movimiento hacia dentro y a respirar durante el movimiento hacia arriba.

La segunda razón para respirar demasiado tarde puede ser porque algunos nadadores empujan demasiado arriba con los brazos durante el movimiento hacia arriba. La gran cantidad de fuerza descendente creada requiere que realicen un batido muy profundo en el segundo movimiento descendente para impedir que el cuerpo se hunda. Como resultado, las caderas se elevan excesivamente por encima de la superficie y tienen que retrasar la inspiración y el comienzo del recobro hasta que las caderas vuelvan por debajo de la

superficie. Se debe enseñar a estos nadadores a relajar la presión sobre el agua antes de que las manos lleguen a la superficie, lo que reducirá la necesidad percibida de realizar un batido profundo con tanta fuerza durante el movimiento hacia arriba.

La tercera causa, y quizá la más común, de la pausa entre los jóvenes nadadores de mariposa es que algunos giran las palmas hacia abajo antes de que las manos salgan del agua. Este cambio de posición de la mano de arriba abajo interrumpe el movimiento de los brazos al salir del agua y retrasa la inspiración y el comienzo del recobro. Algunos nadadores intentan erróneamente balancear los brazos hacia delante antes de que salgan del agua en lugar de dejar que el movimiento hacia arriba y hacia fuera supere la inercia hacia atrás de los brazos. Paran repentinamente el movimiento hacia atrás de las manos y empiezan a estirarlas hacia delante mientras que los brazos siguen debajo del agua. Hay que enseñar a estos nadadores a balancear los brazos hacia arriba y fuera del agua, y deben dejar que las manos sigan a los brazos mientras realizan el recobro por encima del agua. Estos nadadores también deben comprender que las manos deben salir del agua de canto, con los meñiques primero, y que las palmas deben estar mirando hacia atrás durante la primera mitad del recobro.

Ejercicios para el estilo de mariposa

El estilo de mariposa es el estilo más complejo a la hora de diseñar ejercicios porque es muy difícil aislar aspectos del estilo a la vez que se mantiene lo fundamental intacto. No obstante, existen algunos ejercicios que se han hecho populares y que se describen en esta sección.

Ejercicios para la brazada y la sincronización

Puedo recomendar cuatro ejercicios para estos aspectos: (1) nadar mariposa con un solo brazo; (2) nadar mariposa con sólo los brazos; (3) nadar mariposa con aletas, y (4) nadar ciclos de brazadas de mariposa con una pausa entre ciclos.

El ejercicio de nadar mariposa con un solo brazo

Este ejercicio es excelente para enseñar la brazada porque los nadadores pueden concentrarse en mover los brazos uno a uno. Nadan a mariposa con un solo brazo con el que realizan el movimiento hacia fuera, el movimiento hacia dentro, el movimiento hacia arriba y las fases del recobro lenta y deliberadamente, concentrándose en la correcta ejecución durante cada fase. El otro brazo puede extenderse por encima de la cabeza o colocarse en el costado. Extender el brazo por delante hace que el ejercicio sea más fácil de realizar pero inhibe un poco la ondulación. Los nadadores pueden ondular más naturalmente con el brazo inactivo al lado, pero es un poco más difícil respirar. Aunque los nadadores tenderán naturalmente a rotar y respirar hacia el lado cuando realizan este ejercicio, no se les debe permitir hacerlo. Deben permanecer en la posición prona y respirar hacia delante, al igual que si estuviesen nadando el estilo completo.

Este ejercicio puede realizarse con el batido de delfín o con un *pullbuoy* entre las piernas. El *pullbuoy* permite a los nadadores concentrarse en los movimientos de los brazos, pero también inhibe la ondulación. Utilizar el batido de delfín hace que el ejercicio se asemeje más a nadar el estilo completo, pero, para los principiantes, puede interferir en su concentración en la brazada.

Existe una variación del ejercicio con un solo brazo que sirve como una buena destreza precursora para nadar el estilo completo. Los nadadores recorren cada largo realizando un número específico de brazadas con el brazo derecho (por ejemplo, tres veces en una piscina de 25 m). Luego realizan un número igual de brazadas con el brazo izquierdo. Finalmente terminan el largo nadando con ambos brazos.

El ejercicio de mariposa con sólo los brazos

El propósito de este ejercicio es permitir a los nadadores concentrarse en la brazada y la respiración mientras nadan el estilo completo. Nadan con un *pullbuoy* entre las piernas. El *pullbuoy* les ayuda a permanecer horizontales para que puedan practicar los movimientos de los brazos y la secuencia de la respiración con más facilidad.

El ejercicio de mariposa con sólo los brazos es también un buen ejercicio para enseñar la sincronización de los dos batidos de este estilo. Después de realizar este ejercicio durante algún tiempo, los nadadores encontrarán que las piernas realizan naturalmente dos empujones hacia abajo durante cada ciclo de brazada y que estos empujones están sincronizados perfectamente con la brazada. Se debe animar a los nadadores a permitir que las piernas se desplacen arriba y abajo y que el cuerpo ondule, aunque están realizando las brazadas y deben estar prestando atención a la sincronización del movimiento descendente de las piernas con la brazada. Cuando las ondulaciones de las piernas empiezan a parecer naturales, los nadadores pueden dejar el *pullbuoy* y acentuar el movimiento descendente de las piernas para afinar la sincronización del estilo de mariposa.

El ejercicio de nadar con aletas

Nadar con aletas facilita a los nadadores de mariposa permanecer con una buena alineación horizontal mientras practican la brazada, la secuencia de respiración y la sincronización entre los brazos y las piernas. Las aletas proporcionan el apoyo adicional que permite a los mariposistas neófitos nadar una distancia suficiente para practicar todos estos aspectos del estilo.

El ejercicio de nadar una brazada y parar

Este ejercicio es muy bueno para practicar el estilo completo de mariposa. Los nadadores empiezan desde una posición prona flotando inmóviles en el agua. Luego realizan un ciclo exagerado de mariposa antes de ponerse de pie. Avanzan por la piscina alternando flotar en la posición prona, realizar el ciclo de brazada y ponerse de pie para luego flotar de nuevo en posición prona.

Ejercicios de batido

Existen varias maneras de reforzar y perfeccionar los nadadores su técnica de batidos en la práctica. Se describen seis en la siguiente sección.

Realizar batidos con una tabla

Este ejercicio es bueno para practicar el movimiento descendente del segundo batido de delfín y para acondicionar las piernas. Sin embargo no proporciona bastante ondulación del cuerpo para simular el movimiento descendente del primer batido porque las manos y el tronco son elevados por la tabla y en esta posición relativamente plana no pueden ondular mucho.

Realizar batidos por debajo del agua

Éste es un buen ejercicio para enseñar el primer batido. Los nadadores imitan a los delfines realizando el batido de delfín con las manos a los lados. Pueden

realizar repeticiones de velocidad de 25 yardas o metros por debajo del agua. Si quieren realizar más repeticiones con los batidos, pueden realizar tres o cuatro batidos subacuáticos, subir a la superficie para respirar y bajar por debajo para realizar otros tres o cuatro batidos. Debe repetirse este ciclo hasta que hayan cubierto la distancia requerida.

El ejercicio de realizar los batidos sobre la superficie

Este ejercicio se realiza sin tabla. Es otro buen ejercicio para enseñar el primer batido porque los nadadores pueden ondular más cuando no sostienen una tabla delante de ellos. Avanzan por la piscina con los brazos extendidos hacia delante. Respiran después de cada tercer, sexto u octavo batido.

El ejercicio de realizar los batidos de espaldas

Los nadadores realizan el batido de delfín de espaldas con los brazos extendidos por encima de la cabeza durante la distancia requerida. Es un buen ejercicio para enseñar cómo abrir y cerrar las piernas durante el batido de delfín para que puedan posicionar las piernas y los pies de modo que proporcionen la fuerza propulsora más eficazmente.

El ejercicio de realizar los batidos de lado

Los nadadores avanzan por la piscina realizando el batido de lado con las manos en los muslos. Pueden hacer repeticiones de cualquier distancia. Se pueden realizar los batidos cambiando de lado cada largo o realizando un número específico de batidos de un lado (por ejemplo, cinco batidos antes de cambiar de lado). Es un buen ejercicio para enseñar a los nadadores a realizar

el movimiento ascendente correctamente porque pueden sentir las ondulaciones de las piernas y pueden concentrarse en realizar el movimiento ascendente con las piernas estiradas. Este ejercicio también puede enseñar la secuencia correcta para bajar y elevar la cabeza, haciendo que los nadadores miren hacia delante cada vez que realizan el movimiento descendente con las piernas. Una variación de este ejercicio es realizar el batido con las manos por encima de la cabeza, lo que requiere una mayor flexibilidad en la región lumbar.

El ejercicio de los tres batidos y dos brazadas

Éste es un ejercicio excelente para simular el primer batido de delfín del ciclo de brazada en mariposa. También es un buen método para mejorar la capacidad aeróbica y la capacidad de mantener la respiración porque se pueden nadar largas distancias sin perder el ritmo. Los nadadores deben completar una serie de repeticiones, alternando tres batidos de delfín por debajo del agua con dos ciclos de brazada en la superficie en cada largo de la piscina. Deben tratar de realizar el batido por debajo del agua utilizando un fuerte empujón de las piernas y ondulaciones adecuadas del cuerpo (con la cabeza por debajo de las caderas en el movimiento descendente de las piernas) con cada batido. Deben utilizar las dos brazadas en la superficie principalmente para respirar. Los nadadores encontrarán que pueden nadar mariposa durante largas series de repeticiones y largas distancias continuas en muy poco tiempo con este ejercicio, y esto debe mejorar su resistencia durante las carreras de mariposa.

6

Espalda

El estilo de espalda se desarrolló a partir del estilo de braza invertida (braza nadada de espaldas). A lo largo del tiempo, los competidores encontraron que podían nadar más rápidamente y seguir cumpliendo las reglas realizando el recobro de los brazos por encima del agua de forma alterna. La espalda moderna se inventó más tarde cuando se encontró que el batido de estilo libre era más rápido que la patada de cuña.

Desde 1930 hasta 1960, los espaldistas utilizaron un estilo que fue popularizado por el gran campeón Adolph Kiefer. Durante sus brazadas subacuáticas, los nadadores desplazaban los brazos extendidos hacia los lados, justo por debajo de la superficie. También realizaban un recobro por encima del agua con un movimiento bajo y lateral. Este estilo cambió drásticamente en los años sesenta. Con el uso cada vez más frecuente de las filmaciones subacuáticas, los expertos se dieron cuenta de que los mejores espaldistas del momento estaban utilizando una brazada con una trayectoria en forma de S. Flexionaban los brazos al principio de la brazada y los estiraban más tarde. Además, los nadadores estaban realizando el recobro de los brazos directamente por encima de la cabeza en lugar de hacia los lados.

Hoy en día, la mecánica del estilo espalda es muy parecida a la del estilo libre, excepto que en espalda se nada en la posición supina. Al igual que en el estilo libre, los nadadores realizan una brazada alterna con los brazos y la gran mayoría completan seis batidos por ciclo de brazada.

Ha habido cambios adicionales en espalda durante la última década. Un gran número de nadadores excelentes de nivel mundial están utilizando una brazada subacuática que tiene tres fases propulsoras en lugar de dos. También ha habido un aumento considerable del número de espaldistas que utilizan el batido de delfín subacuático durante grandes secciones de la carrera. Las reglas ahora permiten que el nadador nade 15 m con el batido de delfín subacuático después de la salida y de cada viraje. Aunque, hasta la fecha, no ha habido ningún estudio comparativo que apoye el uso del batido de delfín subacuático, es evidente que muchos espaldistas pueden desplazarse más rápidamente realizando el batido subacuático que nadando espalda en la superficie.

Las técnicas de este estilo se presentan en un orden similar a las del estilo libre y mariposa. Se describen primero las trayectorias de la brazada y los patrones de velocidad típicos para los nadadores de espalda. Luego sigue una descripción de la brazada, el batido, la sincronización de brazos y piernas, y la posición del cuerpo en el agua. A causa de su creciente utilización desde la edición anterior de este libro, se ha añadido una sección sobre el batido de delfín subacuático. La última sección trata de los errores comunes del estilo y los ejercicios para enseñar a nadar espalda.

Trayectorias de brazada y patrones de velocidad

Tradicionalmente, hemos creído que los nadadores de espalda utilizan un patrón de propulsión de la brazada con dos picos, con el primer pico creado cuando realizan el movimiento hacia arriba en dirección a la superficie, hasta

que llegan a la mitad de la brazada, y el segundo pico cuando extienden el brazo hacia el lado para terminar la brazada subacuática. Sin embargo, según las medidas de velocidad de avance, muchos de los mejores espaldistas de las últimas dos décadas producen tres picos de propulsión, teniendo lugar el tercero cuando llevan el brazo hacia la superficie en una fase que antaño fue considerada parte del recobro. Por lo tanto, el grupo actual de espaldistas de nivel mundial parece dividirse en dos categorías: los que utilizan un patrón de velocidad de dos picos, y los que hacen tres picos de propulsión durante cada brazada subacuática.

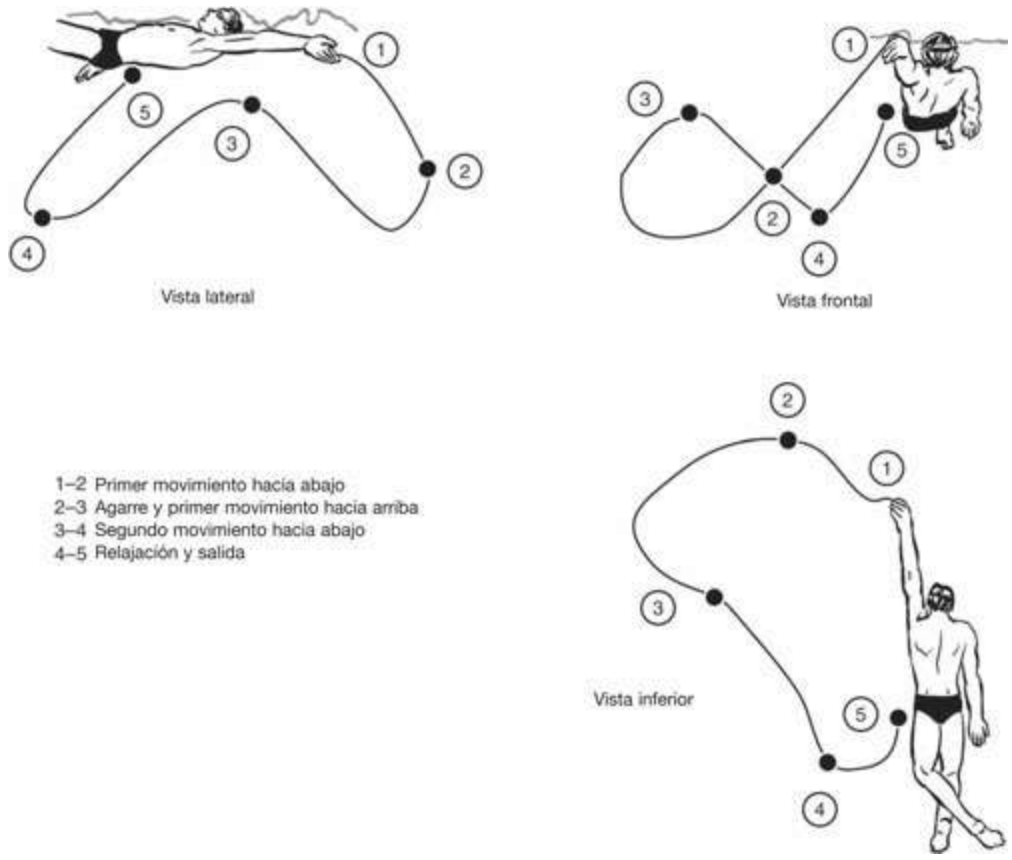


Figura 6.1. Vistas lateral, frontal e inferior de las trayectorias de brazada del estilo de espalda de dos picos.

Creo que el patrón de tres picos tiene el potencial de ser el método más propulsor de los dos, y daré mis razones para esta afirmación más tarde en este capítulo. Sin embargo, primero empezaré con las trayectorias de la

brazada.

Las trayectorias de la brazada

Las trayectorias de la brazada ilustradas en la figura 6.1 son del patrón tradicional de dos picos de propulsión. Las trayectorias ilustradas en la figura 6.2 son de un patrón de tres picos de propulsión.

La trayectoria de dos picos

Las trayectorias en la vista lateral, frontal e inferior presentadas en la figura 6.1 ilustran la manera en la que la mayoría de los espaldistas del estilo de dos picos desplazan las manos por el agua. Estas trayectorias están dibujadas en relación con un punto fijo de manera que representan las verdaderas direcciones de las manos durante las brazadas subacuáticas.

Cada brazada subacuática consta de cinco partes distintas: el primer movimiento hacia abajo, el agarre, el primer movimiento hacia arriba, el segundo movimiento hacia abajo, y la relajación y la salida.

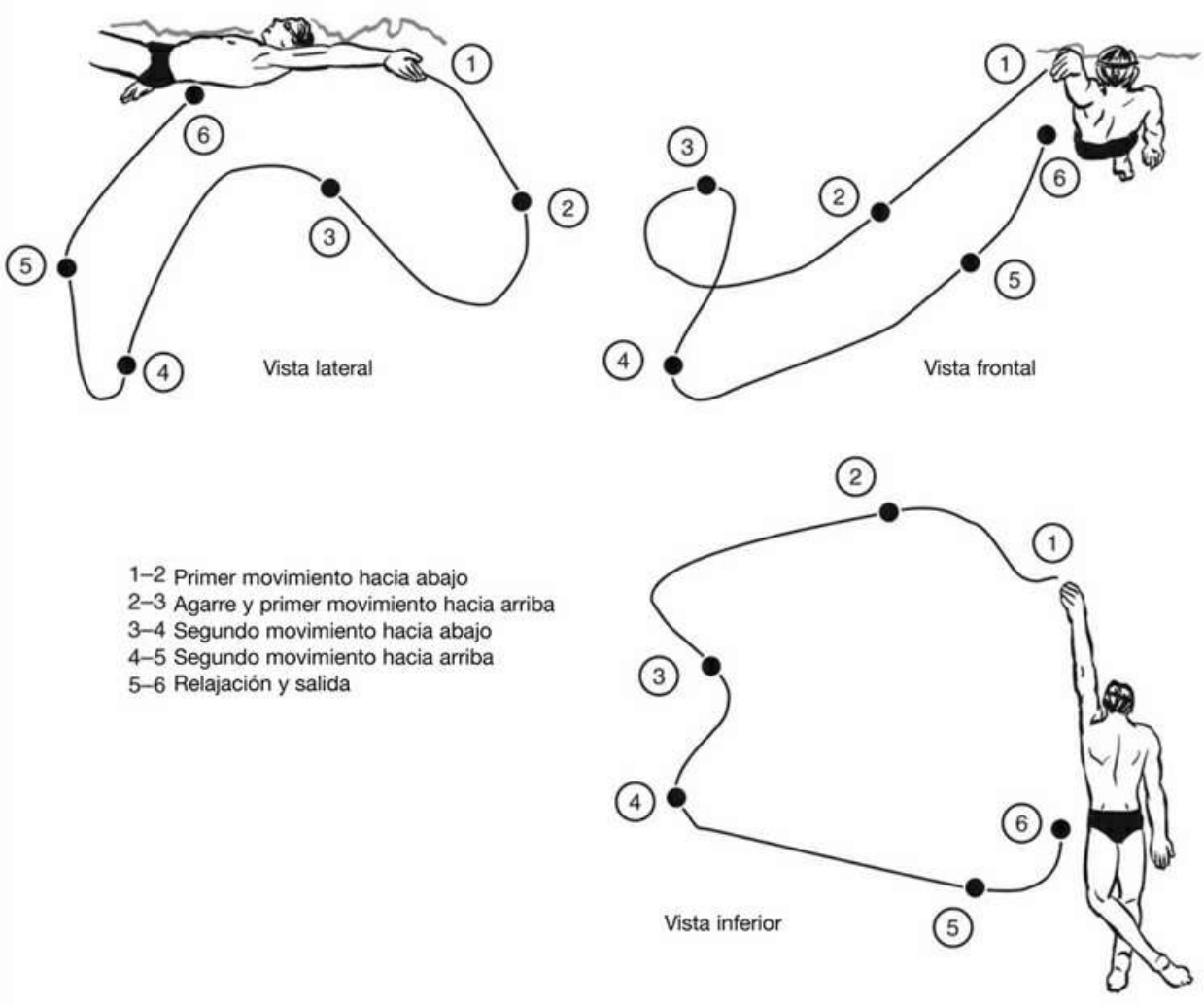


Figura 6.2. Vistas lateral, frontal e inferior de las trayectorias de la brazada del estilo de espalda de tres picos.

Dos de estas fases son propulsoras: el primer movimiento hacia arriba y el segundo movimiento hacia abajo.

En la figura 6.1, el primer movimiento hacia abajo ocurre entre los puntos 1 y 2. Después de su entrada en el agua, la mano se desplaza hacia delante, hacia abajo y hacia fuera hasta que llega a la posición del agarre. Éste tiene lugar en el punto número 2. El primer movimiento hacia arriba, que es la primera fase propulsora de la brazada, se completa entre los puntos 2 y 3. El

nadador desplaza la mano hacia arriba, hacia atrás y hacia dentro hasta que se acerque a la superficie y esté enfrente de las costillas. El segundo movimiento hacia abajo, la segunda fase propulsora de la brazada, tiene lugar entre los puntos 3 y 4. El nadador desplaza su brazo hacia abajo, hacia dentro y hacia atrás hasta que esté completamente extendido y justo por debajo de su muslo. Desde allí, el nadador relaja la presión sobre el agua en el punto 4 y realiza el recobro desplazando el brazo hacia arriba, sacándolo del agua y llevándolo hacia atrás por encima de la cabeza para comenzar la siguiente brazada. Su brazo sale del agua en el punto 5.

La trayectoria de tres picos

Esta trayectoria se ilustra en las vistas lateral, frontal e inferior en la figura 6.2 en la página 193. Al igual que la figura 6.1 está dibujada en relación con un punto fijo de la piscina. Los nadadores que utilizan este estilo tienen seis fases en lugar de cinco en sus brazadas subacuáticas y tres de éstas son propulsoras. Las seis fases son el primer movimiento hacia abajo, el agarre, el primer movimiento hacia arriba, el segundo movimiento hacia abajo, *el segundo movimiento hacia arriba*, y la relajación y la salida.

En la figura 6.2 el primer movimiento hacia abajo tiene lugar entre los puntos 1 y 2. El agarre tiene lugar en el punto 2. El brazo del nadador se desplaza mayormente en la misma dirección que la descrita para el estilo de dos picos. Se desplaza hacia delante, hacia abajo y hacia fuera. El primer movimiento hacia arriba, la primera fase propulsora de la brazada, ocurre entre los puntos 2 y 3. Es un movimiento hacia arriba y hacia atrás con el brazo que termina al acercarse la mano del nadador a la superficie y colocarse enfrente de los hombros. El primer movimiento hacia arriba es mucho más corto en el estilo de tres picos que en el de dos.

La siguiente fase propulsora, el segundo movimiento hacia abajo, tiene lugar entre los puntos 3 y 4. El nadador desplaza la mano hacia atrás y hacia abajo hasta que el brazo esté completamente extendido y muy por debajo del muslo. También estará mucho más separado de su muslo y hacia el lado de lo

que está en el estilo de dos picos. La tercera fase propulsora, el segundo movimiento hacia arriba, ocurre entre los puntos 4 y 5. El nadador desplaza su mano hacia arriba, hacia atrás y hacia dentro al muslo, empujando el agua hacia atrás con la palma de la mano y la parte ventral del antebrazo. La relajación ocurre en el punto 5, y el brazo sale del agua en el punto 6.

Dos elementos de las trayectorias ilustradas en la figura 6.2 quizás han sido sorprendentes. El primero se relaciona con la profundidad de la mano durante el segundo movimiento hacia abajo. Los profesores que enseñan el estilo típico de espalda *con el brazo flexionado* creen que los nadadores deben empujar la mano hacia atrás y hacia dentro al muslo durante esta fase. No obstante, mis observaciones personales y las trayectorias de brazada dibujadas a partir de filmaciones de nadadores de nivel mundial muestran que los espaldistas del estilo de tres picos desplazan la mano hasta una mayor profundidad por debajo del muslo durante esta fase de su brazada subacuática (Luedtke, 1986).

También puede parecer sorprendente que el segundo movimiento hacia arriba fuera un movimiento propulsor, porque, como ya he dicho, este movimiento ha sido considerado tradicionalmente como la primera parte del recobro del brazo. Sin embargo, según los cálculos de la fuerza propulsora de los miembros del equipo olímpico estadounidense de 1984 y los patrones de velocidad del centro de masas de varios nadadores actuales de nivel mundial, muchos espaldistas sí adquieren propulsión de este movimiento (Luedtke, 1986; Maglischo *et al.*, 1987; Maglischo, Maglischo y Santos, 1987).

Gráficos de la velocidad de avance y de la velocidad de las manos

Los gráficos presentados en las figuras 6.3 y 6.4 ilustran la velocidad de avance y la velocidad de las manos de espaldistas de nivel mundial del estilo de dos y de tres picos. La figura 6.3 ilustra un patrón típico de velocidad de dos picos de la espaldista Theresa Andrews, miembro del equipo olímpico estadounidense de 1984. Sólo se muestra la brazada derecha. Los picos de

propulsión de su brazada tienen lugar durante el primer movimiento hacia arriba y el segundo movimiento hacia abajo. No hay un segundo movimiento hacia arriba propulsor. Simplemente deja de empujar hacia atrás contra el agua al final del segundo movimiento hacia abajo y saca el brazo del agua para el recobro.

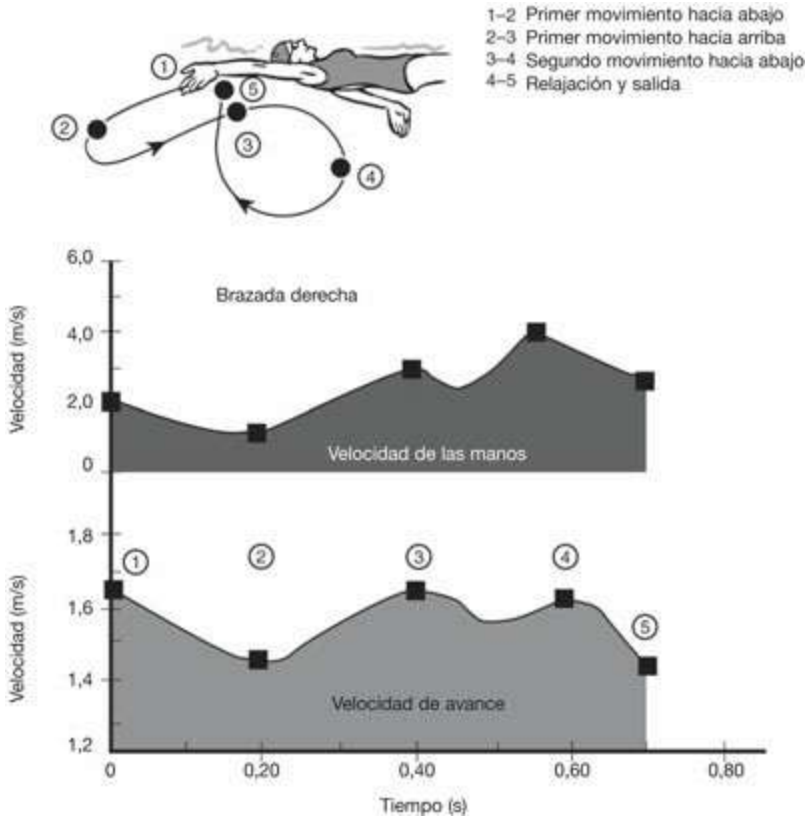


Figura 6.3. Gráficos de la velocidad de avance y de la velocidad de las manos de Theresa Andrews, miembro del equipo olímpico estadounidense de 1984. Utiliza un estilo de dos picos de propulsión.

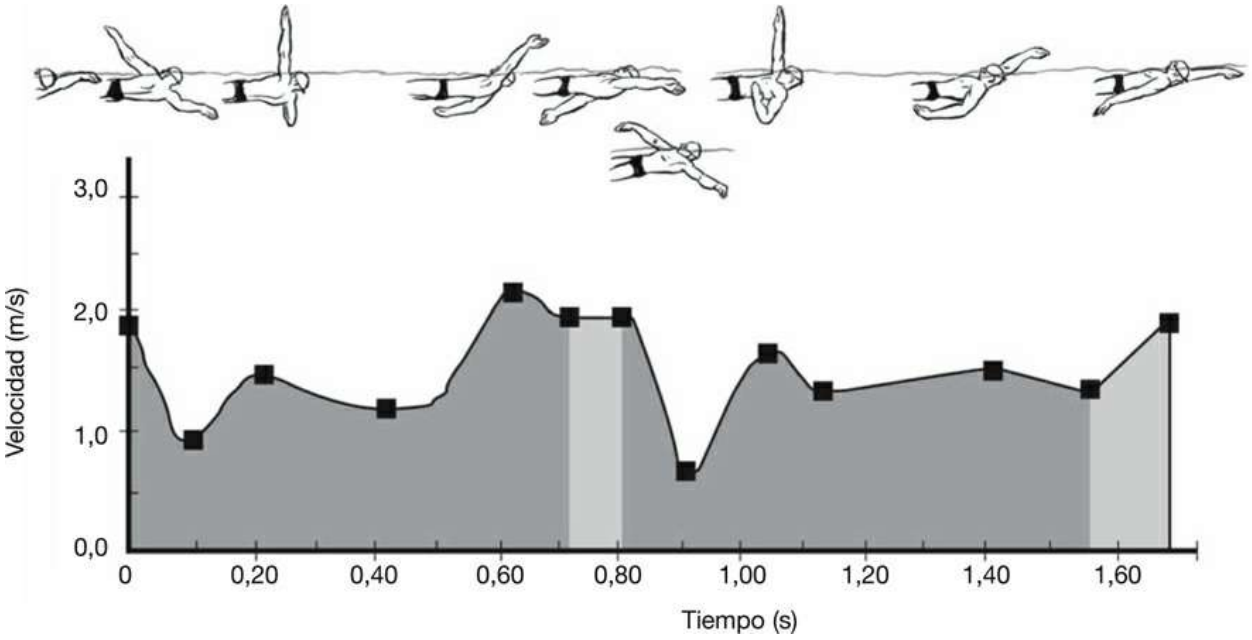


Figura 6.4. Un gráfico de la velocidad de avance del espaldista Martín López-Zubero, explusmarquista mundial de 200 m espalda.

Adaptada de Cappaert, 1993.

Parece haber tres patrones propulsores dentro del estilo de dos picos. Para algunos nadadores, el primer movimiento hacia arriba es la fase más propulsora de la brazada subacuática. Para otros, es el segundo movimiento hacia abajo. Ciertos nadadores aceleran hacia delante casi igualmente durante ambos movimientos.

El gráfico de la velocidad de avance ilustrado en la figura 6.4 es de Martín López-Zubero, explusmarquista mundial y medallista olímpico de oro, nadando en las eliminatorias de los 200 m espalda en los Juegos Olímpicos de 1992. López-Zubero tiene tres picos de propulsión durante cada brazada. El primero ocurre durante el primer movimiento hacia arriba, el segundo durante el segundo movimiento hacia abajo, y luego genera otro pico de propulsión durante su segundo movimiento hacia arriba marcado por la zona sombreada más clara a la derecha. Mantiene un nivel de velocidad de avance razonablemente alto durante el segundo movimiento hacia arriba de la

brazada derecha, y de hecho logra un pico en la velocidad de avance durante el segundo movimiento hacia arriba de su brazada izquierda.

La cuestión que he intentado destacar mostrando este gráfico es que el segundo movimiento hacia arriba puede utilizarse para acelerar el cuerpo hacia delante. Todos los nadadores harían bien en utilizarlo para la propulsión. Creo que es potencialmente la manera más efectiva de nadar este estilo. Observaciones de cintas de vídeo de filmaciones subacuáticas indican que cada vez más espaldistas de nivel mundial están utilizando la brazada de tres picos de propulsión. Esto es sorprendente porque a la mayoría probablemente se les enseñó el estilo de dos picos. El hecho de que muchos hayan adoptado un estilo de tres picos, en muchos casos, sin ser conscientes de ello, apoya la creencia de que ésta puede ser una manera superior de nadar espalda. Para ser justo, también hay que decir que muchos buenos espaldistas siguen utilizando el patrón de velocidad de dos picos.

Los gráficos ilustrados en la figura 6.5 muestran, según creo, los patrones ideales de velocidad de avance y de velocidad de las manos para espalda. Los gráficos ilustran un estilo de tres picos de propulsión. Estos patrones son un compuesto de las mejores partes de la brazada de varios espaldistas de nivel mundial.

Gráfico de la velocidad de avance

En la figura 6.5, el gráfico de la velocidad de avance para el centro de masas empieza en el punto cero del eje del tiempo, justo después de que la mano derecha haya entrado en el agua y el nadador haya relajado la presión con su mano izquierda. Obsérvese que la velocidad de avance disminuye 0,10 m/s durante el primer movimiento hacia abajo de la brazada derecha mientras que el brazo se desplaza hacia abajo a la posición del agarre. Una vez realizado el agarre, la velocidad de avance aumenta y sigue haciéndolo a lo largo del primer movimiento hacia arriba. Hay una ligera pérdida de velocidad durante la transición del primer movimiento hacia arriba al segundo movimiento hacia abajo, seguida de otro aumento de velocidad de avance durante el

segundo movimiento hacia abajo. El nadador entonces desacelera durante un corto período de tiempo durante la transición entre el segundo movimiento hacia abajo y el segundo movimiento hacia arriba. Deja de empujar hacia atrás contra el agua con la mano derecha al final del segundo movimiento hacia arriba y su velocidad de avance disminuye mientras que la saca del agua.

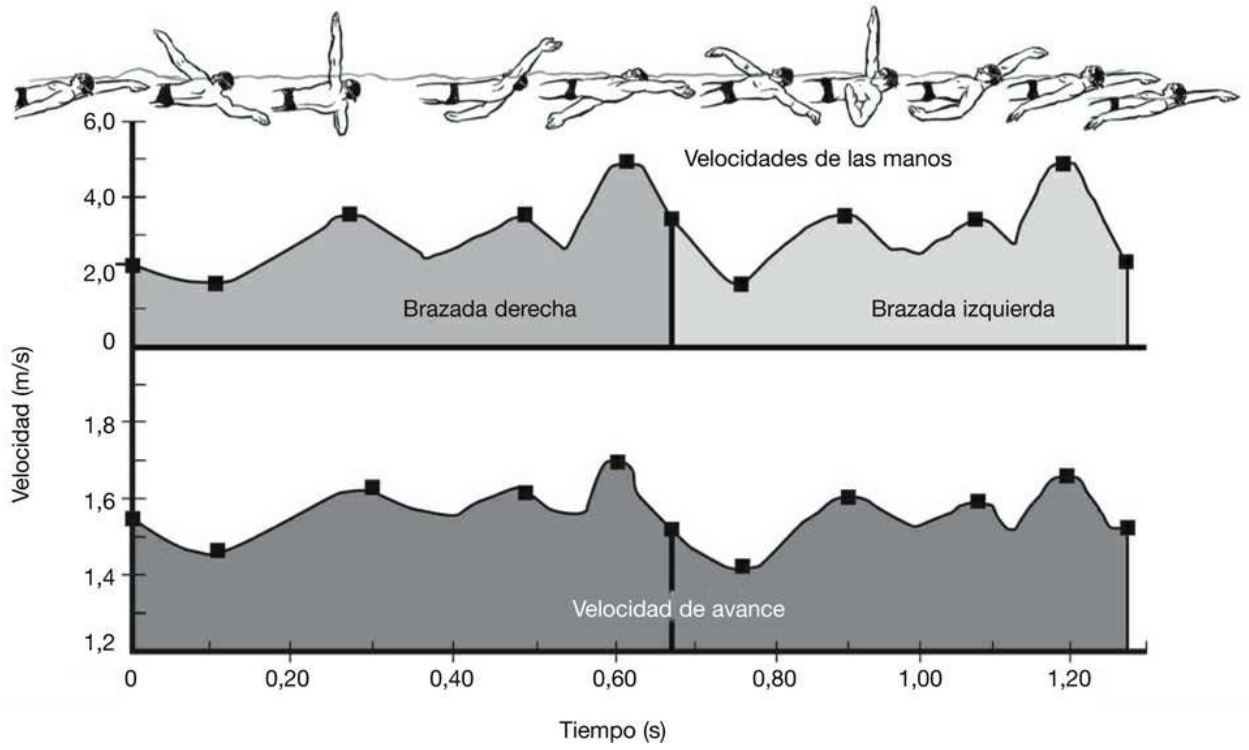


Figura 6.5. Patrones ideales de velocidad de avance y de velocidad de las manos para espalda.

Entre tanto, su brazo izquierdo ha entrado en el agua y está deslizándose hacia delante, hacia abajo y hacia fuera a la posición del agarre. Realiza el agarre con el brazo izquierdo justo después de la salida del agua del brazo derecho. Luego, sus aumentos y reducciones de la velocidad de avance siguen el mismo patrón en los tres movimientos propulsores del brazo izquierdo que fue descrito para el brazo derecho. Sin embargo, obsérvese que los picos de velocidad tienden a ser algo más bajos y cortos y que los valles son ligeramente más profundos y largos para la brazada izquierda. Estas

diferencias entre la brazada dominante (derecha) y no dominante (izquierda) son típicas de la mayoría de los espaldistas, al igual que lo fueron de la mayoría de los nadadores de estilo libre. (Las posibles razones para las diferencies de velocidad entre el brazo dominante y no dominante se presentaron en el capítulo 3.)

Gráfico de la velocidad de las manos

El gráfico superior de la figura 6.5 representa un patrón ideal de velocidades de las manos para un ciclo de brazada (dos brazadas). Al igual que en otros estilos, los picos y los valles de las velocidades de las manos tienden a reflejar los de la velocidad de avance.

La mano derecha entra en el agua bastante rápidamente, a aproximadamente 2 m/s. Después de la entrada, la mano desacelera hasta que se desplace a aproximadamente la misma velocidad que el cuerpo cuando se realiza el agarre. Esto indica que la mano del nadador está siendo simplemente empujada hacia delante por su cuerpo en este momento. Una vez realizado el agarre, la mano acelera y desacelera en un patrón de tres picos, con cada pico correspondiendo a uno de los tres movimientos propulsores de la brazada subacuática.

La mano derecha acelera a aproximadamente la misma velocidad (casi 4 m/s) durante el primer movimiento hacia arriba y el segundo movimiento hacia abajo. Sin embargo, acelera más aún durante el segundo movimiento hacia arriba, alcanzando una velocidad de casi 5 m/s durante esta fase. La velocidad de la mano disminuye cuando el nadador relaja la presión sobre el agua y sigue haciéndolo durante el recobro hasta que el brazo derecho llegue a la posición del agarre de la próxima brazada.

Entretanto, la mano izquierda del nadador ha entrado en el agua mientras que su mano derecha estaba completando su segundo movimiento hacia abajo. Después de la entrada, desliza la mano izquierda hacia delante hasta que se haya completado la fase propulsora de la brazada derecha. La

velocidad de su mano izquierda sigue disminuyendo durante este tiempo. Sin embargo, una vez que deja de empujar hacia atrás contra el agua con el brazo derecho, desplaza su mano izquierda hacia abajo y hacia fuera a la posición del agarre. De nuevo, la mano sigue desacelerando hasta que casi deje de moverse cuando realiza el agarre. Después, la velocidad de la mano izquierda aumenta y se reduce en un patrón de tres picos que corresponde a los tres picos de propulsión de la brazada.

Patrón de velocidad de un pico

Otro patrón de velocidad que ha sido utilizado por algunos espaldistas de nivel mundial se ilustra en la figura 6.6. La nadadora es Tori Trees, otro miembro del equipo olímpico estadounidense de 1984. Sólo se muestra su patrón de velocidad de avance para la brazada subacuática derecha. El patrón de velocidad empieza cuando su mano derecha entra en el agua y termina cuando sale de ella.

Tiene sólo un pico principal de propulsión: durante la última parte del primer movimiento hacia arriba y la primera parte del segundo movimiento hacia abajo. No tiene la fase de un segundo movimiento hacia arriba. Pasa del segundo movimiento hacia abajo inmediatamente a la fase de la relajación y la salida. Sus manos sí se desplazan hacia arriba y hacia abajo un poco en el patrón típico en forma de S, pero los nadadores que utilizan este estilo tienden a minimizar los movimientos en estas direcciones al empujar la mano mucho más hacia atrás. Esencialmente, los nadadores del estilo de un pico agarran un puñado de agua en el agarre y lo lanzan hacia atrás hacia los pies.

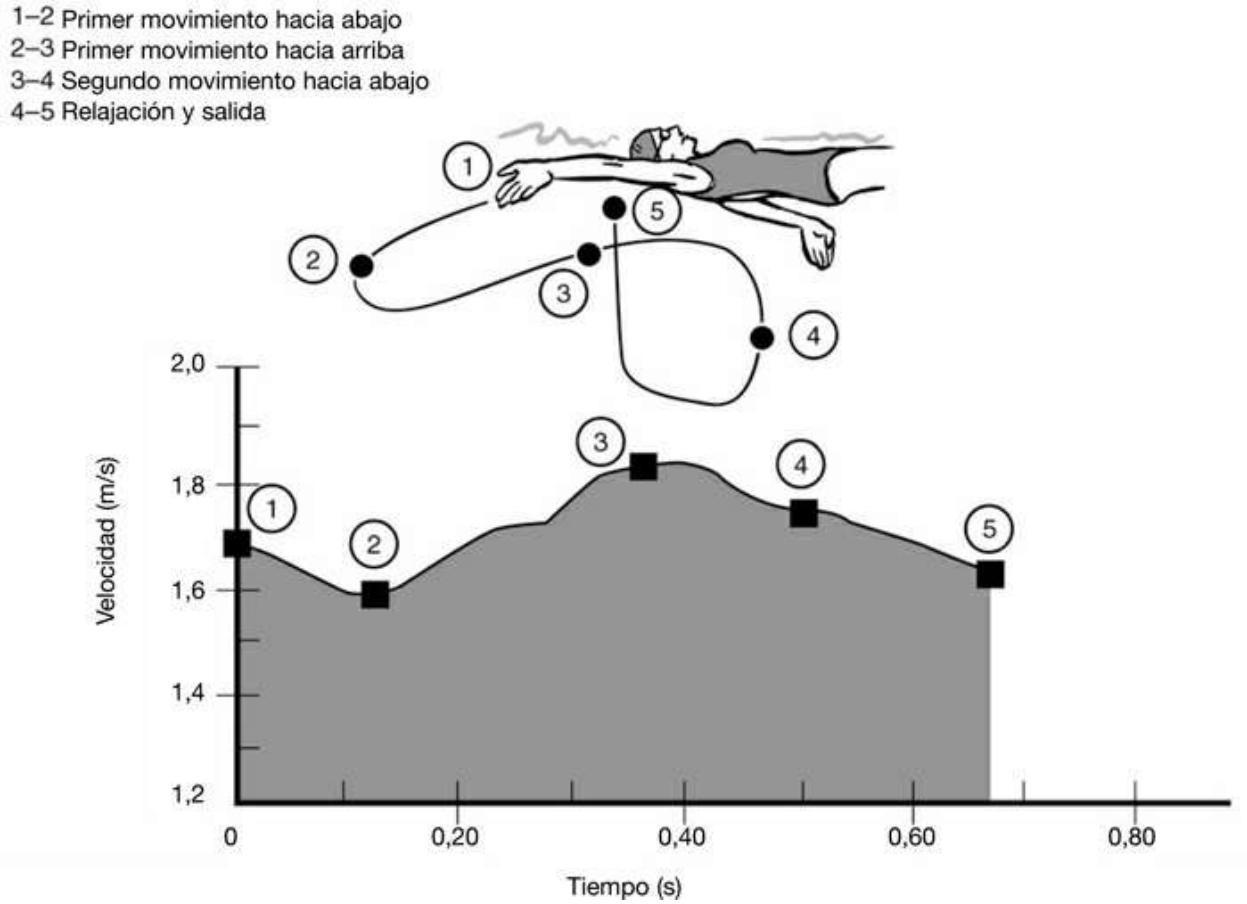


Figura 6.6. Un patrón de velocidad de un pico de Tori Trees, miembro del equipo olímpico estadounidense de 1984.

Adaptada de Luedtke, 1986

Aunque muchos nadadores han alcanzado el nivel mundial con este patrón, lo considero muy inferior a los patrones de tres picos y de dos picos descritos anteriormente. Los nadadores que utilizan los patrones de tres y dos picos pueden acelerar más agua hacia atrás una mayor distancia, con menos esfuerzo, haciendo grandes cambios en la dirección de las manos dos o tres veces durante cada brazada sub-acuática. Por lo tanto, deben ser más eficaces que los nadadores que realizan estos cambios sólo una vez durante cada brazada.

En la próxima sección, describo la brazada del estilo de tres picos de propulsión porque creo que es el método superior para nadar espalda. Después, presentaré las diferencias entre ésta y la brazada de los nadadores que utilizan el estilo de dos picos.

La brazada del estilo de tres picos

Para facilitar la descripción he dividido la brazada de espalda en ocho fases: (1) la entrada y el estiramiento; (2) el primer movimiento hacia abajo; (3) el agarre; (4) el primer movimiento hacia arriba; (5) el segundo movimiento hacia abajo; (6) el segundo movimiento hacia arriba; (7) la relajación y la salida, y (8) el recobro. La secuencia de fotografías subacuáticas ilustradas en la figura 6.7 muestra la brazada desde la vista frontal. También se muestra la brazada desde la vista lateral en la figura 6.8 para dar una perspectiva adicional. El nadador de la figura 6.7 y 6.8 (páginas 200-202) está utilizando el estilo de tres picos de propulsión.

La entrada y el estiramiento

Esta parte de la brazada subacuática se muestra para el brazo izquierdo en las figuras 6.7 a-b, y para el brazo derecho, en las figuras 6.7 f-i. El brazo que entra en el agua debe hacerlo cuando el brazo que realiza la brazada está completando el segundo movimiento hacia abajo. Se debe realizar la entrada con el brazo totalmente extendido y directamente delante del hombro. La palma debe mirar hacia fuera de manera que la mano puede deslizarse dentro del agua de canto.

Existe un gran potencial para crear arrastre por empuje durante la entrada del brazo. Esto debe evitarse. Dado que el brazo realiza el recobro por encima

del agua en una posición extendida, la parte superior del brazo entrará primero en el agua, seguido del antebrazo y finalmente de la mano. Todos los nadadores empujarán hacia delante contra el agua al entrar en ella. Por lo tanto, se debe realizar la entrada lo más suavemente posible sin ningún esfuerzo para empujar el brazo hacia delante más rápidamente de lo que ya se está moviendo.

Después de la entrada, el brazo debe adoptar una posición hidrodinámica estirándose hacia delante mientras que el otro brazo completa el segundo movimiento hacia arriba. Este estiramiento será muy corto comparado con el del estilo libre. El brazo estará hacia delante sólo una corta distancia antes de empezar el movimiento hacia abajo.

La mano entrará en el agua bastante rápidamente, pero su velocidad debe disminuir hasta que simplemente esté siendo empujada hacia delante por el cuerpo durante el estiramiento. Este estiramiento es muy corto y no dura más de unas pocas centésimas de segundo. Una vez completada la fase propulsora de la otra brazada, los nadadores deben empezar el primer movimiento hacia abajo con el brazo que acaba de entrar en el agua tan pronto como la fase propulsora de la brazada subacuática haya terminado.

El primer movimiento hacia abajo

Se ilustra el primer movimiento hacia abajo del brazo izquierdo en la figura 6.7c y, del brazo derecho, en la figura 6.7j. El primer movimiento hacia abajo debe empezar inmediatamente cuando los nadadores dejan de empujar hacia atrás contra el agua con el otro brazo y debe continuar hasta que el brazo llegue a la posición del agarre. Deben desplazar el brazo hacia delante, hacia abajo y hacia fuera hasta que esté mirando hacia atrás al agua. Deben flexionar el codo al hacerlo para lograr que el brazo mire hacia atrás lo antes posible. La palma, que debe haber estado mirando hacia fuera cuando la mano entró en el agua, ahora debe ser rotada lentamente hacia abajo hasta que esté inclinada hacia abajo y hacia atrás cuando se realiza el agarre. El codo también debe flexionarse gradualmente durante el primer movimiento

hacia abajo para lograr orientar el brazo hacia atrás lo antes posible en este movimiento.

El primer movimiento hacia abajo no es propulsor. Su principal propósito es colocar el brazo en una posición para aplicar la fuerza propulsora. También puede desempeñar un papel en dar soporte a la cabeza y a los hombros mientras que el brazo opuesto está realizando el recobro por encima del agua. Sin embargo, ninguno de estos dos propósitos requiere un gran esfuerzo. Por consiguiente, el primer movimiento hacia abajo debe sentirse como un suave movimiento de estiramiento del brazo hacia delante, hacia abajo y hacia fuera hasta que llegue a la posición del agarre. La velocidad del brazo aumentará ligeramente cuando empieza el movimiento hacia abajo, pero se reducirá en el agarre hasta que otra vez la mano es meramente empujada hacia delante por el cuerpo.

En la década de los setenta y de los ochenta estuvo muy de moda utilizar un profundo movimiento hacia abajo. Sin embargo, este método ya no es tan popular. La mayoría de los nadadores sólo desplazan el brazo hacia abajo una distancia moderada, entre 50 y 60 cm. Al mismo tiempo, deslizan el brazo hacia fuera 65-75 cm para hacer antes un agarre y un primer movimiento hacia arriba más eficaces.

El agarre

El agarre tiene lugar cuando el brazo se ha desplazado hacia abajo y hacia fuera a una posición donde, junto con la mano, está mirando hacia atrás al agua. La mano está generalmente a una profundidad de 45 a 60 cm y a aproximadamente 60 cm del hombro en el agarre (Schleihauf *et al.*, 1988). El brazo estará flexionado casi 90º cuando se realiza el agarre y la mano también debe estar alineada con el antebrazo, sin ninguna flexión ni extensión de la muñeca. Una técnica común utilizada en la enseñanza es asociar la posición del brazo a las horas del reloj. En este caso, los nadadores deben realizar el agarre cuando el brazo izquierdo está aproximadamente sobre las dos y el brazo derecho sobre las diez.

El primer movimiento hacia arriba

Esta fase de la brazada se muestra para el brazo izquierdo en la figura 6.7d, y para el brazo derecho, en la figura 6.7k. El primer movimiento hacia arriba es el primer movimiento propulsor de la brazada de espalda. Es un movimiento semicircular del brazo entero que empieza en el agarre y termina cuando el brazo está cerca de la superficie y enfrente del hombro. El primer movimiento hacia arriba es otro ejemplo de la aducción del hombro similar al movimiento hacia dentro del estilo libre y de mariposa. Si puedes imaginar al nadador de espalda en una posición prona, verás que el primer movimiento hacia arriba de espalda es muy similar al movimiento hacia dentro del estilo libre en cómo se genera la fuerza propulsora.

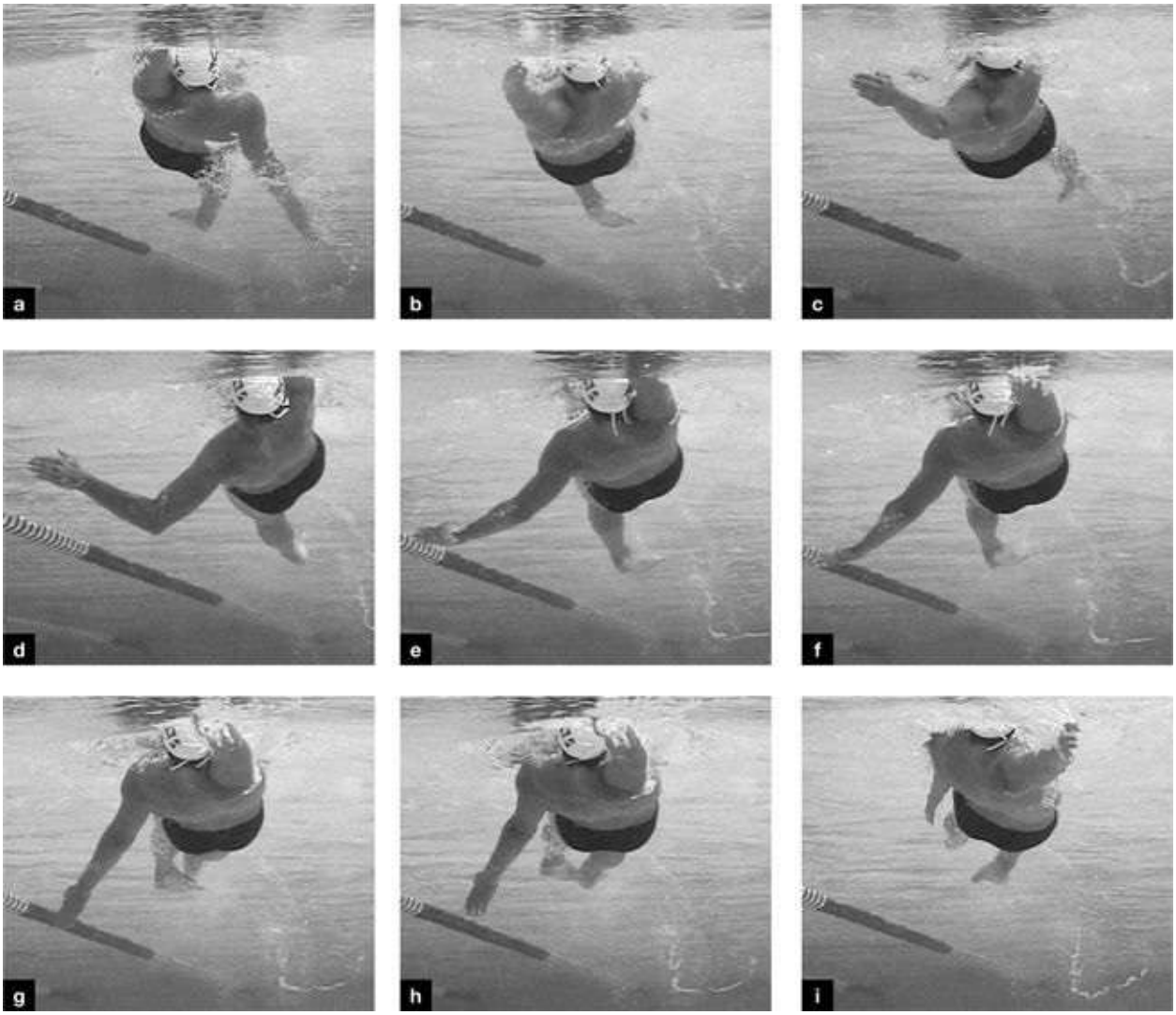


Figura 6.7. Vista frontal de espalda desde debajo del agua. El nadador es Pablo Abal, campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona y miembro del equipo olímpico argentino de 2000.

(a) Entrada del brazo izquierdo. Segundo movimiento hacia arriba del brazo derecho.

(b) Salida del brazo derecho. Estiramiento hacia delante del brazo izquierdo.

(c) Primer movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Recobro del brazo derecho.

(d) Primer movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Continuación del recobro del brazo derecho.

(e) Segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Continuación del recobro del brazo

derecho.

(f) Transición del segundo movimiento hacia abajo al segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Entrada del brazo derecho.

(g) Comienzo del segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Estiramiento del brazo derecho.

(h) Continuación del segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Estiramiento del brazo derecho.

(i) Salida del brazo izquierdo. Estiramiento hacia delante del brazo derecho.

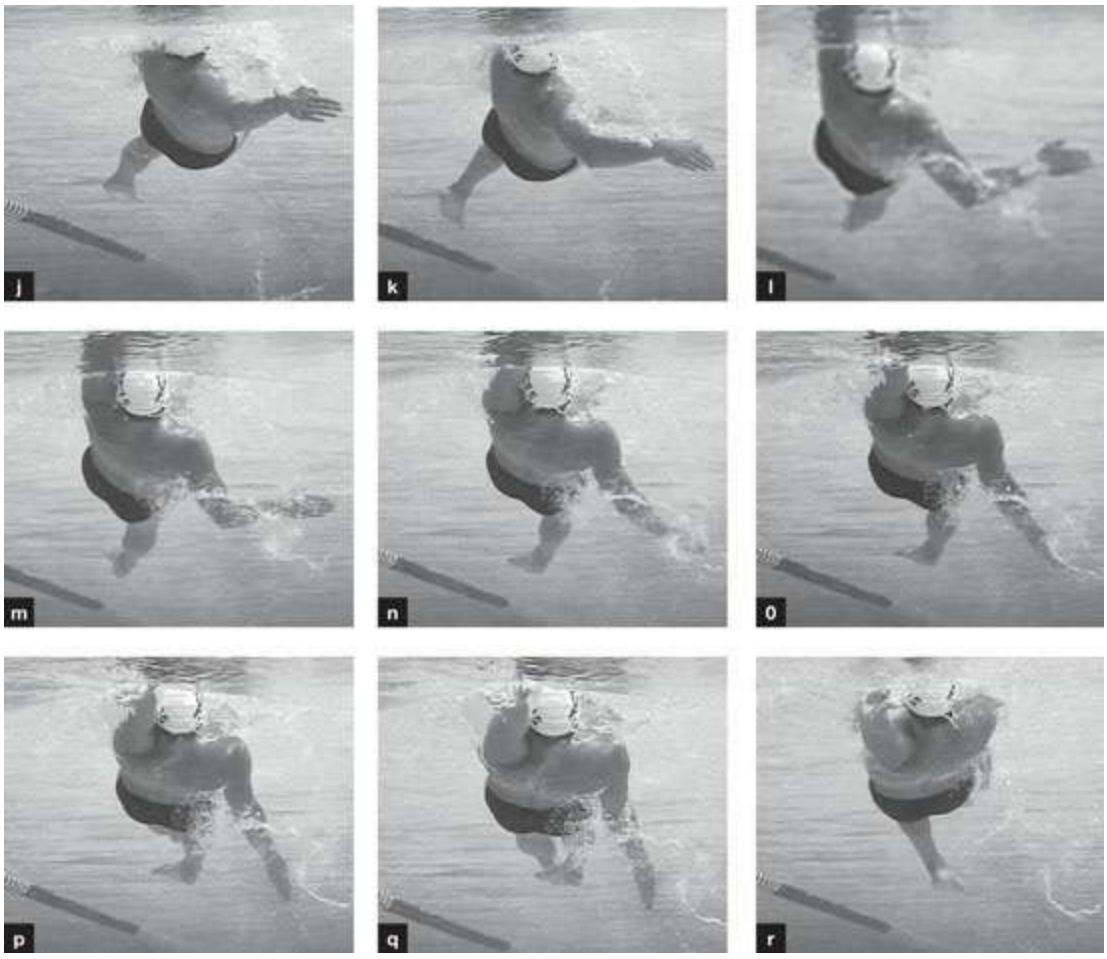


Figura 6.7. (Continuación).

(j) Movimiento hacia abajo del brazo derecho. Recobro del brazo izquierdo.

(k) Primer movimiento hacia arriba del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(l) Transición del primer movimiento hacia arriba al segundo movimiento hacia abajo del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(m) Segundo movimiento hacia abajo del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(n) Terminación del segundo movimiento hacia abajo del brazo derecho. Continuación del recobro del brazo izquierdo.

(o) Transición del segundo movimiento hacia abajo al segundo movimiento hacia arriba del brazo derecho. Entrada del brazo izquierdo.

(p) Segundo movimiento hacia arriba del brazo derecho. Estiramiento hacia delante del brazo izquierdo.

(q) Relajación del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

(r) Salida del brazo derecho. Continuación del estiramiento del brazo izquierdo.

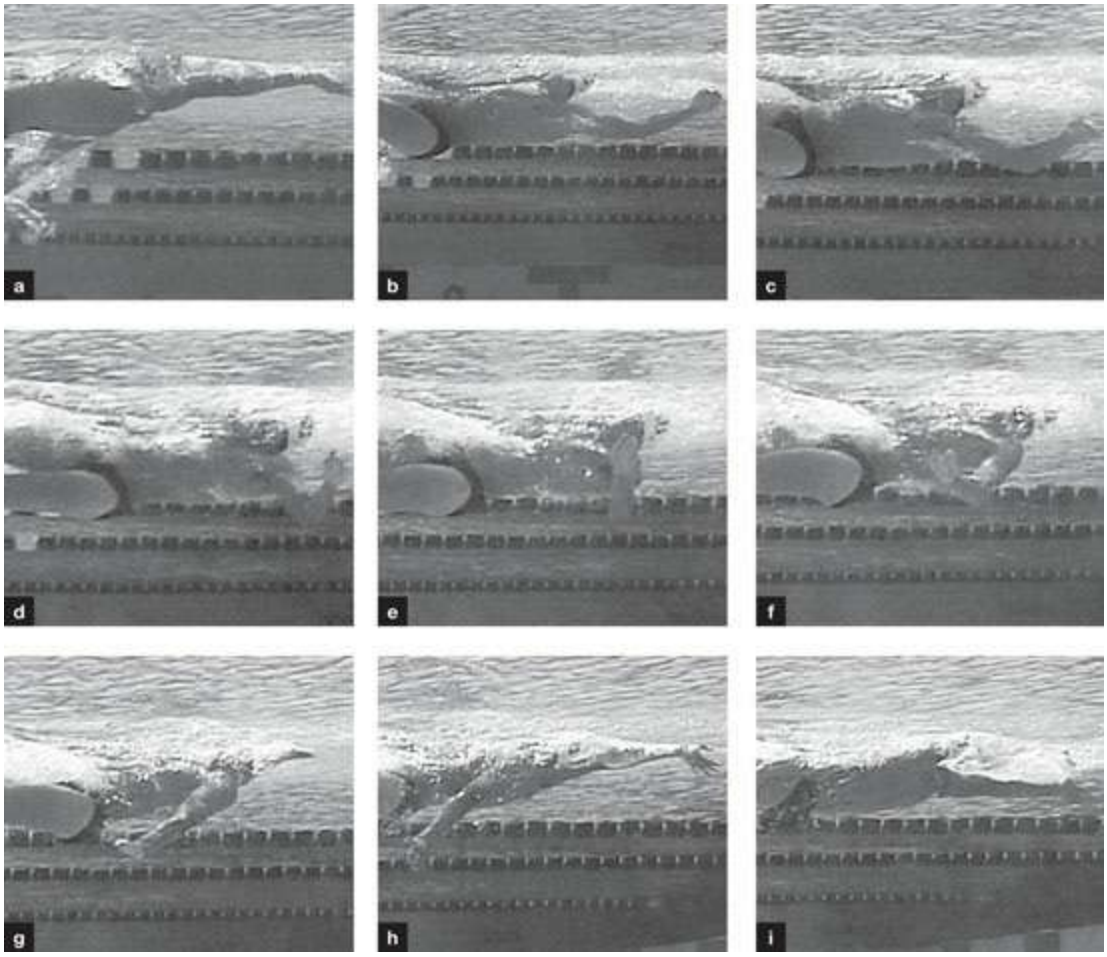


Figura 6.8. Una vista lateral de Pablo Abal nadando espalda.

(a) Entrada del brazo izquierdo. Final del segundo movimiento hacia arriba del brazo derecho.

(b) Primer movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Relajación y salida del brazo derecho.

(c) Agarre del brazo izquierdo. Recobro del brazo derecho.

(d) Continuación del primer movimiento hacia arriba del brazo izquierdo. Continuación del recobro del brazo derecho.

(e) Transición al segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Continuación del recobro del brazo derecho.

(f) Segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Continuación del recobro del brazo derecho.

(g) Terminación del segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Entrada del brazo derecho.

(h) Relajación del brazo izquierdo. Estiramiento del brazo derecho.

(i) Salida del brazo izquierdo. Primer movimiento hacia abajo del brazo derecho.

El primer movimiento hacia arriba se realiza aduciendo el brazo entero hacia atrás, hacia dentro y hacia arriba en dirección lateral. El movimiento hacia delante del brazo termina en el agarre, y los nadadores deben empezar a empujar hacia atrás y hacia arriba contra el agua con la parte interna del brazo y del antebrazo y la palma de la mano. El codo debe flexionarse aproximadamente 90º cuando empieza el movimiento hacia arriba, y el grado de flexión no debe cambiar de forma apreciable durante todo el movimiento. Durante la primera mitad de esta fase de la brazada, el brazo debe seguir desplazándose hacia abajo y hacia fuera en las direcciones establecidas durante el primer movimiento hacia abajo. Sin embargo, esto cambia rápidamente al empezar el brazo a describir un movimiento circular hacia arriba y hacia dentro. El segundo movimiento hacia arriba termina cuando el brazo está cerca de la superficie y cuando pasa el hombro (y el hombro pasa el brazo).

La palma de la mano, que estaba inclinada hacia abajo al principio del primer movimiento hacia arriba, se inclinará hacia arriba y hacia dentro al final. Esto no es porque el nadador haya rotado la palma hacia arriba sino simplemente porque la dirección en que se desplazaba el brazo cambió de hacia abajo a hacia arriba durante esta fase de la brazada.

El brazo, el antebrazo y la palma de la mano deben empujar hacia atrás contra el agua como una unidad soldada a lo largo de todo el primer movimiento hacia arriba. Una vez realizado el agarre, la mano debe permanecer alineada con el brazo sin ninguna flexión ni extensión de la muñeca. La principal diferencia entre el primer movimiento hacia arriba de espalda y el movimiento hacia dentro del estilo libre es que los nadadores de espalda no aducen el brazo hacia dentro a su costado. La transición a la próxima fase propulsora, el segundo movimiento hacia abajo, empieza justo cuando el brazo pasa el hombro y antes de que se haya desplazado mucho hacia dentro. Se muestra la transición del primer movimiento hacia arriba al

segundo movimiento hacia abajo del brazo derecho en la figura 6.7l.

El brazo estará casi inmóvil en el agarre y acelerará moderadamente a lo largo del primer movimiento hacia arriba, alcanzando una velocidad de 3-4 m/s cerca del final. La figura 6.9 ilustra cómo el brazo probablemente genera la fuerza propulsora en el primer movimiento hacia arriba.

Algunos nadadores desplazan la mano hacia arriba una larga distancia y otros utilizan un corto movimiento hacia arriba durante este primer movimiento. La elección depende probablemente de la profundidad del brazo en el agarre y de la eficacia de los nadadores para propulsarse hacia delante durante esta fase de la brazada. Si el primer movimiento hacia arriba es una fase propulsora efectiva, los nadadores tenderán a ampliar el movimiento semicircular para extender su potencial propulsor a lo largo de una mayor distancia y más tiempo. De la misma manera, si el movimiento hacia arriba no es muy efectivo, lo acortarán y proseguirán con el segundo movimiento hacia abajo.

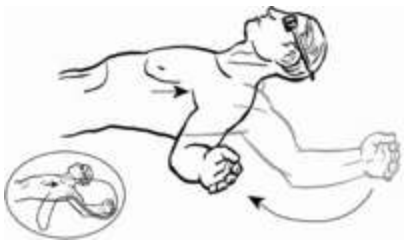


Figura 6.9. La propulsión durante el primer movimiento hacia arriba de espalda.

El segundo movimiento hacia abajo

Se ilustra el segundo movimiento hacia abajo en la figura 6.7 e para la brazada izquierda, y en las figuras 6.7 m-n, para la brazada derecha (véanse

las páginas 200 y 201). El segundo movimiento hacia abajo debe ser una extensión del brazo hacia atrás, hacia abajo y ligeramente hacia fuera, que empieza durante la transición del movimiento anterior y continúa hasta que el brazo esté completamente extendido y bastante por debajo del cuerpo.

Los nadadores deben empujar hacia atrás contra el agua en una dirección casi horizontal durante la parte superior del segundo movimiento hacia abajo, desde el momento en que la mano está pasando por el hombro hasta que esté enfrente de la cintura. Los nadadores estarán empujando hacia atrás contra el agua con la parte ventral del antebrazo y la palma de la mano durante este tiempo, con muy poca extensión del brazo. Durante la segunda parte del movimiento hacia abajo el brazo debe dirigirse hacia atrás y hacia abajo, con una extensión vigorosa del codo. El segundo movimiento hacia abajo debe terminar cuando el brazo esté completamente extendido bastante por debajo del cuerpo. La ilustración de la figura 6.10 muestra cómo probablemente se genera la propulsión durante el segundo movimiento hacia abajo.

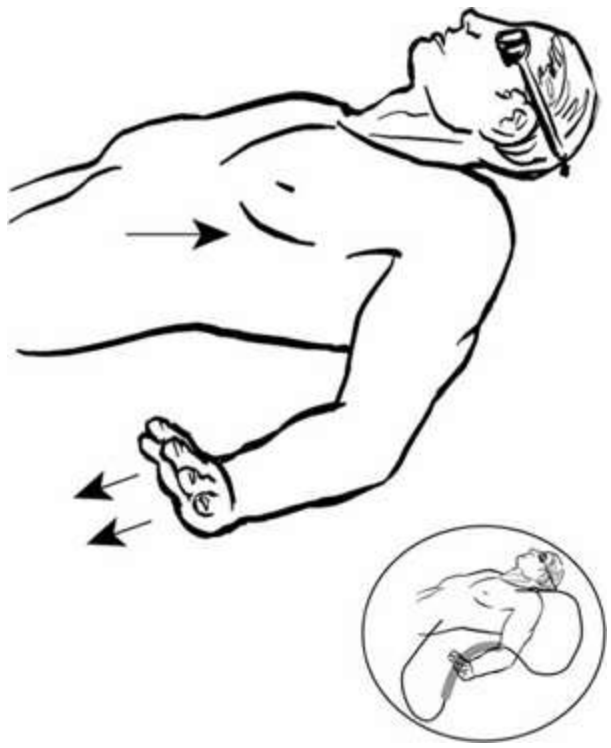


Figura 6.10. Propulsión durante el segundo movimiento hacia abajo de espalda.

Algunos nadadores también desplazan el brazo hacia dentro en dirección al muslo durante esta fase de la brazada. Sin embargo, creo que es mejor desplazar el brazo no sólo hacia atrás y hacia abajo sino también ligeramente hacia fuera durante este segundo movimiento hacia abajo. Desplazarlo ligeramente hacia fuera permitirá a los nadadores mantener el antebrazo mirando hacia atrás más tiempo durante la parte alta de este movimiento.

Las yemas de los dedos deben seguir mirando hacia fuera durante el segundo movimiento hacia abajo. Los nadadores no deben girar los dedos hacia arriba durante esta fase. Mientras que ésta fue una técnica popular en los años setenta, ahora las filmaciones subacuáticas muestran que la mayoría de los espaldistas de nivel mundial mantienen los dedos mirando hacia el lado durante este movimiento. Esto les permite mantener la palma mirando hacia atrás durante más tiempo y también hace que la transición a la próxima fase propulsora, el segundo movimiento hacia arriba, sea más fácil. La mano, que estaba inclinada hacia arriba y hacia dentro al final del anterior movimiento hacia arriba, estará mirando hacia abajo, hacia el fondo de la piscina, cuando se completa el segundo movimiento hacia abajo. No obstante, debe mantenerse mirando hacia atrás el mayor tiempo posible.

El segundo movimiento hacia arriba

La transición del segundo movimiento hacia abajo al segundo movimiento hacia arriba se muestra en la figura 6.7f para el brazo izquierdo y en 6.7o para el brazo derecho (véanse las páginas 200 y 201). El segundo movimiento hacia arriba se muestra para el brazo izquierdo en las figuras 6.7g-h, y en la 6.7p, para el derecho.

El segundo movimiento hacia arriba es un movimiento hacia arriba, hacia atrás y hacia dentro del brazo. Empieza al final del segundo movimiento hacia abajo y sigue hasta que el brazo se acerca al muslo en su camino hacia la superficie. Los nadadores rápidamente giran la palma hacia arriba y empujan hacia atrás contra el agua con ella y con la parte ventral del antebrazo. Siguen así una corta distancia hasta que el brazo se desplaza hacia

arriba cerca de la parte dorsal de la pierna, en cuyo momento deja de empujar hacia atrás contra el agua y empieza el recobro hacia arriba para salir del agua. El brazo debe permanecer estirado durante este segundo movimiento hacia arriba.

La mano desacelerará durante la transición del segundo movimiento hacia abajo al segundo movimiento hacia arriba y luego debe acelerar rápidamente hasta el final del movimiento. Las velocidades de las manos pueden acercarse a sus valores más altos para la brazada entera, de 5-6 m/s durante esta fase de la brazada.

El dibujo de la figura 6.11 ilustra cómo se puede generar propulsión durante el segundo movimiento hacia arriba. Como se puede apreciar, los nadadores utilizan la mano y el antebrazo para empujar hacia atrás contra el agua al desplazar el brazo hacia arriba y hacia dentro. Los espaldistas que pueden hiper-extender el codo tienen una ventaja evidente durante esta fase de la brazada porque podrán empujar hacia atrás con el antebrazo durante una distancia ligeramente mayor. De hecho, muchos de los grandes espaldistas de la historia de la natación han tenido esta habilidad.

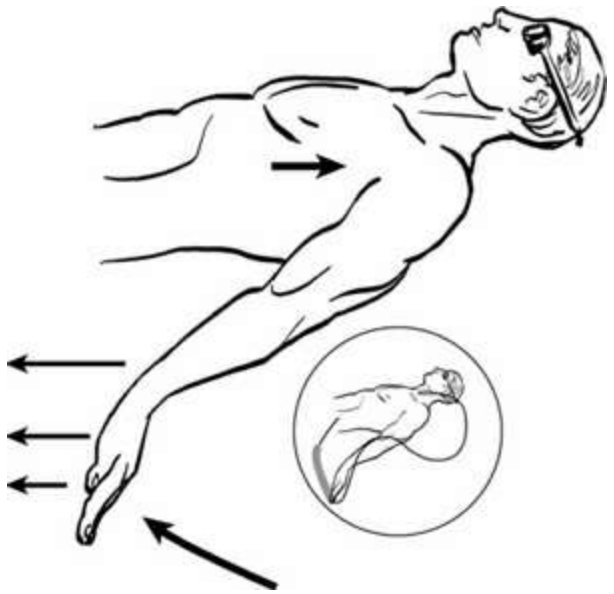


Figura 6.11. Propulsión durante el segundo movimiento hacia arriba de espalda.

El segundo movimiento hacia arriba no debe continuar hasta que el brazo llegue a la superficie del agua. Es un movimiento propulsor muy corto pero también muy eficaz. Como se ve en el gráfico de López-Zubero en la figura 6.4 (véase la página 195), la velocidad de avance es bastante alta durante esta fase. Sin embargo dura poco, porque el brazo sólo puede empujar hacia atrás contra el agua durante un corto período de tiempo en su trayectoria ascendente, antes de que la fuerza que produce hacia atrás se disipe y sea remplazada por una fuerza hacia arriba. La transición de empujar hacia atrás a empujar hacia arriba tendrá lugar al acercarse la mano a la parte dorsal del muslo. Por lo tanto, los nadadores deben dejar de empujar contra el agua en el momento en que realizan el recobro del brazo hacia arriba y lo sacan del agua.

Los nadadores que utilizan el segundo movimiento hacia arriba para la propulsión serán más eficientes si utilizan una brazada ancha. Necesitan terminar el segundo movimiento hacia abajo con el brazo a una buena profundidad y bastante separado del cuerpo, porque deben desplazarlo hacia dentro además de hacia arriba para generar fuerza propulsora durante el segundo movimiento hacia arriba.

La relajación y la salida

La salida del brazo izquierdo se muestra en la figura 6.7i y, la salida del brazo derecho, en la figura 6.7r (véanse las páginas 200 y 201). La relajación tiene lugar al acercarse la mano a la parte dorsal del muslo. Los nadadores deben dejar de empujar contra el agua al acercarse la mano al muslo. Deben girar la palma hacia dentro para que la mano se desplace por el agua de canto con un mínimo de arrastre resistivo. Aunque el brazo debe seguir desplazándose hacia arriba, su inercia dirigida hacia atrás debe superarse para que también pueda avanzar. Esto se logra rotando el cuerpo hacia el brazo que realiza la brazada y elevando el hombro del brazo que realiza el recobro hacia arriba y hacia delante. La mano debe salir del agua con el pulgar primero, no con el meñique primero como han sugerido algunos expertos. La velocidad de la mano debe disminuir considerablemente una vez hecha la relajación,

permitiendo que el momento ascendente del segundo movimiento hacia arriba lleve el brazo fuera del agua y al recobro con un mínimo de esfuerzo muscular.

La secuencia tomada por encima del agua presentada en la figura 6.12 muestra la parte del recobro del brazo que se realiza por encima de la superficie desde la vista lateral. Después de llegar a la superficie, el brazo debe desplazarse hacia arriba y por encima del agua hasta que realice la entrada. El recobro debe realizarse alto y por encima de la cabeza, no bajo y lateralmente. Un alto recobro por encima de la cabeza reduce cualquier tendencia del brazo a arrastrar las caderas y las piernas fuera de su alineación lateral.

La mano debe salir del agua con el pulgar primero. La palma debe mirar hacia dentro o hacia abajo durante la primera mitad del recobro. Sin embargo, debe estar rotado hacia fuera durante la segunda mitad para que pueda efectuar la entrada con el meñique primero. Este cambio de dirección de la palma de dentro afuera debe ocurrir rápidamente al pasar el brazo por encima de la cabeza en el pico del recobro. Se debe realizar el recobro de los brazos rápida pero suavemente. La mano y el brazo deben estar lo más relajados posible para que los músculos puedan descansar un poco entre las brazadas subacuáticas.

El brazo y el antebrazo llegarán al agua mucho antes de que entre la mano, como se ve en las figuras 6.12 g-h, lo que hará inevitable empujar el agua hacia delante con el brazo cuando entra en el agua. No hay nada que los espaldistas puedan hacer para impedirlo. Sin embargo, pueden reducir el arrastre por empuje de dos formas: primero metiendo los brazos suavemente con un mínimo de fuerza hacia atrás, y segundo, llevando el hombro alto durante el recobro y manteniéndolo en una posición alta hasta que el brazo pase por encima de la cabeza. Mantener el hombro alto permitirá a los nadadores evitar que el brazo entre en contacto con el agua durante el mayor tiempo posible durante el recobro. Rotar el cuerpo hacia el lado opuesto facilita la posición alta del hombro durante el recobro. Los nadadores que no rotan al lado por lo menos 45º encontrarán que la parte superior del brazo estará empujando el agua antes de que haya completado la mitad del recobro. Por consiguiente, la rotación corporal es un aspecto muy importante de un

buen estilo de espalda.

La sincronización de los brazos

Los brazos deben realizar la brazada de forma alterna como un molino de viento. La relación precisa de un brazo con el otro es muy importante para mantener una buena alineación lateral y horizontal cuando se nada espalda. El brazo del recobro debe entrar en el agua cuando el brazo de la brazada está terminando su segundo movimiento hacia abajo. Para una mejor hidrodinámica, el brazo que entra en el agua debe estirarse hacia delante mientras que el brazo trasero está realizando el segundo movimiento hacia arriba. La primera mitad del recobro de un brazo debe tener lugar mientras que el brazo de la brazada está terminando el primer movimiento hacia abajo y el primer movimiento hacia arriba. De esta manera, los nadadores pueden permanecer rotados hacia el brazo de la brazada y el brazo del recobro puede permanecer fuera del agua. Los nadadores deben empezar a rotar de vuelta hacia el otro lado al pasar el brazo del recobro por encima de la cabeza. Este cambio de dirección debe realizarse rápidamente y coordinarse con el segundo movimiento hacia abajo del brazo de la brazada.

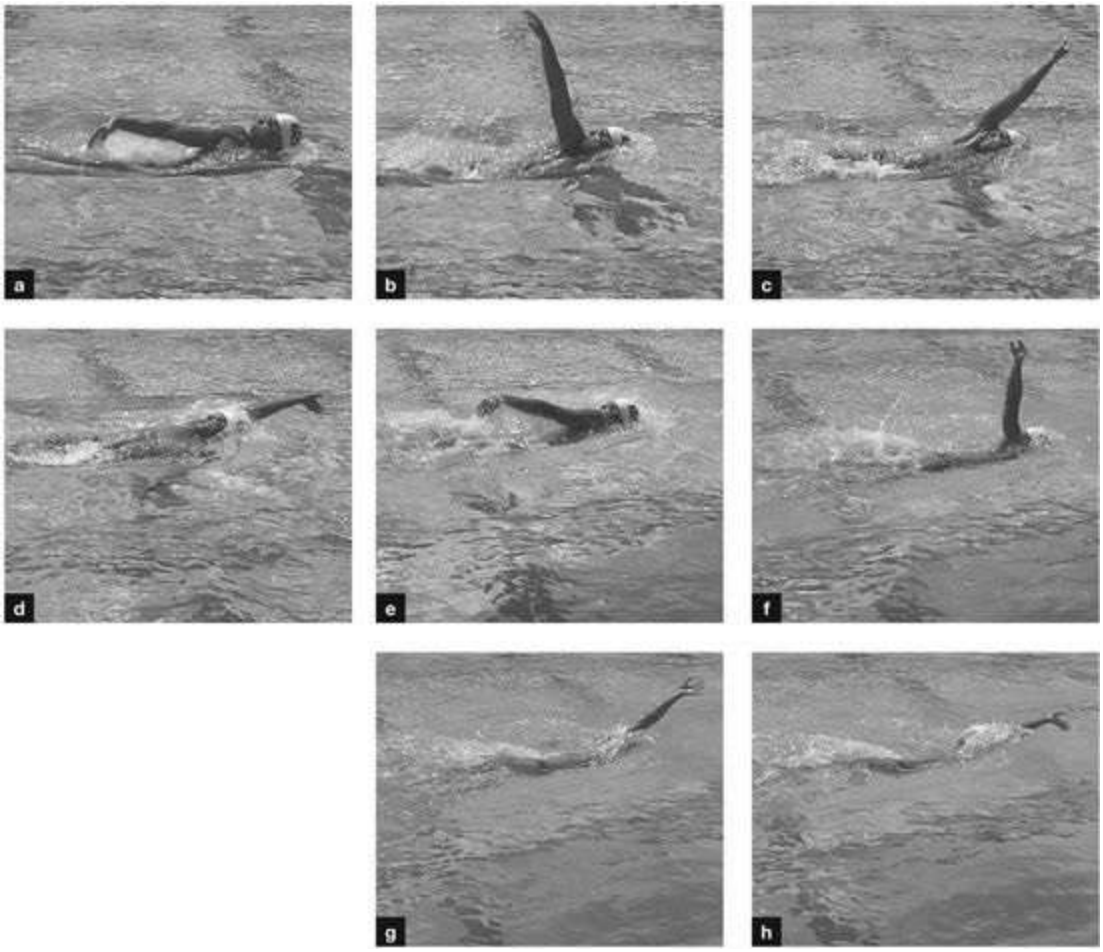


Figura 6.12. Vista por encima de la superficie del recobro del brazo en espalda. El nadador es Pablo Abal.

(a) El brazo del recobro del nadador (el brazo derecho) sale del agua. El brazo que realiza la brazada está haciendo el movimiento hacia abajo. El cuerpo está rotado hacia este último.

(b) El brazo del recobro pasa por encima de la cabeza. El brazo de la brazada está realizando el primer movimiento hacia arriba.

(c) El brazo del recobro empieza a desplazarse hacia abajo con la palma girada hacia fuera. El brazo de la brazada está realizando el segundo movimiento hacia abajo. El cuerpo debe empezar a rotar hacia el brazo que entra en el agua.

(d) El brazo del recobro se acerca a la posición de la entrada. El brazo de la brazada está terminando el segundo movimiento hacia abajo. El cuerpo debe empezar a rotar hacia el brazo que entra en el agua.

(e) El otro brazo (el brazo izquierdo) sale del agua para empezar el recobro. El brazo de la brazada está realizando el movimiento hacia abajo. El cuerpo está rotado hacia este último.

(f) El brazo del recobro pasa por encima de la cabeza con la palma girada hacia fuera. El brazo de la brazada está realizando el primer movimiento hacia arriba.

(g) El brazo del recobro empieza a desplazarse hacia abajo para la entrada. El brazo de la brazada está realizando el segundo movimiento hacia abajo. El nadador debe estar rotando el cuerpo hacia el brazo del recobro.

(h) El brazo del recobro se acerca a la posición de la entrada. El brazo que realiza la brazada está terminando el segundo movimiento hacia abajo. El nadador debe estar rotando hacia el brazo del recobro.

La trayectoria de dos picos comparada con la de tres picos

La brazada que acabo de describir tiene tres picos de propulsión. El estilo tradicional de espalda tiene dos picos de propulsión, uno durante el primer movimiento hacia arriba y el otro durante el segundo movimiento hacia abajo. Los nadadores que utilizan este estilo simplemente dejan de empujar hacia atrás contra el agua y empiezan el recobro después de terminar el segundo movimiento hacia abajo. Los nadadores de nivel mundial actualmente están utilizando ambos estilos, por lo tanto no se puede recomendar uno con preferencia al otro basándose en el rendimiento. Creo que el estilo de tres picos tiene el potencial de ser más eficaz que el de dos picos. Sin embargo, a fin de cuentas el mejor estilo para un nadador particular será aquel con el que se obtengan los mejores tiempos.

Las trayectorias de las brazadas para los estilos de dos picos y de tres picos se contrastan en la figura 6.13. Ambas trayectorias están dibujadas desde la vista frontal para hacer hincapié en las diferencias en las magnitudes de los movimientos laterales y verticales de ambos estilos.

Obsérvese en la trayectoria de dos picos que la mano se desplaza hacia abajo una mayor distancia durante el primer movimiento hacia abajo, se dirige hacia arriba y hacia dentro una mayor distancia durante el primer

movimiento hacia arriba, y se desplaza hacia abajo y hacia dentro durante el segundo movimiento hacia abajo. Obsérvese también que la mano se desplaza casi directamente hacia arriba para salir del agua y que no recorre una gran distancia en esta dirección. En cambio, la trayectoria de la brazada del estilo de tres picos muestra un primer movimiento hacia abajo algo más corto y más lateral, un primer movimiento hacia arriba que también es más corto, y un segundo movimiento hacia abajo que se dirige hacia abajo una mayor distancia y más hacia el lado. Estos movimientos de los brazos son seguidos de un segundo movimiento hacia arriba que se dirige hacia atrás además de hacia arriba y hacia dentro antes del comienzo del recobro.

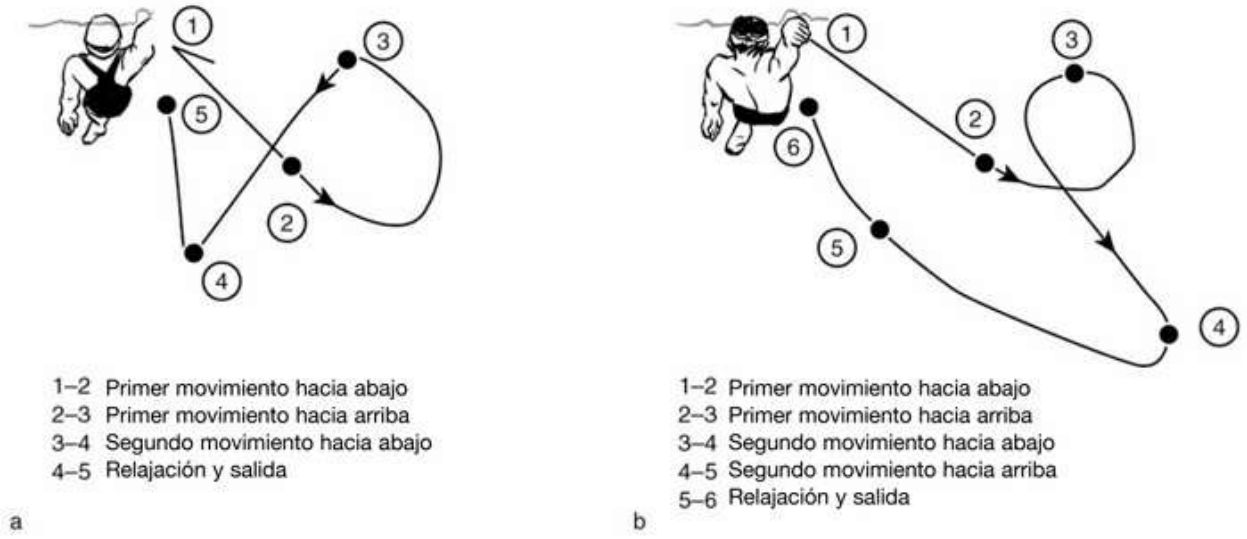


Figura 6.13. Vistas frontales de las trayectorias de la brazada de dos picos (a) y tres picos (b) utilizadas por los nadadores.

Existen dos ventajas potenciales del estilo de dos picos. Los espaldistas del estilo de dos picos deben tener movimientos hacia arriba más largos y más propulsores, y como terminan el segundo movimiento hacia abajo con el brazo cerca del cuerpo, sólo tendrán que desplazarlo una corta distancia antes de que salga del agua.

Comparado con el método de tres picos, el de dos tiene las siguientes desventajas. Al dirigir el brazo hacia dentro durante el segundo movimiento

hacia abajo, los nadadores del estilo de dos picos estarán empujando hacia dentro además de hacia atrás durante esta fase de la brazada, lo que puede disminuir la propulsión que reciben de ella.

La segunda desventaja del estilo de dos picos es que los nadadores no generarán un tercer pico de velocidad de avance al llevar la mano hacia la superficie. Puede que esto reduzca su velocidad media por brazada. La adición de un tercer pico propulsor aumenta la probabilidad de aplicar la fuerza propulsora durante un mayor período de tiempo durante las brazadas subacuáticas. Por supuesto, esto depende del tamaño de estos picos de propulsión. Sin embargo, también es posible que los nadadores que utilizan el estilo de dos picos se beneficien de una aplicación más larga de la fuerza propulsora. Su primer movimiento hacia arriba y su segundo movimiento hacia abajo, siendo más largos, deben generar más fuerza propulsora que los movimientos correspondientes de los nadadores que utilizan el estilo de tres picos. No obstante, parece razonable suponer que los nadadores podrán alcanzar una mayor velocidad media por brazada con tres picos más pequeños que con dos picos más grandes.

Quizá la ventaja más significativa del estilo de tres picos es que permite a los nadadores un ritmo de brazada más rápido en las carreras. Antes de mediados de los años ochenta, la mayoría de los espaldistas utilizaban el estilo de dos picos y su ritmo de brazada estaba en el rango de 35-38 ciclos/min en las carreras de 200 m y entre 44 y 48 ciclos/min en las de 100 m (Craig *et al.,* 1985). Mis propias observaciones han revelado que muchos de los grandes espaldistas en la década de los noventa estaban utilizando ritmos de brazada de 45 a 48 ciclos/min en las pruebas de 200 m y de 48 a 53 ciclos/min en las de 100 m (Maglischo, 1998). Además, filmaciones subacuáticas de vídeo de estos nadadores durante la competición indicaban que estaban utilizando brazadas de tres picos.

Una última ventaja del estilo de tres picos puede ser que fomenta una menor fluctuación entre la velocidad de avance máxima y la mínima alcanzadas por los nadadores durante cada brazada. Se debe principalmente al hecho de que el período de desaceleración entre el final de una brazada subacuática y el comienzo de la siguiente puede reducirse si se utiliza un segundo movimiento hacia arriba propulsor. En general se tarda

aproximadamente 0,10 s para que los espaldistas del estilo de dos picos empiecen a acelerar su cuerpo hacia delante con un brazo después de que el otro haya terminado su fase propulsora. Sin embargo, si combinan el estiramiento y el principio del movimiento hacia abajo del brazo que entra en el agua con un segundo movimiento hacia arriba propulsor del brazo que realiza la brazada, pueden reducir este período de desaceleración a aproximadamente 0,05 s. Por consiguiente, deben desacelerar menos durante este período y esto, a su vez, debe contribuir a una mayor velocidad media por brazada.

El batido de espalda

El batido de espalda es muy similar al que se utiliza en el estilo libre. Consta de los movimientos alternos de las piernas hacia arriba y hacia abajo. Se llaman, por razones obvias, *movimiento ascendente* y *movimiento descendente*. La principal diferencia es que el movimiento ascendente, en lugar del descendente, es la fase propulsora del batido de espalda porque los nadadores están en la posición supina. La secuencia de fotografías presentada en la figura 6.14 ilustra la mecánica subacuática del batido de espalda.

El movimiento ascendente

El movimiento ascendente de la pierna izquierda se muestra en las figuras 6.14 a–c. El movimiento ascendente de la pierna derecha se muestra en las figuras 6.14 c–f.

El movimiento ascendente es la fase propulsora del batido de espalda. Es una extensión de la pierna de tipo latigazo que empieza con una ligera flexión de la cadera, seguida de la extensión de la rodilla y termina con una flexión

parcial del pie (las puntas de los dedos dan una patada hacia arriba y rompen la superficie del agua).

Al igual que el batido del estilo libre, el comienzo del movimiento ascendente realmente parece ser parte del movimiento descendente precedente. Los nadadores flexionan suavemente la rodilla al pasar el pie por debajo del cuerpo y luego empujan el muslo ligeramente hacia arriba para iniciar el movimiento ascendente. En este momento, la presión del agua por encima de la pierna empuja la parte inferior de la pierna hacia abajo hacia una posición aún más flexionada mientras que el muslo de hecho se está desplazando hacia arriba, lo que da la impresión de que todavía se está desarrollando el movimiento hacia abajo, aunque en realidad éste ha terminado y ha empezado el movimiento ascendente. El agua presionando hacia abajo sobre el empeine del pie relajado lo empuja hacia abajo y hacia dentro de manera que esté en flexión plantar e invertido (con los dedos en punta hacia dentro) en una buena posición para aplicar la fuerza hacia atrás contra el agua cuando la pierna está extendida. La posición del pie se ve mejor en la figura 6.14e.

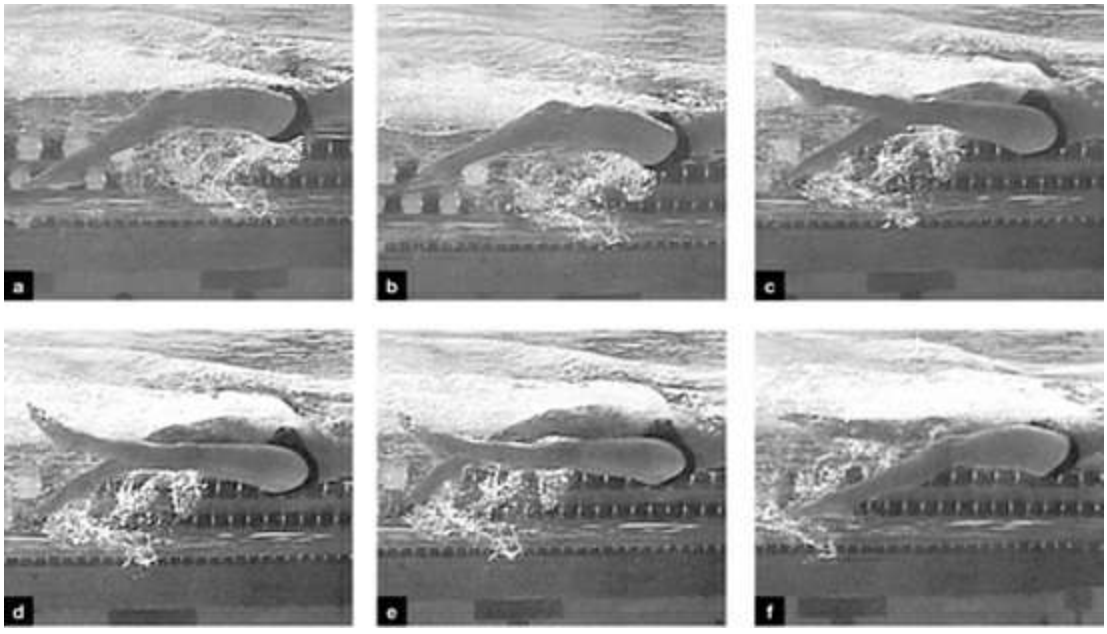


Figura 6.14. El batido de espalda.

(a) Final del movimiento ascendente de la pierna derecha. Comienzo del movimiento ascendente de la pierna izquierda.

(b) Fase de la flexión de la cadera del movimiento ascendente de la pierna izquierda. Movimiento descendente de la pierna derecha.

(c) Final del movimiento ascendente de la pierna izquierda. Comienzo del movimiento ascendente de la pierna derecha.

(d) Fase de la flexión de la cadera del movimiento ascendente de la pierna derecha. Movimiento descendente de la pierna izquierda.

(e) Fase de la extensión de la pierna del movimiento ascendente de la pierna derecha. Continuación del movimiento descendente de la pierna izquierda.

(f) Final del movimiento ascendente de la pierna derecha. Comienzo del movimiento ascendente de la pierna izquierda.

El muslo sigue desplazándose hacia arriba una corta distancia hasta que pasa por encima de la cadera, después de lo cual los nadadores extienden la rodilla rápidamente, y desplazan la pierna diagonalmente hacia arriba en dirección a la superficie hasta que esté completamente extendida y justo por debajo de la superficie del agua. La velocidad de la pierna debe aumentar rápidamente durante el movimiento ascendente. El movimiento ascendente se completa flexionando el pie al final para sumar una pequeña cantidad de propulsión adicional. Cuando se ejecuta el movimiento ascendente correctamente, los dedos del pie llegarán a la superficie o realmente la romperán al terminarlo.

Los nadadores de espalda flexionarán la pierna más durante el movimiento ascendente de lo que hacen los nadadores durante el correspondiente movimiento descendente del estilo libre (aproximadamente 10º más), porque están en una posición supina, en la cual se puede flexionar más la pierna sin aumentar el arrastre.

El movimiento ascendente es probablemente más propulsor en las primeras etapas de la extensión de la rodilla cuando la pierna se está desplazando hacia arriba y hacia atrás y cuando la parte delantera de la pierna y el empeine están en una posición en la que pueden empujar hacia atrás contra el agua. El pie es probablemente la única parte propulsora de la pierna durante las últimas etapas del movimiento ascendente porque la pierna estará

empujando hacia arriba contra el agua. Los nadadores con una buena habilidad para extender el tobillo tienen una clara ventaja porque mantienen el empeine empujando hacia atrás contra el agua durante un mayor tiempo.

El movimiento descendente

El movimiento descendente es una acción de la pierna de tipo rebote que empieza cuando el movimiento ascendente anterior está cerca de completarse. La fuerza hacia arriba de la pierna extendida hace que el muslo de la misma pierna se desplace diagonalmente hacia abajo mientras que la pierna y el pie todavía están subiendo hacia la superficie. De esta forma, la inercia hacia arriba de la pierna puede superarse suavemente y puede iniciarse el movimiento descendente. Se ve el movimiento descendente de la pierna derecha en las figuras 6.14 a–b, mientras que el movimiento descendente de la pierna izquierda puede verse en las figuras 6.14 c–f.

Una vez completado el anterior movimiento ascendente, una ligera extensión de la cadera mantiene la pierna desplazándose hacia abajo al continuarse el movimiento descendente. La pierna se dirige hacia abajo hasta que pasa por debajo de la línea del cuerpo, en cuyo momento los nadadores flexionan un poco la pierna y empieza el siguiente movimiento ascendente.

La pierna debe mantenerse extendida y el pie en una posición natural entre extensión y flexión durante la mayor parte del movimiento descendente. La presión del agua empujando hacia arriba desde debajo de la pierna y del pie los mantendrá en esta posición si se deja la pierna correctamente relajada. La pierna debe descender suavemente, con la velocidad suficiente como para llegar al lugar donde puede empezar el movimiento ascendente en el momento en que la otra pierna ha completado su movimiento ascendente y está empezando a desplazarse hacia abajo.

Dado que la pierna se desplaza hacia abajo y hacia delante durante el movimiento descendente, esta fase del batido de espalda probablemente no es propulsora. Su propósito es simplemente colocar la pierna en posición para

empezar un nuevo movimiento ascendente.

La propulsión del batido

Las pruebas de espalda no superan los 200 m. Por lo tanto, se pueden utilizar las piernas mucho más para la propulsión que en las pruebas más largas de estilo libre sin causar una fatiga precoz. Por esta razón, los espaldistas utilizan casi universalmente un ritmo vigoroso de batido de seis tiempos. Sin embargo, esto no significa que los espaldistas deban realizar el batido lo más fuerte posible durante sus carreras. Deben suavizar un poco el esfuerzo invertido en los batidos en las partes iniciales de las carreras para ahorrar energía para una llegada veloz. Esto es así especialmente en las distancias de 200 yardas o metros.

El papel estabilizador del batido

Además de su contribución a la propulsión, las piernas también desempeñan un papel importante para mantener la alineación corporal lateral y horizontal en espalda. El recobro de los brazos y los componentes diagonales de las brazadas subacuáticas pueden alterar esta alineación. Por esta razón, los movimientos ascendentes y descendentes del batido de espalda deben realizarse no sólo en la dirección vertical sino también en la dirección en la que rota el cuerpo. De esta forma, los movimientos diagonales de las piernas pueden facilitar la rotación corporal y anular la tendencia de los movimientos de los brazos a empujar el cuerpo hacia arriba, hacia abajo y hacia el lado.

La sincronización de brazos y piernas

Los nadadores de espalda, casi sin excepción, utilizan un ritmo de batido de seis tiempos en sus carreras. Es decir, ejecutan seis batidos (seis movimientos ascendentes y seis movimientos descendentes) de las piernas durante cada ciclo de brazada. Tres de estos movimientos están acoplados con cada brazada sub-acuática de una forma parecida a la del estilo libre.

Las piernas se desplazan hacia arriba y hacia abajo además de lateralmente durante el batido de espalda. Pero el aspecto diagonal del movimiento es aún más importante en espalda que en el estilo libre.

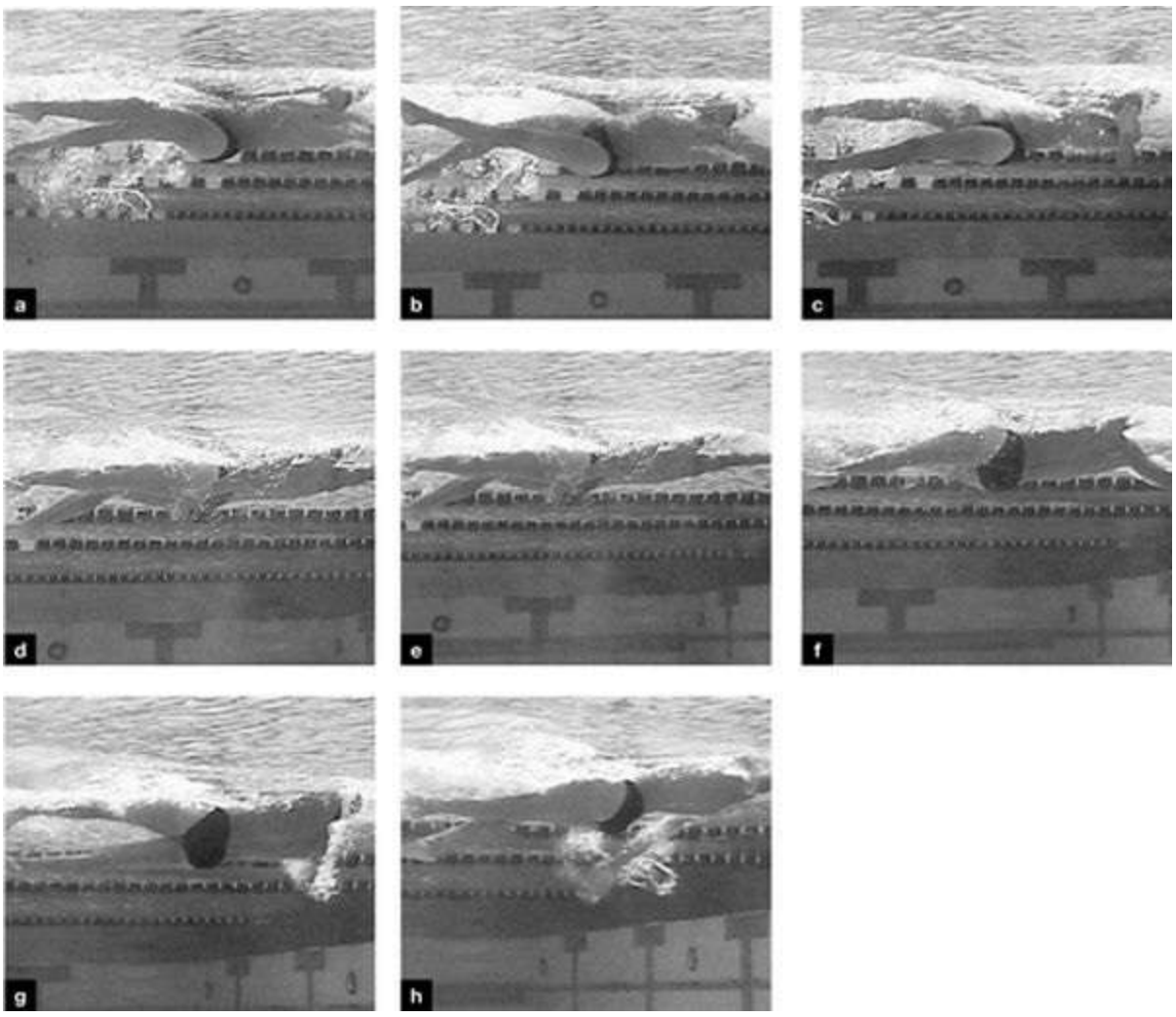


Figura 6.15. Una secuencia de la sincronización de seis tiempos para espalda.

(a) Comienzo del movimiento ascendente de la pierna izquierda. Primer movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.

(b) Final del movimiento ascendente de la pierna izquierda. Agarre del brazo izquierdo.

(c) Movimiento ascendente de la pierna derecha. Primer movimiento hacia arriba del brazo izquierdo.

(d) Movimiento ascendente de la pierna izquierda. Segundo movimiento hacia abajo y segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo.

(e) Movimiento ascendente de la pierna derecha. Movimiento hacia abajo del brazo derecho. Relajación del brazo izquierdo.

(f) Final del movimiento ascendente de la pierna derecha. Agarre del brazo derecho.

(g) Movimiento ascendente de la pierna izquierda. Primer movimiento hacia arriba del brazo derecho.

(h) Movimiento ascendente de la pierna derecha. Segundo movimiento hacia abajo y segundo movimiento hacia arriba del brazo derecho.

En general, las piernas tienden a desplazarse en la dirección en la que rota el cuerpo durante los movimientos ascendentes y en la dirección opuesta durante los movimientos descendentes.

La sincronización de seis tiempos de los brazos y piernas puede verse en la figura 6.15. Empezando con la entrada del brazo izquierdo, la pierna izquierda realiza una patada hacia arriba y hacia fuera (y la pierna derecha realiza la patada hacia abajo y hacia fuera) durante el primer movimiento hacia abajo del brazo izquierdo, como ilustra la figura 6.15 a. La pierna izquierda completa su movimiento ascendente cuando el brazo izquierdo realiza el agarre (figura 6.15 b).

La pierna derecha completa su movimiento ascendente durante el primer movimiento hacia arriba de la brazada izquierda (figura 6.15c). La pierna derecha empieza a realizar una patada hacia arriba y hacia dentro durante el primer movimiento hacia arriba del brazo izquierdo, pero termina desplazándose casi directamente hacia arriba cerca del final de este movimiento al empezar el cuerpo a rotar hacia el otro lado. Al mismo tiempo, la pierna izquierda empieza a realizar una patada hacia abajo y hacia dentro, pero termina dirigiéndose directamente hacia abajo.

La pierna izquierda completa otro movimiento ascendente durante el segundo movimiento hacia abajo y el segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo (figura 6.15d). La pierna izquierda se desplaza casi directamente hacia arriba (y la pierna derecha hacia abajo) durante el segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. Los nadadores que utilizan el estilo de tres picos realizarán este tiempo del batido durante los últimos dos movimientos de esta brazada. Los nadadores que utilizan el estilo de dos picos acoplarán el movimiento ascendente de la pierna izquierda al segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo. La sincronización es similar para la brazada derecha.

La similitud entre la sincronización de esta brazada y el ritmo de seis tiempos del estilo libre representa un apoyo adicional a la teoría de que el batido de seis tiempos puede ser el método más eficaz para ambos estilos, por lo menos en las distancias de 200 m o menos.

La posición corporal, la rotación corporal y la respiración

Los nadadores de espalda pueden reducir el arrastre resistivo manteniendo el cuerpo casi horizontal en la superficie del agua. Sin embargo el cuerpo no debe estar totalmente horizontal porque es esencial bajar un poquito las caderas para efectuar un batido eficaz. También deben rotar el cuerpo de un lado al otro en sincronía con los movimientos hacia arriba y hacia abajo de los brazos para impedir que las caderas y las piernas se balanceen hacia los lados. Debido a su posición supina en el agua, los nadadores de espalda pueden inspirar y espirar a voluntad. Por consiguiente, la mecánica de la respiración es más fácil de dominar en este estilo que en cualquier otro.

La posición corporal

La posición corporal de los nadadores de espalda tiene componentes tanto horizontales como laterales. Cada uno de éstos se presenta en las secciones siguientes.

La alineación horizontal

El cuerpo debe estar casi horizontal a la superficie del agua, pero con la cintura ligeramente flexionada, para impedir que los muslos rompan la superficie del agua durante el movimiento ascendente del batido. Sin embargo esta flexión de la cintura no debe ser excesiva. La cabeza debe estar en una posición natural con respecto a la columna vertebral con el mentón hacia abajo y los ojos mirando hacia arriba y hacia atrás. La parte trasera de la cabeza debe descansar sobre el agua, con la línea del agua justo por debajo de las orejas (la estela cubrirá las orejas). Esta posición corporal se ilustra desde la vista lateral en la figura 6.16.

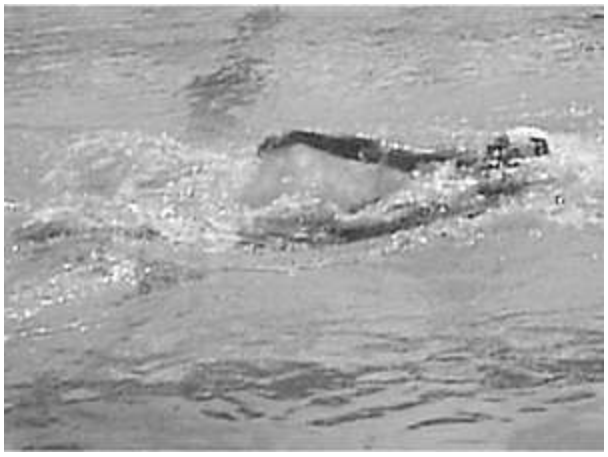


Figura 6.16. Una vista lateral de un nadador de espalda mostrando su alineación horizontal. Obsérvese que el mentón está hacia abajo y que sus caderas están ligeramente caídas.

La alineación lateral

Se muestra una buena alineación lateral desde la vista frontal subacuática en la figura 6.7 (véanse las páginas 200 y 201). Las caderas y las piernas deben permanecer dentro del espacio de la anchura de los hombros en todo momento. Los movimientos laterales de los brazos durante el recobro y las brazadas subacuáticas tenderán a desplazar el cuerpo suspendido de un lado al otro, pero esto se puede contrarrestar rotando el cuerpo de lado a lado, en sincronía con los movimientos hacia arriba y hacia abajo de los brazos.

La importancia de la rotación corporal

Los movimientos alternos de los brazos en espalda hacen que un brazo se desplace hacia abajo mientras que el otro se desplaza hacia arriba, y es muy importante para los espaldistas rotar el cuerpo en la misma dirección que el brazo si quieren impedir que las caderas y las piernas se balanceen de un lado al otro. Cualquier tentativa de permanecer en una posición plana mientras que los brazos y los hombros están desplazándose hacia abajo y hacia arriba causará momentos opuestos de la fuerza que alterarán la alineación del cuerpo.

Aunque es posible rotar demasiado, en los espaldistas es mucho más común hacerlo demasiado poco. Los nadadores de espalda deben rotar aproximadamente 45º a cada lado. Deben rotar hacia la izquierda al empezar a desplazar el brazo izquierdo hacia abajo al agua después de pasar por encima de la cabeza en su recobro, y deben seguir rotando hacia la izquierda al terminar este brazo su entrada, su primer movimiento hacia abajo y la mayor parte del primer movimiento hacia arriba. Los nadadores deben empezar a rotar el cuerpo hacia el otro lado durante la transición entre el primer movimiento hacia arriba y el segundo movimiento hacia abajo de la brazada. Esto es cuando el brazo que realiza el recobro pasa por encima de la cabeza y empieza a descender. Luego deben seguir rotando hacia este lado

durante la primera mitad de la próxima brazada subacuática. Al mismo tiempo, las piernas deben realizar el batido diagonalmente en la nueva dirección para facilitar esta rotación. La secuencia correcta de la rotación corporal puede verse desde la vista frontal en la serie de fotografías mostradas en la figura 6.7 (véanse las páginas 200 y 201).

Si estos movimientos de rotación están correctamente sincronizados, el cuerpo mantendrá una buena alineación lateral. Cualquier parte del cuerpo que no rota en secuencia con los brazos será arrastrada fuera de su alineación. La cabeza es la única excepción a esta última afirmación. Los espaldistas deben mantener la cabeza en una posición estacionaria durante la totalidad del ciclo de la brazada.

Los nadadores de espalda deben asegurarse de sacar el hombro del agua al empezar el recobro de cada brazo. Esto ayudará a mantener los brazos fuera del agua por más tiempo durante el recobro. Se muestra a un nadador rotando el cuerpo y sacando su hombro fuera del agua al realizar el recobro del brazo por encima del agua en la figura 6.12 e (véase la página 206).

La respiración

Dado que los nadadores de espalda mantienen la cara por encima de la superficie cuando nadan, no tienen necesidad de restringir su respiración. Pueden inspirar y espirar a voluntad. No obstante, algunos expertos recomiendan la inspiración durante el recobro de un brazo y la espiración durante el del otro. Sin embargo puede que no sea necesario, ni incluso recomendable, enseñar éste o cualquier otro ritmo de respiración.

Las frecuencias de brazada varían de un nadador a otro, evidentemente, al igual que varían de carreras de 100 a 200 m. Esto podría significar que los nadadores de espalda no respirarían tanto como podrían o deberían si tuviesen una frecuencia lenta de brazada y/o cuando nadasen en competiciones más largas. Según McArdle, Katch y Katch (1996): “se han medido tasas tan altas como 60 a 70 respiraciones por minuto en deportistas

de elite durante el ejercicio máximo". Como se mencionó anteriormente, los competidores de espalda utilizan frecuencias de brazada de entre 40 y 50 ciclos/min. Por consiguiente, respirar sólo una vez por ciclo podría limitar la cantidad de oxígeno que consumiesen, particularmente en las pruebas de 200, donde tienden a tener una frecuencia más lenta. Por lo tanto, probablemente es mejor permitir a los espaldistas que respiren a voluntad. Utilizando el método de ensayo y error, deben desarrollar un ritmo eficaz de respiración que sea apropiado para ellos y para las distancias en las que compiten.

El batido de delfín subacuático

La mayoría de los nadadores de espalda pueden desplazarse con el batido de delfín subacuático más rápidamente que nadando en la superficie. Esto se debe probablemente a una combinación de tres factores. El primero es que pueden realizar un número mayor de impulsos propulsores con las piernas que con los brazos. La mayoría de los espaldistas ejecutan un ritmo de más de 150 ciclos/min cuando utilizan el batido de delfín subacuático, mientras que su frecuencia de brazada en las carreras de 100 y 200 m varían entre 70 y 100 brazadas/min (35-53 ciclos/min).

El segundo factor puede ser que hay menos arrastre debajo del agua que en la superficie (Lyttle *et al.*, 1998). El tercer factor es que los espaldistas probablemente no pueden generar tanta fuerza propulsora con los brazos como los nadadores de otros estilos porque los brazos realizan la brazada a los lados, en lugar de por debajo, del cuerpo. Por lo tanto, la mayoría pueden ser incapaces de desplazarse tan rápidamente en la superficie utilizando los brazos como cuando realizan el batido subacuático (Arellano, Gavilán y García, 1996).

Los nadadores que utilizan el batido de delfín subacuático deben asegurarse de que lo ejecutan correctamente. La secuencia de fotografías en la figura 6.17 muestra a un espaldista realizando el batido de delfín

subacuático.

Los brazos deben estar juntos, por encima de la cabeza, con una mano encima de la otra, formando una V que permite que las corrientes de agua se separen gradualmente fluyendo sobre las cuatro superficies del cuerpo al pasar por ellas. La separación de las corrientes de agua debe empezar en la superficie más pequeña de las yemas de los dedos y pasar hacia atrás a lo largo de los brazos y el tronco, cada vez más anchos. La cabeza debe estar entre los brazos, y los hombros deben apretar las orejas para lograr una posición muy hidrodinámica al avanzar los nadadores por la piscina. Cuando realizan el batido de delfín subacuático, los espaldistas deben estar a un profundidad de 0,4-0,6 m, donde el arrastre resistivo es menor (Lyttle *et al.*, 1998).

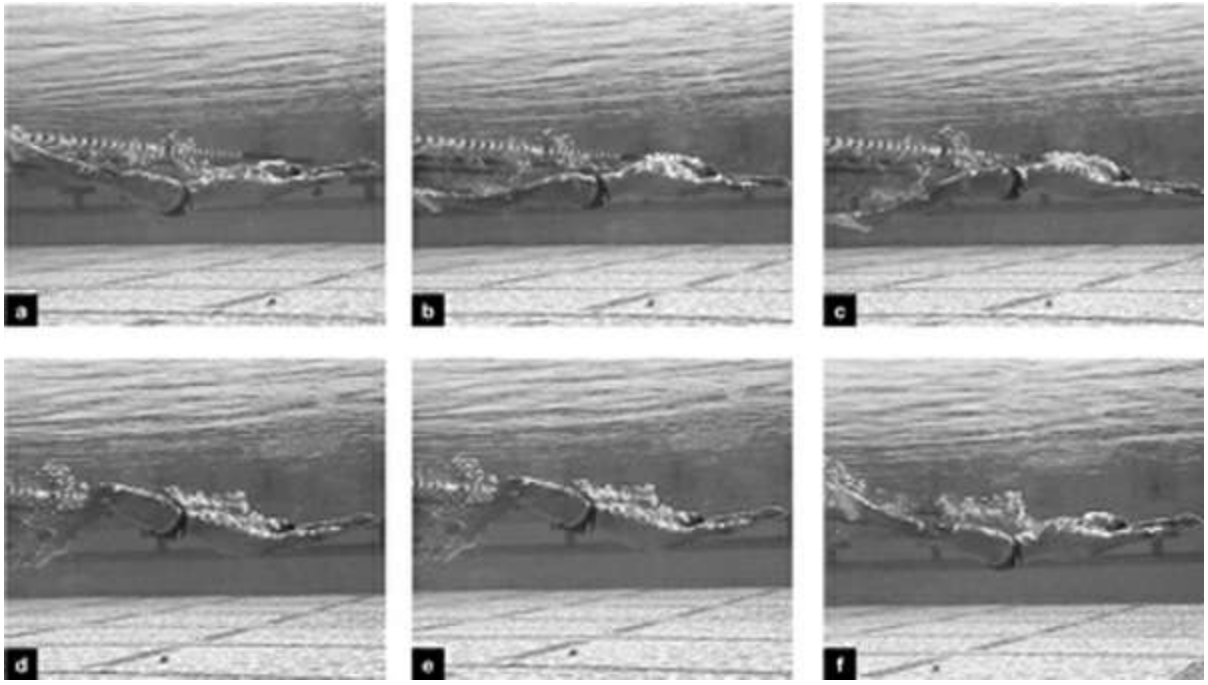


Figura 6.17. Secuencia de fotografías que muestran la mecánica del batido de delfín subacuático para espaldistas. El nadador es Guillermo Díaz de León, campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona.

(a) Final del movimiento ascendente.

(b) Parte del movimiento descendente realizado con las piernas estiradas.

(c) Comienzo del próximo movimiento ascendente.

(d) Fase de la flexión de la cadera en el movimiento ascendente (obsérvese la posición horizontal de los brazos).

(e) Comienzo de la fase de la extensión de las piernas del movimiento ascendente.

(f) Final del movimiento ascendente.

Se ilustra el movimiento descendente del batido de delfín subacuático en las figuras 6.17 a-b. Solapa la terminación del movimiento ascendente, porque el último movimiento hacia arriba de tipo latigazo de las piernas hará que los muslos empiecen a desplazarse hacia abajo con una maniobra de tipo rebote, como en la figura 6.17a. Desde allí, las piernas siguen desplazándose hacia abajo hasta que estén justo por debajo del cuerpo, donde empezarán el próximo movimiento ascendente. El agua que empuja hacia arriba desde debajo de las piernas debe mantener el cuerpo en una posición extendida durante el movimiento hacia abajo. La presión del agua también empujará los pies hacia arriba en una posición natural, a medio camino entre la extensión y la flexión, como se ve en la figura 6.17b, mientras se desplazan hacia abajo.

Las piernas se desplazarán hacia abajo y hacia delante durante el movimiento descendente, y por lo tanto es dudoso que esta fase del batido sea propulsora. Es más probable que el propósito principal del movimiento descendente sea meramente colocar los pies en la posición para realizar otro movimiento ascendente propulsor. Por esta razón, se debe realizar el movimiento descendente suavemente. Sin embargo, también se debe realizar con rapidez, para que los nadadores puedan mantener una velocidad de batido de más de 150 ciclos/min.

El movimiento ascendente del batido de delfín subacuático se muestra en las figuras 6.17 c-f. Empieza al pasar las piernas por debajo del cuerpo durante el anterior movimiento descendente. Comienza cuando los nadadores flexionan las caderas para desplazar los muslos hacia arriba. Mientras tanto, el agua presionando hacia abajo flexionará las rodillas y empujará los pies a una posición extendida. Se trata de la preparación de una extensión de las piernas de tipo latigazo hacia arriba que se ejecutará justo después, ilustrada en la figura 6.17d. Una vez flexionadas las piernas y orientados los pies hacia

atrás, se extienden las rodillas (la extensión de las piernas empieza en la figura 6.17e). Las piernas deben acelerar hacia arriba y hacia atrás a un ritmo rápido. Después de esta extensión, el movimiento ascendente termina con las piernas totalmente extendidas y ligeramente por encima de la cabeza, como se ve en la figura 6.17f.

Los nadadores se propulsan hacia delante empujando hacia atrás contra el agua con la parte ventral de las piernas y los empeines al comienzo del movimiento ascendente. Más tarde, empujarán el agua hacia arriba con la parte inferior de las piernas, pero todavía pueden dirigir un poco de agua hacia atrás con los pies, si los tobillos son lo bastante flexibles como para permitirles permanecer extendidos y mirando hacia atrás hasta el final del movimiento ascendente.

El batido de delfín subacuático de espalda, al igual que el batido de delfín subacuático de mariposa, debe incluir una cierta cantidad de ondulación con todo el cuerpo que puede permitir que los movimientos hacia arriba de las piernas propulsen a los nadadores hacia delante con una ondulación corporal inversa. Por consiguiente, aquí también se utiliza la *oscilación corporal* de forma similar a la descrita para el batido de delfín subacuático de mariposa. Sin embargo, en este caso será el movimiento ascendente del batido de delfín el que empuja las caderas y el tronco hacia delante en el agua. Este movimiento del tronco puede trasladarse a la propulsión efectiva mediante la manipulación de la posición de la cabeza y los brazos de la manera siguiente.

Los nadadores deben presionar hacia arriba y ligeramente hacia delante con las manos, la cabeza y los hombros durante el movimiento ascendente del batido. Esto cambiará la dirección del cuerpo de hacia abajo a hacia delante y permitirá que la ondulación de movimiento ascendente empuje el cuerpo hacia delante al pasar de las piernas a las caderas, a los hombros y finalmente a los brazos. Los nadadores deben entonces empujar los brazos ligeramente hacia abajo durante el movimiento descendente del batido para evitar que el cuerpo sea arrastrado innecesariamente hacia arriba por los movimientos de las piernas.

Los nadadores de espalda deben utilizar el batido de delfín subacuático lo máximo posible en todas sus pruebas. En la actualidad, las reglas para los

espaldistas permiten el uso del batido de delfín sub-acuático durante 15 m después de la salida y de cada viraje. Sin embargo, la mayoría de los nadadores están realizando el batido de delfín subacuático a lo largo de los 15 m sólo después de la salida. Incluso los mejores exponentes del batido de delfín sub-acuático sólo permanecen por debajo del agua durante aproximadamente 10 ó 12 m después del viraje en carreras de 100 yardas o metros. Estos mismos nadadores normalmente ejecutan de cuatro a seis batidos de delfín después de cada viraje en las pruebas de 200 m. Sospecho que con el tiempo habrá más espaldistas que permanecerán debajo del agua durante los 15 m completos de cada largo en la prueba de 100 m y durante 10 ó 12 m de cada largo en las pruebas de 200 m.

Un error cometido por muchos espaldistas hoy en día es permanecer demasiado tiempo debajo del agua al principio de las carreras y luego no lo bastante profundo en las mismas. Creo que sería mejor si eligiesen una distancia razonable para avanzar por debajo del agua en cada largo y luego recorriesen esta distancia utilizando el batido de delfín subacuático después de la salida y de cada viraje durante toda la carrera. De esta forma, pueden retrasar la fatiga al principio de la carrera y utilizar esta técnica rápida del batido de delfín subacuático con mayor ventaja más tarde en la carrera.

Sea cual sea la cantidad de tiempo que pasen debajo del agua durante las primeras etapas de la carrera, otra estrategia que yo recomendaría es que los espaldistas se entrenen para realizar el batido de delfín subacuático durante los 15 m completos en el último largo de cada carrera. Los pocos nadadores que he observado que han utilizado esta estrategia han tenido bastante éxito.

Otro aspecto del batido de delfín subacuático que a menudo se descuida es la técnica para volver a la superficie. Un error común cometido por los nadadores es que suben con un ángulo demasiado agudo. Esto hace que aumenten la velocidad ascendente a expensas de la velocidad de avance durante la transición entre estar debajo del agua y estar en la superficie. Los nadadores deben utilizar los últimos dos o tres batidos de delfín para alcanzar la superficie gradualmente. Sin embargo, deben estar todavía debajo del agua cuando ejecutan el último batido de delfín. Luego deben empezar el batido de espalda, realizando dos o tres antes de empezar la primera brazada. Después de la salida y de cada viraje se debe realizar esta brazada justo por debajo de

la superficie para hacer que el cuerpo rompa la superficie con el ritmo máximo de brazada.

Errores comunes del estilo de espalda

Se presentan los errores comunes del estilo de espalda en el siguiente orden: errores de brazada, errores de batido y errores de la posición del cuerpo.

Errores de brazada

Los errores más comunes de los nadadores en cada fase de la brazada se describirán en esta sección, empezando con la entrada de la mano en el agua.

Errores de la entrada

Algunos de los errores más comunes cometidos por los nadadores cuando meten las manos en el agua son: (1) estirar demasiado; (2) estirar demasiado poco; (3) chocar el dorso de la mano contra el agua, y (4) contactar las yemas de los dedos con el agua antes que el brazo.

1. Cuando estiran demasiado en la entrada, los nadadores balancean la mano detrás de la cabeza hacia el hombro opuesto. Estirar demasiado detrás de la cabeza en la entrada arrastrará las caderas fuera de su alineación en la dirección opuesta y retrasará el agarre.

2. Cuando estiran demasiado poco, los espaldistas meten la mano en el

agua por fuera de la línea del hombro del mismo lado. De hecho, se enseñaba a los nadadores a meter la mano en el agua de esta forma entre los años 1930 y 1960. Sin embargo, hoy en día nos damos cuenta de que si la mano entra de esta forma reduce la longitud de las fases propulsoras de la brazada.

Para eliminar los errores de estirar demasiado y estirar demasiado poco, se debe entrenar a los nadadores a meter la mano en algún punto entre la línea media de la cabeza y la punta del hombro del lado del recobro. Una buena técnica didáctica es hacerles imaginar que están tumbados en la esfera de un reloj con la cabeza a las doce y los pies a las seis. La mano derecha debe entrar en el agua entre las 11 y las 12 y la mano izquierda debe entrar entre las 12 y la 1.

3. Chocar el dorso de la mano contra el agua aumentará el arrastre por empuje. El área de superficie presentada al agua es considerablemente mayor cuando la mano entra con la palma mirando hacia arriba en lugar de hacia el lado. Si se empuja la mano hacia abajo y hacia atrás con fuerza al meterla, se empujará el agua hacia delante y la velocidad de avance disminuirá mucho.

Los espaldistas deben cortar el agua con la palma mirando hacia fuera de manera que la mano pueda entrar de canto. Los nadadores generalmente meten la mano con la palma mirando hacia arriba porque no rotan el cuerpo hacia el brazo que entra. Rotan demasiado poco o demasiado tarde de manera que el cuerpo está todavía inclinado en la otra dirección cuando entra el brazo en el agua. Cuando el cuerpo está rotado al otro lado del brazo que entra, los nadadores no pueden girar la palma hacia fuera y, por lo tanto, sólo pueden meter la mano con la palma mirando hacia arriba. Para corregir este error, se debe indicar a los espaldistas que roten hacia el brazo que entra mientras se desplaza hacia abajo para realizar la entrada.

4. El último error, cometido normalmente por los nadadores principiantes, es meter la mano en el agua antes que el brazo. Probablemente, un recuerdo del estilo libre donde la entrada con las yemas de los dedos primero es deseable; este error no sólo es indeseable en espalda, sino que es imposible cometerlo sin aumentar el arrastre y alterar el ritmo de la brazada.

Los nadadores que cometen este error normalmente muestran una *pausa*

durante cada ciclo de brazada. Es decir, presentan una interrupción en el ritmo de brazada justo después de que el brazo entre en el agua. Esta interrupción es causada por la necesidad de estirar el brazo y girar la palma hacia fuera a la posición correcta antes de que puedan empezar a desplazarlo hacia abajo.

Errores del primer movimiento hacia abajo

El error más común cometido por los nadadores durante esta fase de la brazada es tratar de empujar hacia atrás contra el agua antes de que el brazo se encuentre en una posición lo bastante profunda y lateral para realizar un agarre eficaz. Este error puede manifestarse de dos maneras: (1) los nadadores empujan el agua hacia abajo, o (2) empujan el agua hacia el lado.

1. El efecto perjudicial de empujar el agua hacia abajo es ilustrado por el nadador de la figura 6.18a. La zona sombreada de la trayectoria de la brazada en la imagen dentro de la elipse muestra que su brazo está desplazándose hacia abajo durante esta fase de la brazada subacuática. Las flechas por debajo del brazo muestran que estará empujando el agua hacia abajo en este momento, lo que impulsará su cuerpo hacia arriba y reducirá su velocidad de avance. La flecha negra por encima de su cabeza muestra que la fuerza hacia abajo de la brazada empujará su cabeza y sus hombros hacia arriba. Los nadadores que cometen este error normalmente rebotan hacia arriba y hacia abajo cuando cada brazo realiza el movimiento hacia abajo. Se debe indicar a los espaldistas que realicen el primer movimiento hacia abajo suavemente para reducir la tendencia de los brazos a empujar la cabeza y el tronco hacia arriba y alterar su alineación horizontal.

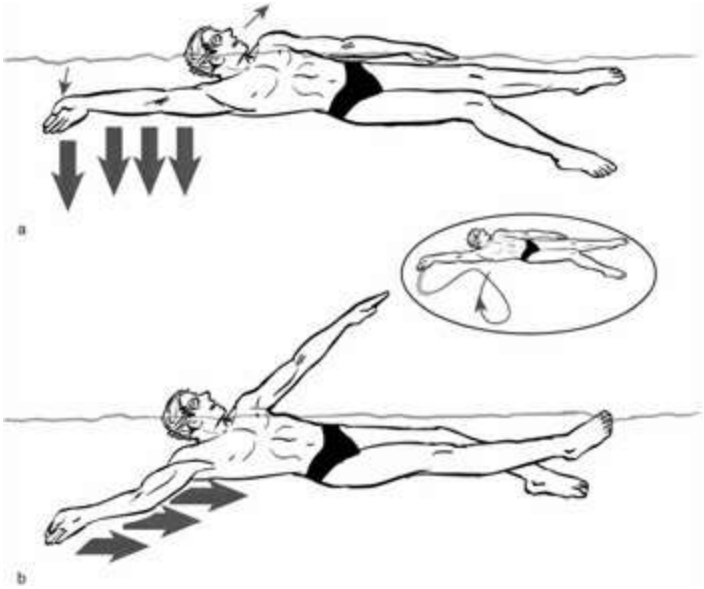


Figura 6.18. El efecto de tratar de aplicar la fuerza demasiado pronto durante la brazada. El nadador en (a) está tratando de empujar contra el agua inmediatamente después de la entrada de la mano. Esto le hace empujar hacia abajo y reducir su velocidad de avance. Los nadadores deben esperar hasta que el brazo esté lo bastante profundo para empujar el agua hacia atrás, como hace el nadador en (b).

La figura 6.18b muestra a un nadador que está realizando el movimiento hacia abajo correctamente. Desplaza su brazo suavemente por el agua y espera hasta que su mano y su brazo hayan bajado lo suficiente para lograr orientarse hacia atrás antes de intentar aplicar la fuerza. Como resultado, la fuerza que aplica desplazará el agua hacia atrás, en la dirección de las flechas anchas, y propulsará el cuerpo hacia delante.

2. Los nadadores que desplazan la mano hacia el lado para realizar un agarre poco profundo pueden cometer un error similar, excepto que, en este caso, empujarán el agua hacia el lado y alterarán su alineación lateral. Muchos nadadores encuentran difícil esperar hasta que el brazo se haya desplazado hacia abajo y hacia el lado antes de realizar el agarre. Comprensiblemente, tienen prisa para aplicar la fuerza cuando sienten que la mano entra en el agua. Por consiguiente, empiezan a empujar contra el agua casi de inmediato. Desafortunadamente, la fuerza que aplican sólo sirve para aumentar el arrastre resistivo y reducir la velocidad de avance.

Estos mismos nadadores se engañan a menudo al pensar que están listos para empujar hacia atrás porque flexionan la muñeca y logran que la mano mire hacia atrás nada más entrar en el agua. Esto les da la impresión errónea de que están en posición de empujar el agua hacia atrás con el brazo entero. Sin embargo, la mano y el brazo están realmente desplazándose hacia abajo y hacia fuera en este momento, así que sólo pueden empujar el agua en estas direcciones, a pesar del hecho de que la palma esté mirando hacia atrás. Los espaldistas deben aprender a desplazar el brazo y la mano suavemente hacia abajo y hacia el lado hasta que ambos estén mirando hacia atrás antes de empezar a empujar con ellos contra el agua.

Errores cometidos durante el primer movimiento hacia arriba

Algunos de los errores más comunes cometidos durante el primer movimiento hacia arriba son: (1) tirar con el brazo estirado; (2) remar con la mano verticalmente, y (3) empujar hacia arriba contra el agua con la palma de la mano.

1. El error más común que cometen los nadadores principiantes en esta fase de la brazada es tirar con el brazo estirado. Esto les hace empujar el agua hacia el lado durante buena parte del movimiento. Los nadadores deben aprender a flexionar el brazo durante el primer movimiento hacia abajo para que puedan ejecutar el primer movimiento hacia arriba con el brazo flexionado.

2. El error más común cometido por los nadadores más experimentados es remar con la mano casi verticalmente hacia arriba. Este error probablemente ocurrirá más si los nadadores realizan el agarre con el brazo extendido o casi extendido. Realizar el agarre de esta forma y luego flexionar el brazo durante el primer movimiento hacia arriba les hace remar verticalmente. El problema de esta técnica es que el brazo puede no empujar bastante hacia atrás contra el agua mientras está remando hacia arriba. Lo que pasa más a menudo es que la velocidad hacia atrás de la parte superior del brazo disminuye casi a cero y

desplazan la mano y el brazo hacia arriba alrededor de ella.

3. Otro error que cometen tanto los nadadores experimentados como los principiantes es que empujan hacia arriba contra el agua con la palma de la mano durante el primer movimiento hacia arriba. El efecto de este error se ilustra en la figura 6.19.

Figura 6.19. El efecto de inclinar la mano demasiado hacia arriba durante el primer movimiento hacia arriba.

El nadador tiene la mano inclinada tanto hacia arriba que es casi perpendicular a la dirección en la que se desplaza. Con este ángulo de ataque, empujará el agua hacia arriba mucho más que hacia atrás y generará muy poca propulsión. Una indicación de que los nadadores están cometiendo este error es que bajan el hombro dentro del agua cuando desplazan la mano hacia arriba. La mano debe estar alineada con el antebrazo durante el primer movimiento hacia arriba y ambos deben estar mirando hacia atrás y empujando hacia atrás contra el agua cuando la mano se desplaza hacia arriba y hacia atrás.

Errores cometidos durante el segundo movimiento hacia

abajo

Los dos errores más comunes cometidos por los nadadores durante esta fase de la brazada subacuática ya se han descrito. El primero es desplazar la mano hacia atrás y hacia dentro en dirección al muslo. El segundo es ejecutar el segundo movimiento hacia abajo con las yemas de los dedos apuntando hacia arriba en lugar de hacia el lado. Es más probable que los nadadores empujen hacia abajo con la mano cuando los dedos miran hacia arriba, y seguramente empujarán hacia abajo con el antebrazo cuando la mano está en esta posición durante el segundo movimiento hacia abajo. En cambio, los nadadores probablemente mantendrán la palma y el antebrazo orientados hacia atrás durante un mayor tiempo en esta fase de la brazada cuando las yemas de los dedos siguen apuntando hacia el lado.

Errores cometidos durante el segundo movimiento hacia arriba

Los nadadores que utilizan esta fase de la brazada para generar propulsión suelen cometer tres errores. Puede que: (1) inclinen la mano hacia arriba en lugar de hacia atrás; (2) empujen contra el agua demasiado tiempo al desplazar el brazo hacia la superficie, y (3) inclinen la mano hacia dentro en lugar de hacia atrás. Se ilustran los efectos de los primeros dos errores en la figura 6.20.

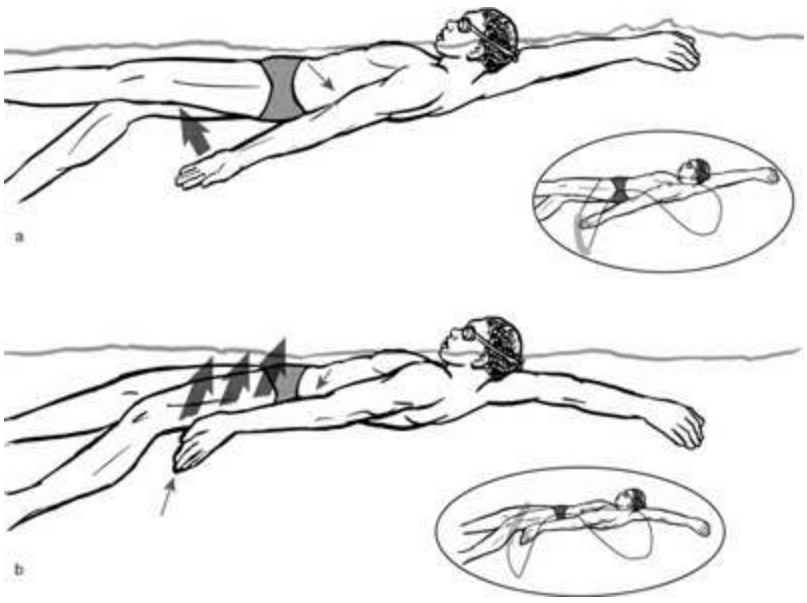


Figura 6.20. Los efectos de (a) inclinar la mano demasiado hacia arriba durante el segundo movimiento hacia arriba y (b) seguir este movimiento durante una distancia demasiado larga.

1. La figura 6.20a muestra a un nadador que está empujando demasiado hacia arriba con la mano. Su palma mira hacia arriba, casi perpendicularmente a la dirección de su desplazamiento. Con la mano en esta posición, sólo puede empujar el agua hacia arriba, en la dirección de la flecha por encima de la mano. Además de sacrificar la propulsión potencial, las caderas estarán sumergidas por este error y se reducirá su velocidad de avance. Los nadadores deben mantener la mano (y el antebrazo) mirando hacia atrás durante el segundo movimiento hacia arriba.

2. El nadador en la figura 6.20b está utilizando el segundo movimiento hacia arriba durante una distancia demasiado larga. Está tratando de aplicar la fuerza propulsora durante toda la trayectoria hasta la superficie. Esto es perjudicial porque no puede evitar empujar hacia arriba con la mano y el brazo cuando se acercan a la superficie. El segundo movimiento hacia arriba debe terminar cuando la mano se acerca al dorso del muslo. Aunque los nadadores mantienen la palma de la mano mirando hacia atrás después de pasar el muslo, seguirán empujando demasiado hacia arriba con este brazo si tratan de continuar el segundo movimiento hacia arriba más allá de este

punto.

Otra razón por la que los nadadores deben relajar la presión sobre el agua antes de que pase la pierna es porque se debe utilizar la última parte de la brazada subacuática para vencer la inercia hacia atrás del brazo e impulsarlo hacia delante al recobro suavemente y sin demora. Se logra esto relajando la presión sobre el agua y dirigiendo el brazo hacia arriba y hacia delante durante la última parte de su movimiento hacia la superficie. Este cambio de dirección es ayudado por la rotación del cuerpo hacia el otro lado, de manera que el hombro del brazo que relaja la presión lo arrastra hacia arriba y hacia delante fuera del agua. El momento en que el brazo empieza a desplazarse hacia delante mientras que sigue debajo del agua se muestra en la trayectoria ilustrada en la elipse en la figura 6.20. La mano ya no será un agente propulsor eficaz cuando empiece a desplazarse hacia delante, y por lo tanto es hora de dejar de empujar contra el agua y de realizar una transición suave al recobro.

Errores de la relajación y del recobro

Existen muchos errores que los nadadores pueden cometer durante estas fases de la brazada. Algunos aumentan el arrastre resistivo mientras que otros pueden alterar el ritmo de la brazada. Los errores cometidos a menudo por los nadadores son: (1) sacar el brazo del agua con el meñique hacia arriba y la palma mirando hacia fuera; (2) sacar la mano del agua con la palma mirando hacia abajo; (3) iniciar el recobro elevando la mano en lugar de rotando el hombro hacia arriba, y (4) balancear el brazo a poca altura y hacia el lado.

1. Girar la palma hacia fuera torcerá el húmero (el hueso largo de la parte superior del brazo) en su cavidad y causará una tensión innecesaria durante el recobro. Puedes demostrártelo dejando el brazo colgando al lado del cuerpo con la palma mirando hacia dentro. Rota la palma hacia atrás y hacia fuera y luego elévala hacia delante hasta la altura del hombro. Debes sentir un movimiento de torsión que produce tensión en el hombro. Ahora prueba a elevar el brazo por encima de la cabeza con la palma mirando hacia dentro.

La tensión debe desaparecer.

2. Existe una mayor probabilidad de crear arrastre por empuje cuando los nadadores sacan la mano del agua con la palma mirando hacia abajo. Es porque puede que empujen agua hacia arriba con el dorso de la mano al sacarla del agua. Es posible realizar el recobro de esta forma sin aumentar mucho el arrastre si los nadadores deslizan la mano hacia arriba y hacia delante con la muñeca flexionada. Sin embargo, es mucho más fácil reducir el arrastre durante esta fase si la mano sale de canto.

La mano debe salir del agua con el pulgar primero, con la palma mirando hacia dentro, de manera que el arrastre resistivo se reduzca mientras la mano recorre estos últimos centímetros antes de salir del agua. La primera mitad del recobro del brazo debe realizarse con la palma mirando hacia dentro, y no debe mirar hacia fuera hasta que haya pasado por encima de la cabeza.

3. Quizás el error más frecuente cometido por los nadadores es iniciar el recobro del brazo elevando la mano del agua en lugar de rotar el hombro hacia arriba. Elevar la mano del agua puede sumergir el hombro en este lado haciendo que el brazo se arrastre por el agua una mayor distancia durante el recobro.

La mano y el brazo deben estar relajados después de soltar la presión y los nadadores deben permitir que la rotación del cuerpo haga la mayor parte posible del trabajo de llevar el brazo hasta la superficie y pasarlo por encima del agua. El movimiento del recobro debe ser un movimiento de elevar y encoger el hombro. Esta acción impulsará el brazo hacia delante. Con el cuerpo rotado hacia el lado y el hombro por encima del agua, el brazo permanecerá fuera del agua durante un mayor tiempo al hacer el recobro. De hecho, el brazo no debe empujar hacia delante por el agua hasta que la mano esté casi preparada para entrar.

4. Otro error común durante el recobro es balancear el brazo a poca altura y hacia el lado. Este movimiento de lado del brazo arrastrará las caderas hacia el lado en la misma dirección. Esto, a su vez, creará una fuerza opuesta sobre las piernas que las hará balancearse por fuera del contorno del cuerpo en la dirección opuesta. Por consiguiente, los nadadores avanzarán por la piscina

con las caderas y las piernas balanceándose de un lado al otro. Así aumentarán el arrastre por forma porque las piernas se balancearán por fuera de la anchura de los hombros. También aumentará el arrastre por empuje a causa de la fuerza lateral producida por los balanceos de las piernas. Los espaldistas deben realizar el recobro de los brazos con altura y directamente por encima del cuerpo con un mínimo de movimiento lateral.

Errores de batido

Los errores que los nadadores cometen más a menudo son: (1) pedalear con las piernas y (2) realizar el batido con demasiada profundidad. Además, los nadadores que carecen de flexibilidad en los tobillos no podrán realizar un batido rápido.

1. Se describieron los efectos perjudiciales de pedalear en el capítulo 3. Los nadadores que cometen este error normalmente elevan los muslos demasiado durante el movimiento ascendente del batido y extienden las piernas empujándolas hacia delante en lugar de extendiéndolas hacia arriba, al igual que cuando se pedalea en una bicicleta. Cuando las rodillas se elevan por encima de la superficie del agua durante el batido, puedes estar seguro de que los espaldistas están pedaleando en lugar de realizar un batido con las piernas. El problema principal es que empujan los muslos hacia arriba y hacia delante contra el agua durante el movimiento ascendente, produciendo arrastre por empuje que disminuye la velocidad de avance. Se debe enseñar a los nadadores a mantener las rodillas debajo del agua y a estirar las piernas totalmente en los movimientos ascendentes del batido de espalda.

2. Pueden ocurrir dos cosas cuando se realiza un batido demasiado profundo, y ambas reducirán la velocidad de avance. El primero de estos efectos perjudiciales será un aumento del arrastre por forma que ocurre porque el área de sección ocupada por el cuerpo aumentará debido a la profundidad de las piernas. La profundidad correcta para el batido es aproximadamente 45 cm. El segundo efecto es que las caderas y el tronco serán empujados hacia arriba si los muslos empujan hacia abajo por debajo

del cuerpo durante el movimiento descendente, lo que alterará la alineación horizontal y reducirá la velocidad de avance. Los muslos no deben desplazarse por debajo de las caderas durante el movimiento descendente. La parte inferior de la pierna puede caer por debajo del nivel del cuerpo cuando los nadadores flexionan la cadera durante el movimiento ascendente, pero esto no es un defecto de estilo.

Los nadadores que realizan un batido demasiado profundo tienden a realizarlo simplemente extendiendo y flexionando la rodilla con poca implicación del muslo y de la cadera. El problema más serio es que generalmente flexionan la pierna durante el movimiento descendente y, al hacerlo, empujan la parte inferior de la pierna hacia delante contra el agua. Las piernas deben mantenerse estiradas durante el movimiento descendente, y no deben flexionarse hasta que la presión del agua las fuerce a una posición flexionada durante la primera parte del siguiente movimiento ascendente.

Errores de la posición del cuerpo

Los errores más comunes con respecto a la posición del cuerpo son: (1) nadar con la cabeza demasiado alta y (2) flexionar demasiado la cintura.

1. Los nadadores que mantienen la cabeza demasiado alta generalmente tienen el cuerpo inclinado demasiado hacia abajo desde la cabeza hasta los pies, lo que aumentará el arrastre por forma. Además, necesitarán utilizar los brazos y las piernas para dar soporte a esta posición alta de la cabeza, lo que aumentará el arrastre por empuje y reducirá la propulsión porque estarán empujando hacia abajo con los brazos y realizando un batido demasiado profundo durante el primer movimiento hacia abajo.

2. Algunos espaldistas nadan con las caderas demasiado bajas en el agua. Se ve sobre todo en los nadadores jóvenes cuando están aprendiendo el estilo. Se ilustra el efecto de este error en la figura 6.21.

La figura 6.21a muestra a un nadador con una buena alineación horizontal.

Su cuerpo sólo se inclina ligeramente hacia abajo desde la cabeza hasta la cadera, su cabeza está cómodamente hacia atrás en el agua alineada con el tronco y no realiza un batido demasiado profundo. Se ilustra una alineación horizontal incorrecta en la figura 6.21b. Las caderas de la nadadora están demasiado bajas, su cabeza está demasiado alta y realiza un batido demasiado profundo.

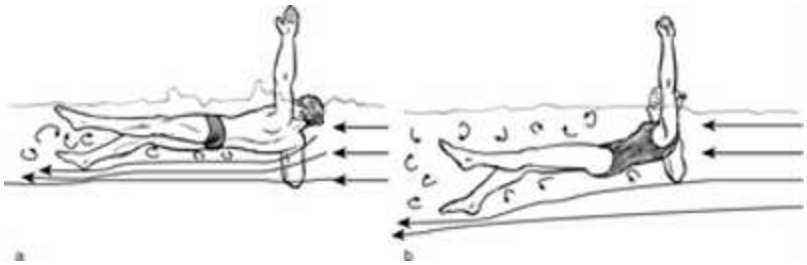


Figura 6.21. Una alineación horizontal buena y otra incorrecta en espalda. El nadador de (a) muestra una buena alineación horizontal, mientras que la nadadora de (b) tiene la cabeza demasiado alta y las caderas demasiado bajas.

Ejercicios para el estilo de espalda

Algunos de los mejores ejercicios para mejorar la brazada, la sincronización y la posición del cuerpo de los nadadores de espalda se incluyen en esta sección. Empezaré con los ejercicios para la brazada.

Ejercicios para la brazada

Se incluyen las descripciones de diez ejercicios en esta sección. Algunos son para la brazada subacuática y otros para el recobro del brazo.

El ejercicio para la trayectoria de la brazada

Trazar una S imaginaria puesta de lado con la mano es una buena manera de aprender los movimientos correctos de la brazada subacuática de dos picos del estilo de espalda. La figura 6.22a ilustra una trayectoria de brazada que ha sido dibujada en relación con el cuerpo en movimiento. La trayectoria en forma de S que se ve en la ilustración es el tipo de trayectoria que utilizaría un espaldista del estilo de dos picos. La primera curva de la S corresponde al primer movimiento hacia abajo; la segunda curva representa el primer movimiento hacia arriba, y la tercera curva representa el segundo movimiento hacia abajo. La línea discontinua que continúa la trayectoria representa el recobro del brazo.

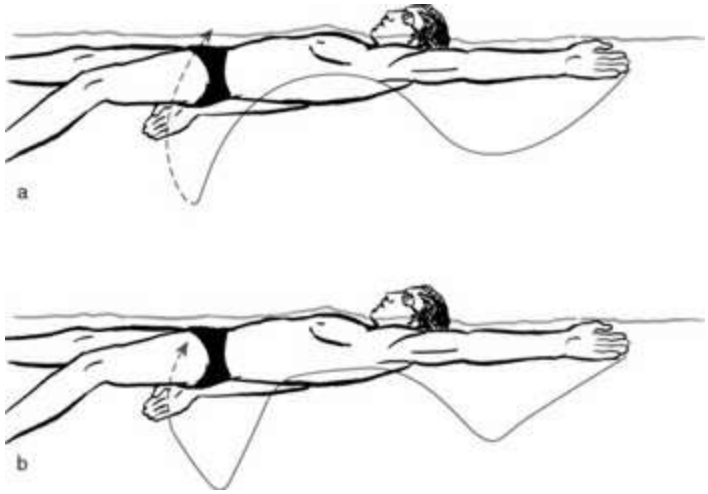


Figura 6.22. Trayectorias de la brazada de espalda dibujadas en relación con el cuerpo en movimiento. El dibujo (a) muestra la trayectoria tradicional en forma de S utilizada por los espaldistas de dos picos. Una trayectoria de brazada menos tradicional en forma de W ilustrada en (b) es utilizada por los nadadores que tienen un patrón de velocidad de tres picos.

En la figura 6.22b he añadido una curva adicional a la forma de la S. Esta curva representa un segundo movimiento hacia arriba propulsor que es utilizado por muchos espaldistas del estilo de tres picos. Con la curva extra

añadida, la trayectoria sería realmente la de una W en lugar de una S.

La primera curva de la W corresponde al primer movimiento hacia abajo; la segunda curva, al primer movimiento hacia arriba; la tercera curva, al segundo movimiento hacia abajo, y la cuarta curva, al segundo movimiento hacia arriba. Una vez más, la línea discontinua que continúa la trayectoria hacia la superficie del agua representa la relajación y la primera parte del recobro.

Según el estilo que prefieren, los nadadores deben trazar una de estas trayectorias con la mano durante cada brazada subacuática. Deben tratar de mantener la parte ventral del antebrazo y la palma de la mano orientadas hacia atrás contra el agua durante cada fase propulsora de la S o de la W para aplicar la fuerza propulsora de forma eficaz.

El ejercicio de nadar con un solo brazo

En este ejercicio, los nadadores hacen repeticiones, realizando las brazadas con un solo brazo y manteniendo el otro pegado al costado. Es un buen ejercicio para la brazada porque los nadadores pueden concentrarse en los movimientos de un brazo a la vez. También es un buen ejercicio para enseñar a los nadadores a rotar el cuerpo correctamente. Después de la entrada del brazo en el agua, deben rotar el cuerpo hacia él hasta que el hombro opuesto salga del agua. Deben rotar hacia el lado opuesto durante el segundo movimiento hacia abajo y el segundo movimiento hacia arriba de esta brazada hasta que el hombro del brazo que realiza la brazada rompa la superficie y se empiece el recobro del brazo. Se puede realizar este ejercicio utilizando sólo los brazos o combinando con un ejercicio de piernas.

Una variación de este ejercicio es nadar con el brazo que no realiza la brazada estirada por encima de la cabeza y por debajo del agua. Esta variación fomenta una mejor posición hidrodinámica durante las últimas fases de la brazada subacuática, pero también dificulta la rotación del cuerpo.

El ejercicio del medio estilo de lado

Este ejercicio ayuda a los nadadores a realizar el agarre correctamente y a utilizar el primer movimiento hacia arriba de la brazada subacuática eficazmente. El ejercicio del medio estilo de lado, ilustrado en la secuencia de fotografías presentadas en la figura 6.23, se ejecuta utilizando sólo un brazo con ambos brazos permaneciendo por debajo del agua.

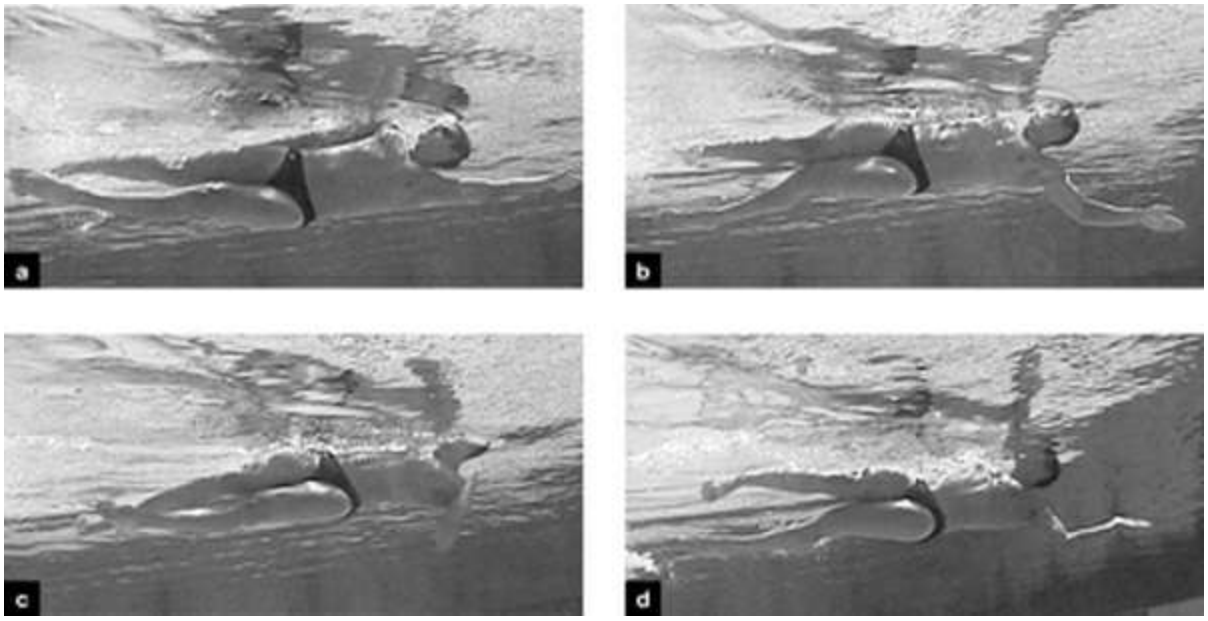


Figura 6.23. El ejercicio del medio estilo de lado.

(a) Estiramiento hacia delante del brazo izquierdo.

(b) Posición del agarre del brazo izquierdo.

(c) Aducción del brazo izquierdo hacia el lado.

(d) Recobro subacuático del brazo izquierdo antes de realizar otra brazada.

Los nadadores deben estar de lado en el agua con un brazo estirado por

encima de la cabeza y por debajo del agua. El otro brazo debe permanecer hacia atrás al costado en una posición similar a la posición de deslizamiento del estilo de lado (fig. 6.23a). Deben realizar media brazada con el brazo que está por encima de la cabeza desplazándolo hacia abajo y hacia fuera hasta la posición del agarre (fig. 6.23b) y luego aduciéndolo hacia arriba y hacia atrás hacia el costado (fig. 6.23c). La brazada termina cuando se ha completado el primer movimiento hacia arriba. Luego deben realizar el recobro del brazo (fig. 6.23d) por debajo del agua y volver a la posición inicial antes de realizar otra media brazada. Los nadadores deben realizar varias brazadas con un brazo antes de cambiar de lado cuando realizan este ejercicio.

El ejercicio de nadar de lado

Este ejercicio, ilustrado en las fotografías de la figura 6.24, se utiliza para practicar la brazada subacuática. Se puede hacer con un solo brazo o alternando los brazos.

Los nadadores empiezan de costado, rotados hacia el brazo que realiza la brazada. Este brazo debe estirarse por encima de la cabeza y por debajo del agua y el otro brazo debe estar pegado al costado, como se ve en la figura 6.24a. Los nadadores deslizan el brazo que realiza la brazada hacia abajo y hacia fuera hasta que tengan el agua detrás de él en la posición del agarre, como ilustra la figura 6.24b. Luego ejecutan una brazada subacuática, ilustrada en las figuras 6.24 c-d. Permanecen de lado mirando hacia el brazo que realiza la brazada durante el primer movimiento hacia arriba. Luego rotan hacia el otro lado mientras completan los últimos dos movimientos. Cuando han terminado, de nuevo estiran el mismo brazo por encima de la cabeza para empezar otra brazada. El otro brazo debe permanecer por debajo del agua mientras se realiza este ejercicio.

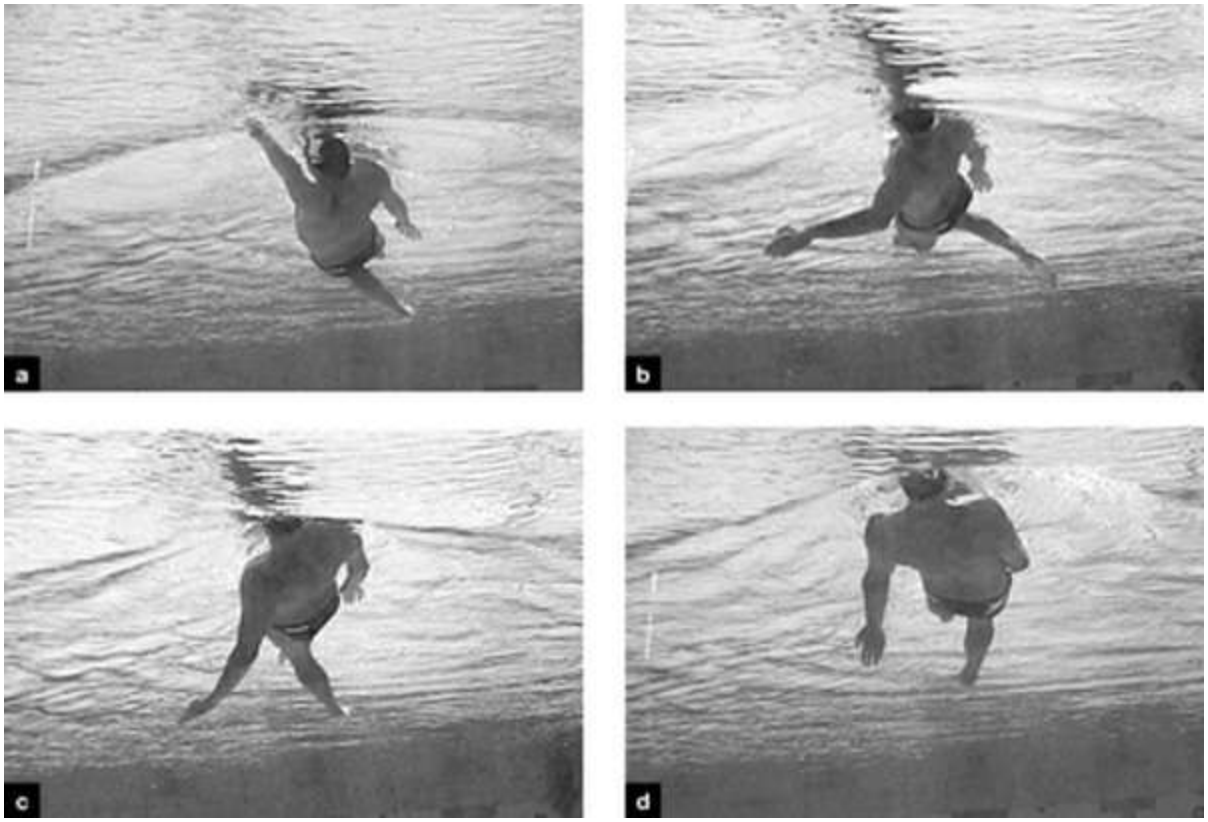


Figura 6.24. El ejercicio de nadar de lado.

(a) Posición inicial con el brazo izquierdo estirado por encima de la cabeza (obsérvese que el brazo derecho permanece al costado).

(b) Agarre del brazo izquierdo.

(c) Segundo movimiento hacia abajo del brazo izquierdo.

(d) Segundo movimiento hacia arriba del brazo izquierdo.

Este ejercicio también puede realizarse alternando las brazadas. En este caso, después de terminar una brazada, los nadadores deslizarían el otro brazo por encima de la cabeza, manteniéndolo por debajo del agua. Luego completarían una brazada subacuática idéntica con este brazo antes de empezar el ciclo de nuevo.

También puede realizarse sólo utilizando los brazos o combinado con el

batido de piernas.

El ejercicio del movimiento hacia arriba

Se utiliza este ejercicio con los nadadores que quieren desarrollar una brazada subacuática de tres picos. También pueden aprender a utilizar el segundo movimiento hacia arriba para la propulsión.

Se puede ejecutar este ejercicio con ambos brazos simultáneamente o con brazadas alternas. Los nadadores toman una posición supina con ambos brazos a los costados. Se realizan todos los recobros de los brazos por debajo del agua como en los dos ejercicios anteriores. Empiezan deslizando las manos hacia arriba por debajo del agua hasta que estén enfrente del pecho. Los brazos deben estar flexionados y colocados como si el nadador acabase de terminar el primer movimiento hacia arriba. Luego desplazan el brazo hacia abajo y hacia arriba de la misma forma que harían si realizasen un segundo movimiento hacia abajo y un segundo movimiento hacia arriba. Los nadadores deben realizar este ejercicio sólo con los brazos para que puedan sentirse propulsados por las brazadas.

El ejercicio de nadar con los puños

Los nadadores realizan este ejercicio nadando con los puños cerrados. Útiles para aprender a utilizar los brazos para la propulsión, los ejercicios de nadar con los puños pueden realizarse de diversas maneras. Los espaldistas pueden nadar el estilo completo cerrando ambos puños. También pueden nadar ce rrando un puño mientras el otro brazo descansa en el costado. O pueden nadar el estilo completo cerrando el puño del brazo dominante y con la otra mano abierta. Nadar con el puño del brazo dominante cerrado anima a los nadadores a utilizar el brazo no dominante más eficazmente en este estilo, al igual que en el estilo libre y mariposa.

Ejercicios del recobro

Puedo recomendar cuatro ejercicios para mejorar el recobro del brazo, la rotación del cuerpo y la alineación lateral.

El ejercicio de hacer una pausa

Los espaldistas nadan el estilo normal con una excepción: paran el brazo durante un instante en medio del recobro y giran la palma de dentro afuera (una o un número especificado de veces). Los nadadores deben concentrarse en parar el brazo cuando está directamente por encima del hombro de manera que puedan girar la palma en el momento correcto. El propósito de este ejercicio es enseñar el recobro vertical con una entrada limpia.

El ejercicio de espalda doble

Este ejercicio es para los nadadores que estiran demasiado el brazo. Deben nadar espalda mientras realizan la brazada simultáneamente con ambos brazos. Es imposible estirar demasiado cuando los nadadores realizan el recobro de ambos brazos simultáneamente. Por lo tanto, este ejercicio puede enseñarles la sensación de colocar los brazos en el agua directamente delante de los hombros. También es un ejercicio excelente para enseñar a los nadadores a utilizar correctamente los cuatro movimientos de la brazada si se concentran en los movimientos subacuáticos de los brazos.

Ejercicio del recobro hacia dentro y hacia fuera

Este ejercicio es útil para los nadadores que realizan un recobro demasiado bajo y lateral. Combate la tendencia de balancear los brazos hacia los lados durante la primera mitad del recobro, y luego hacia dentro durante la segunda mitad. Esto se aprende exagerando los movimientos del recobro en la secuencia inversa. Es decir, realizan un recobro del brazo hacia arriba y hacia dentro durante la primera mitad del recobro y lo balancean hacia fuera cuando pasa por encima y hacia abajo para la entrada.

El ejercicio de nadar por la corchera

Éste es otro ejercicio bueno para enseñar el recobro vertical. Los nadadores van nadando con un hombro al lado de la corchera. Esto les obliga a realizar un recobro vertical, porque el brazo se queda enganchado por debajo de la corchera si tratan de balancearlo hacia el lado al sacarlo del agua. Los espaldistas deben nadar al mismo lado de la corchera para practicar el ejercicio con el brazo izquierdo y el derecho en largos alternos.

Ejercicios de batido y de la rotación del cuerpo

Existen cinco ejercicios que los nadadores pueden utilizar para desarrollar los movimientos tanto verticales como laterales de las piernas en el batido.

El ejercicio del batido de lado

Realizar el batido de lado con un brazo estirado por encima de la cabeza y por debajo del agua y el otro brazo al costado es una manera excelente de

mejorar los movimientos diagonales del batido y la rotación del cuerpo. Los nadadores deben practicar este ejercicio con el cuerpo rotado hacia el brazo que está estirado por encima de la cabeza. Los nadadores deben completar seis, ocho o cualquier número asignado de batidos en esta posición antes de cambiar de lado.

Una variación del batido de lado puede utilizarse para practicar el ritmo del batido de seis tiempos. Los nadadores deben empezar de costado con el brazo de este lado estirado por encima de la cabeza y por debajo del agua y con el otro brazo en la cadera opuesta. Deben realizar dos batidos en cada lado antes de rotar hacia el otro lado y deben cambiar la posición de los brazos cuando cambian de lado. Cuando rotan hacia el otro lado, deben realizar dos batidos en este lado, dos más durante la rotación y dos más en el otro lado de manera que estén ejecutando un ritmo exagerado de seis tiempos. Al principio se debe realizar el ejercicio sin pensar en realizar la brazada con los brazos, excepto cuando se cambian de posición con cada rotación. Los nadadores pueden concentrarse en realizar una brazada correcta una vez que hayan dominado la sincronización de los batidos con la rotación del cuerpo.

El ejercicio de batidos de espalda

Este ejercicio es bueno para mejorar la resistencia y la potencia del batido. También es excelente para enseñar a los nadadores a mantener una posición corporal horizontal. Los nadadores pueden realizar este ejercicio con los brazos a los lados o estirados por encima de la cabeza y por debajo del agua. Realizar el batido con los brazos a los costados es un buen método para mejorar la posición corporal si los nadadores rotan los hombros de un lado al otro cuando realizan el batido. Realizar los batidos con los brazos a los costados también es una forma más fácil de hacerlo, y puede utilizarse con los espaldistas principiantes y con los que tienen un batido extremadamente débil. Es más difícil realizar el batido con los brazos por encima de la cabeza, pero ayuda a los nadadores a mantener la posición corporal horizontal, particularmente si tienden a sentarse demasiado hacia abajo en el agua. Los brazos deben estirarse por encima de la cabeza y por debajo del agua, con las

palmas hacia arriba y los dedos entrelazados mientras realizan el batido.

El ejercicio con una mano fuera del agua

En este ejercicio, los nadadores se desplazan por la piscina realizando el batido de lado con un brazo fuera del agua y extendido directamente por encima del hombro. El otro brazo debe estar por debajo del agua al costado. Los nadadores deben tener el cuerpo rotado hacia el brazo al costado de manera que el hombro del brazo extendido esté también fuera del agua. Pueden cambiar de lado después de un número asignado de batidos. Este ejercicio es excelente para mejorar la resistencia y la potencia del batido porque éste debe soportar el peso del brazo sostenido por encima del hombro.

El ejercicio de batidos con tabla

Éste es un buen ejercicio para corregir un movimiento de pedaleo en el batido. Los nadadores realizan el batido mientras sostienen una tabla en sentido longitudinal por encima de los muslos. Si la tabla rebota, están pedaleando y chocando con ella con los muslos y las rodillas. La tabla permanecerá inmóvil si los nadadores realizan el batido de forma correcta.

El ejercicio de la esponja

Este ejercicio se utiliza para enseñar a los espaldistas a mantener la cabeza inmóvil. Colocan una pequeña esponja en la frente y nadan por la piscina tratando de impedir que se caiga la esponja. Si no se dispone de una esponja, se pueden utilizar monedas o anillas que se hunden.

Ejercicios para el batido de delfín subacuático

Los nadadores que piensan realizar el batido de delfín en posición supina durante una parte de sus carreras necesitan aprender la técnica correcta, y entrenarse para permanecer sumergidos la mayor distancia posible de los 15 m permitidos. A continuación se presentan algunos de los ejercicios que ayudan a desarrollar estas destrezas.

Repeticiones de velocidad de 25, 50 y 75 m debajo del agua

Estos ejercicios pueden realizarse con o sin aletas. Las aletas son una buena ayuda al principio. Ayudan a los nadadores a desarrollar batidos pequeños y rápidos y los movimientos de la oscilación corporal que son tan importantes para realizar el batido de delfín subacuático a toda velocidad. También hacen que sea más fácil permanecer debajo del agua más tiempo. Una vez dominadas estas destrezas con aletas, los nadadores deben ejecutarlas sin ellas de manera que puedan hacer la transición hacia el batido de delfín subacuático de competición. Diez o doce repeticiones de 25 m, seis u ocho de 50 m y tres o cuatro de 75 m son ideales para este propósito. Los períodos de descanso entre las repeticiones deben ser de 1 a 5 min para permitir a los nadadores un tiempo suficiente de recuperación para completar las siguientes repeticiones de velocidad con una buena calidad.

El ejercicio de romper la superficie

Se pueden realizar repeticiones de cualquier distancia para este ejercicio. Los nadadores realizan el batido de delfín subacuático durante 15 m en cada largo

y luego suben a la superficie con un batido normal de espalda, que utilizan durante el resto del largo. Deben concentrarse en utilizar los últimos dos o tres batidos de delfín para subir gradualmente a la superficie, y deben empezar a realizar el batido normal justo antes de que la rompan. Deben tratar de subir a la superficie de manera que no noten una interrupción apreciable del ritmo más allá de la pérdida de velocidad que existe naturalmente entre el batido de delfín y el batido normal de espalda.

El ejercicio con gomas

Éste es un ejercicio excelente para mejorar la capacidad de permanecer por debajo del agua durante más tiempo en las carreras. Se ata una goma a través de las calles en medio de una piscina de 25 metros o yardas. Los nadadores deben entonces realizar series de repeticiones de 50 ó 100 m, haciendo el batido de delfín subacuático por cada largo de la piscina hasta que pasen por debajo de la goma.

7

Braza

El estilo de braza tiene una rica historia competitiva. Fue el primer estilo utilizado en la competición después de la edad de las tinieblas y todos los demás estilos competitivos se desarrollaron a partir de él. Antaño, en las carreras de braza, las reglas permitieron que los nadadores compitiesen nadando por debajo del agua. Sin embargo resultó ser demasiado peligroso. Existen muchos casos registrados de bracistas que se desmayaron por permanecer demasiado tiempo debajo del agua en las carreras de braza. Se cambiaron las reglas a finales de la década de los cincuenta para garantizar que la mayor parte de las carreras se nadasen en la superficie. En la actualidad, se permite a los bracistas permanecer por debajo del agua sólo durante un ciclo de brazada después de la salida y de cada viraje. Después de esto, alguna parte del cuerpo, normalmente la cabeza, debe aparecer por encima de la superficie del agua una vez durante cada ciclo de brazada. Los bracistas utilizan una brazada corta semicircular y una patada que tiene varios nombres pero que es más comúnmente conocida como *la patada de latigazo.*

Braza es el estilo más lento de todos los competitivos a causa de las grandes fluctuaciones de velocidad que ocurren dentro de cada ciclo de brazada. Aunque los bracistas generan grandes fuerzas durante las fases

propulsoras de cada ciclo de brazada, también desaceleran de forma considerable cada vez que realizan el recobro de las piernas en preparación para la siguiente patada hacia atrás. Los nadadores de otros estilos sólo pierden alrededor de un tercio de la velocidad de avance durante los períodos de recobro en su ciclo de brazada, mientras que muchos bracistas casi llegan a pararse del todo cuando realizan el recobro de las piernas hacia delante. Por lo tanto, los bracistas deben ejercer más fuerza que los nadadores de otros estilos simplemente para acelerar el cuerpo de nuevo y alcanzar la velocidad de la carrera durante cada ciclo de brazada, lo que hace que este estilo sea muy riguroso.

En el pasado, la mayoría de los expertos creían que se debía nadar a braza con el cuerpo en una posición plana. Es decir, el cuerpo debía permanecer horizontal en la superficie durante el ciclo completo de la brazada. Un estilo ondulatorio de braza, introducido en los años setenta, implicaba desplazar el cuerpo con un movimiento de tipo delfín parecido al estilo de mariposa durante el batido. Este estilo, que recibe muchos nombres, entre los que se incluyen *braza de delfín* y *braza europea* pero ahora comúnmente conocido como *braza ondulatoria*, tardó en hacerse popular. Sin embargo, recientemente el cambio de las reglas que permite a los nadadores bajar la cabeza por debajo del agua durante partes de cada ciclo de brazada ha acelerado su adopción porque los nadadores han encontrado que pueden mejorar su posición hidrodinámica durante la patada bajando la cabeza entre los brazos. También han encontrado que pueden utilizar la acción de la ola del agua para la propulsión durante el recobro de brazos y piernas.

Los estilos plano y ondulatorio de braza

Se contrastan estos dos estilos de braza en la serie de dibujos presentados en la figura 7.1. El estilo plano de braza se caracteriza por una posición horizontal del cuerpo en el que las caderas permanecen en la superficie o

cerca de ella durante todo el ciclo de la brazada. Los nadadores respiran levantando y bajando la cabeza de manera que no alteran la posición plana del tronco. En el estilo ondulatorio, la cabeza y los hombros se elevan fuera del agua cuando los nadadores respiran y las caderas bajan durante el recobro de las piernas.

La diferencia principal entre los dos estilos puede verse en las figuras 7.1 c-d. Los hombros del nadador que utiliza el estilo plano permanecen por debajo del agua, con las caderas cerca de la superficie cuando respira, y se queda en una posición horizontal durante el tiempo en que realiza el recobro de las piernas hacia delante. En cambio, los hombros del nadador que utiliza el estilo ondulatorio salen fuera del agua, sus caderas bajan y su cuerpo se inclina hacia abajo desde los hombros hasta las rodillas cuando respira y realiza el recobro de las piernas hacia delante. Las posiciones del cuerpo son muy similares para ambos estilos en todas las demás fases de la brazada. Ambos nadadores permanecen en una posición horizontal e hidrodinámica durante la fase propulsora de la brazada, tal y como muestran las figuras 7.1 a-b. También están en la posición horizontal en la fase propulsora de la patada, como muestra la figura 7.1e. La única otra diferencia entre los dos estilos puede verse en la figura 7.1f. En el estilo ondulatorio, los bracistas tienden a empujar las caderas ligeramente más hacia arriba con la patada, quizá para producir una ondulación corporal inversa. Tendré más que decir sobre la ondulación corporal inversa más adelante en este capítulo.

Los defensores del estilo plano apoyan su preferencia con el argumento de que se reduce el arrastre por forma y se utiliza menos energía porque los bracistas no realizan los movimientos externos hacia arriba y hacia abajo cuando nadan. Sin embargo, los registros de la velocidad de avance del centro de masas de los nadadores han demostrado que este argumento no es válido. En lugar de crear una mayor resistencia al movimiento, de hecho se reduce el arrastre por forma significativamente cuando los nadadores levantan la cabeza y el tronco fuera del agua en el estilo ondulatorio. Precisamente crean menos arrastre por empuje con las piernas y reducen el arrastre por forma adoptando una posición más hidrodinámica durante la mayor parte de los recobros de brazos y piernas. Además, como se verá en la sección sobre los registros de la velocidad de avance, reciben una tercera fase propulsora debido a la propulsión por la ola cuando elevan la cabeza y los

hombros fuera del agua.

La figura 7.2 de la página 232 ilustra por qué los bracistas del estilo plano crean más arrastre y los del estilo ondulatorio menos arrastre durante el recobro de las piernas. El nadador del estilo plano, a la izquierda, produce una cantidad considerable de arrastre por empuje durante el recobro de las piernas porque empuja los muslos hacia abajo y hacia delante contra el agua. Esta desaceleración se ve en el gráfico como un gran valle al final del recobro de las piernas. Las mediciones de velocidad de muchos bracistas del estilo plano han mostrado que su velocidad de avance desacelera de forma significativa cuando realizan el recobro de las piernas de esta forma. De hecho, muchos llegan a pararse del todo durante esta fase del ciclo de brazada (Maglischo, 1999).

El nadador del estilo ondulatorio, a la derecha, reduce el arrastre por empuje bajando las caderas cuando realiza el recobro de las piernas llevando la parte inferior de las piernas hacia delante sin empujar los muslos hacia abajo. La parte inferior de las piernas es más pequeña y avanzan detrás del tronco, por lo tanto, realizar el recobro de esta forma produce menos arrastre resistivo que empujar el agua hacia delante con los muslos que son más grandes. El gráfico de velocidad del nadador del estilo ondulatorio de braza muestra que desacelera menos y durante un período de tiempo más corto, cuando realiza el recobro de las piernas hacia delante. Obsérvese que el nadador del estilo plano desacelera hasta una velocidad de 0,20 m/s mientras que el nadador a la derecha desacelera sólo hasta 0,80 m/s.

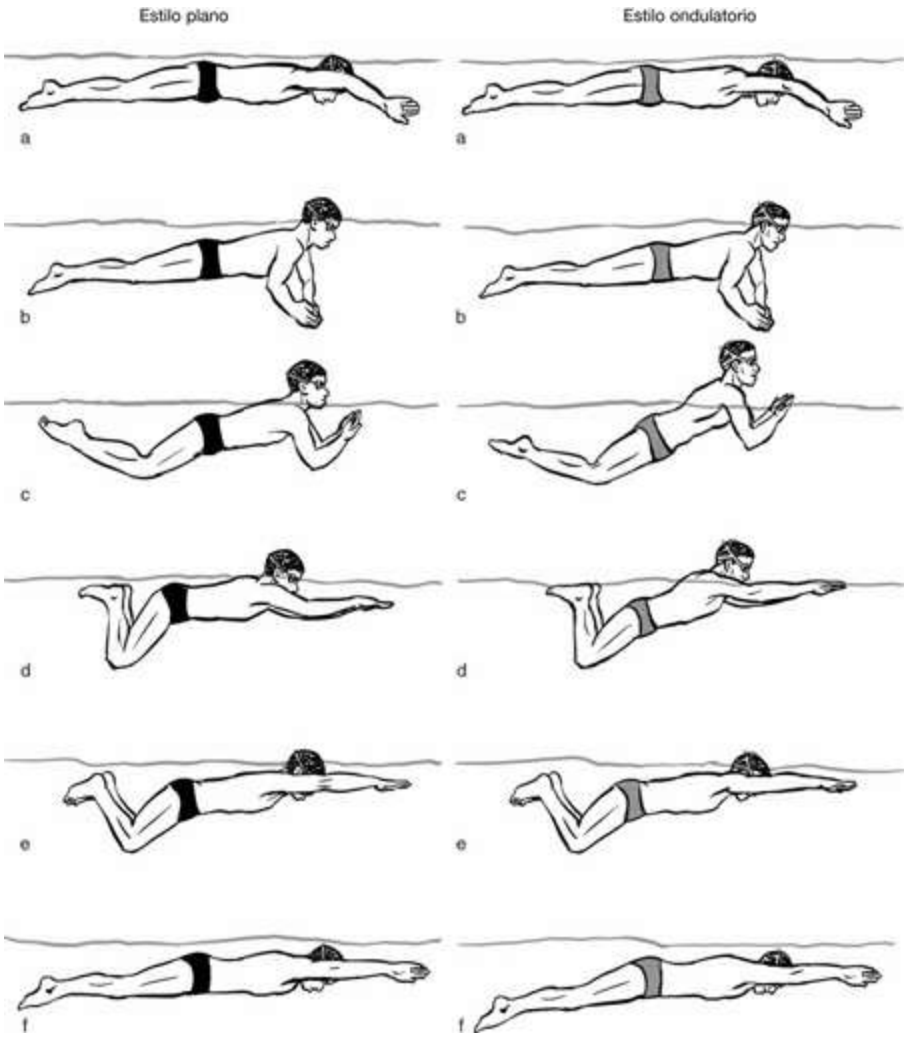


Figura 7.1. Una comparación entre los estilos plano y ondulatorio de braza.

Los bracistas del estilo ondulatorio también encuentran menos arrastre resistivo porque mantienen una forma hidrodinámica con el tronco y las piernas durante el recobro de éstas. El cuerpo está inclinado ligeramente hacia abajo desde la cabeza hasta las rodillas de manera que las corrientes de agua puedan cambiar gradualmente de dirección al pasar el cuerpo y las piernas a través de ellas. Se indica esto en la figura 7.2, donde la flecha dibujada por debajo del cuerpo del nadador ilustra la dirección relativa del flujo de agua. Su cabeza y sus hombros deben estar elevados para bajar las caderas y lograr esta posición hidrodinámica del cuerpo, lo que puede

explicar parcialmente por qué muchos buenos bracistas sacan los hombros fuera del agua cuando realizan el recobro de las piernas. Por el contrario, en el estilo plano de braza, las piernas forman una superficie como una pared plana que se enfrenta al agua y que causará mucha más turbulencia. Al contrario de lo que cree mucha gente, los nadadores que realizan el recobro de las piernas bajando las caderas no aumentarán el arrastre por forma empujando las rodillas más abajo en el agua.

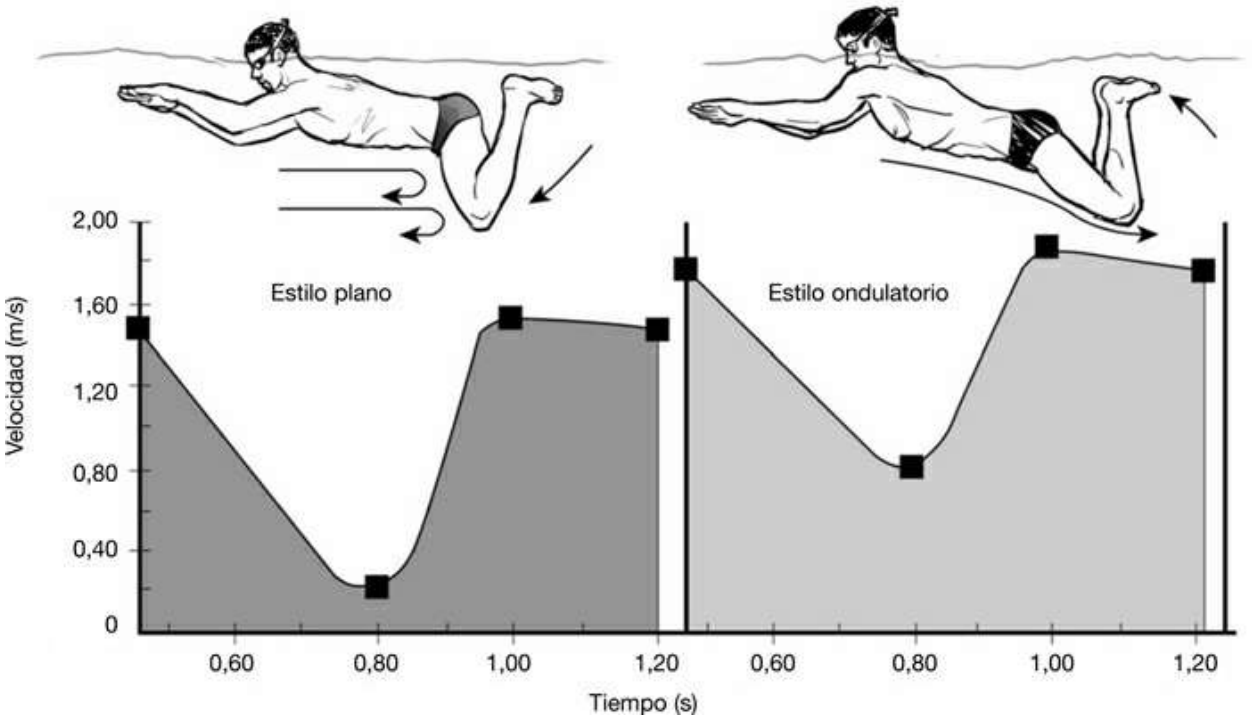


Figura 7.2. Una comparación del arrastre resistivo producido por el recobro de las piernas en los estilos plano y ondulatorio de braza.

Puede que pienses que los nadadores podrían reducir el arrastre resistivo aún más utilizando una posición corporal plana y realizando el recobro de las piernas sin empujar los muslos hacia delante. Sin embargo, este término medio no es posible. Los pies saldrían del agua si los bracistas tratasen de realizar el recobro de las piernas mientras permanecían en una posición plana. Si las caderas se quedan cerca de la superficie, los bracistas no pueden mantener los pies por debajo del agua cuando realizan el recobro de las

piernas hacia delante a no ser que empujen los muslos hacia abajo y hacia delante. En cambio, en el estilo ondulatorio los bracistas pueden mantener los pies debajo del agua sin empujar los muslos hacia abajo y hacia delante porque bajan las caderas.

Las trayectorias de la brazada y los patrones de velocidad

El primer tema de esta sección es las trayectorias de las brazadas utilizadas por los bracistas. A continuación se presentan las trayectorias de la patada. Luego se describen los patrones de la velocidad de avance y de la velocidad de las manos, y a causa de su importancia, se describirán también los patrones de la velocidad de las piernas.

Las trayectorias de la brazada

Se presentan trayectorias típicas de la brazada de braza desde las vistas frontal, lateral e inferior en la figura 7.3. Estas trayectorias se dibujaron con relación al agua. Para facilitar la descripción se ha dividido la brazada en cuatro fases: el movimiento hacia fuera, el agarre, el movimiento hacia dentro, y la relajación y el recobro.

Los bracistas desplazan los brazos hacia fuera y hacia delante durante el movimiento hacia fuera. Algunos nadadores también dirigen los brazos ligeramente hacia arriba. Esto es especialmente así en los nadadores que ondulan el cuerpo cuando nadan a braza. El agarre tiene lugar al desplazarse los brazos fuera de la línea de los hombros, donde pueden lograr orientarse hacia atrás. El movimiento hacia dentro es un movimiento semicircular en el que se llevan las manos hacia dentro por debajo del cuerpo. Los brazos

siguen desplazándose hacia fuera en la primera parte del movimiento hacia dentro para gradualmente vencer la inercia al dirigirse también hacia atrás y hacia abajo. Siguen desplazándose hacia fuera y hacia abajo hasta que completen la primera mitad del movimiento hacia dentro, en cuyo momento su dirección cambia a hacia atrás, hacia arriba y hacia dentro. La fase propulsora del movimiento hacia dentro termina cuando la dirección hacia atrás de las manos cambia a hacia delante y se juntan por debajo de los hombros. Desde allí, los brazos siguen desplazándose hacia arriba, hacia dentro y hacia delante hasta que lleguen a la superficie, en cuyo momento se extienden hacia delante en preparación para la próxima brazada.

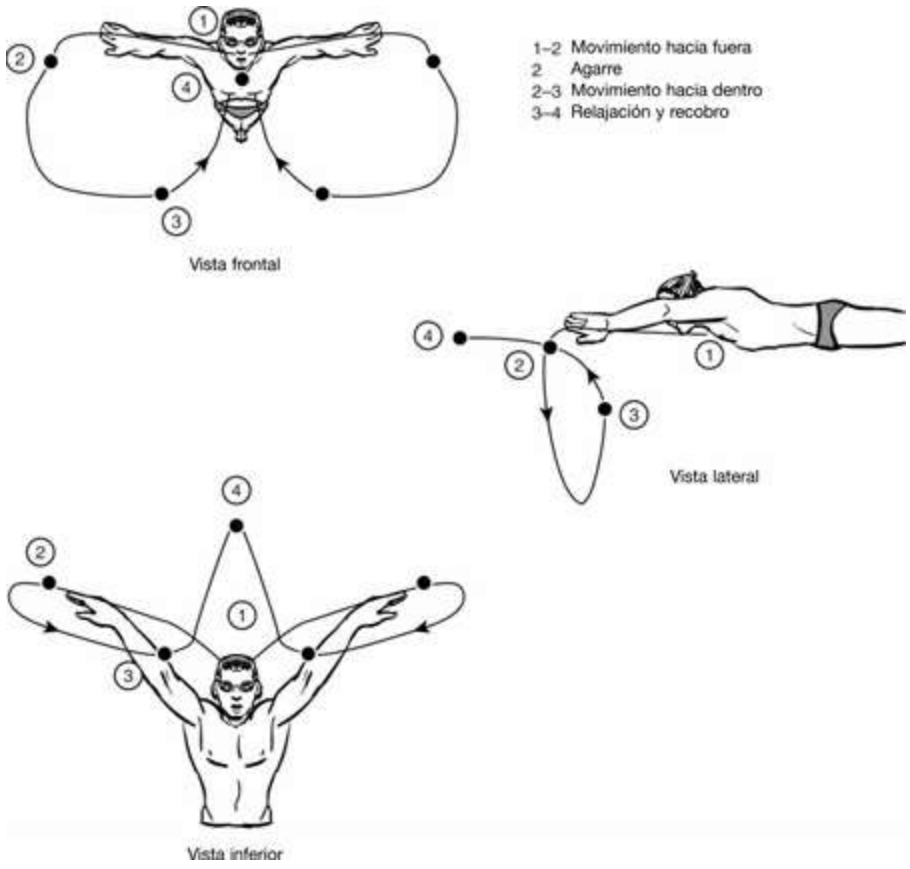


Figura 7.3. Vistas frontal, lateral e inferior de las trayectorias de la brazada de braza.

Quiero llamar la atención sobre tres aspectos importantes de estas trayectorias ilustradas en la figura 7.3.

1. La vista inferior muestra que las manos empiezan a desplazarse hacia fuera antes de que estén completamente extendidas. No hay deslizamiento. Aunque tradicionalmente se ha enseñado el deslizamiento, no lo realizan la mayoría de los bracistas de nivel mundial. Sin embargo hay un período de descanso para los brazos que tiene lugar cuando se estiran hacia delante y hacia fuera al agarre. Los nadadores mantienen las manos en movimiento desde el recobro hasta el movimiento hacia fuera para vencer su inercia hacia delante al cambiar de dirección y dirigirse hacia fuera.

2. La vista frontal de la trayectoria muestra que las manos se desplazan ligeramente hacia arriba durante el movimiento hacia fuera. Esta dirección hacia arriba engaña. No es tan grande como parece porque las trayectorias se dibujan trazando los movimientos del dedo corazón de la mano. Los dedos corazón de las manos se desplazarán naturalmente hacia arriba al girar la mano hacia fuera durante el movimiento hacia fuera, lo que da la impresión de que los brazos se hayan desplazado hacia arriba más de lo que realmente han hecho.

La mayoría de los bracistas desplazan las manos directamente hacia los lados. Pero aquellos nadadores que tienden a ondular el cuerpo desplazarán las manos un poco hacia arriba durante el movimiento hacia fuera. Lo hacen porque las manos se ven empujadas un poco hacia arriba cuando las caderas ondulan hacia arriba. Por consiguiente, las deslizan hacia arriba además de hacia fuera durante el movimiento hacia fuera para realizar el agarre cerca de la superficie.

3. Las vistas frontal y lateral de las trayectorias de la brazada muestran lo que para algunos puede ser un grado sorprendente de movimiento hacia abajo durante la primera mitad del movimiento hacia dentro. Los nadadores desplazan las manos hacia abajo aproximadamente 60 cm durante esta fase de la brazada. Este movimiento hacia abajo sirve para dos propósitos: lleva los brazos por debajo de los hombros, donde pueden realizar el recobro hacia delante con un mínimo de arrastre por empuje, y ayuda a elevar la cabeza y los hombros para que se pueda realizar el recobro de las piernas también con un mínimo de arrastre por empuje.

Variaciones de la brazada

Hoy en día parece haber dos estilos distintos de brazada utilizados por los nadadores de nivel mundial (Thayer *et al.*, 1986). Algunos desplazan las manos hacia fuera y hacia delante durante la primera parte de la brazada y luego hacia dentro y hacia atrás durante la última parte. Ésta es la trayectoria ilustrada en la figura 7.3. Normalmente trae como resultado un gran impulso de velocidad de avance durante la brazada.

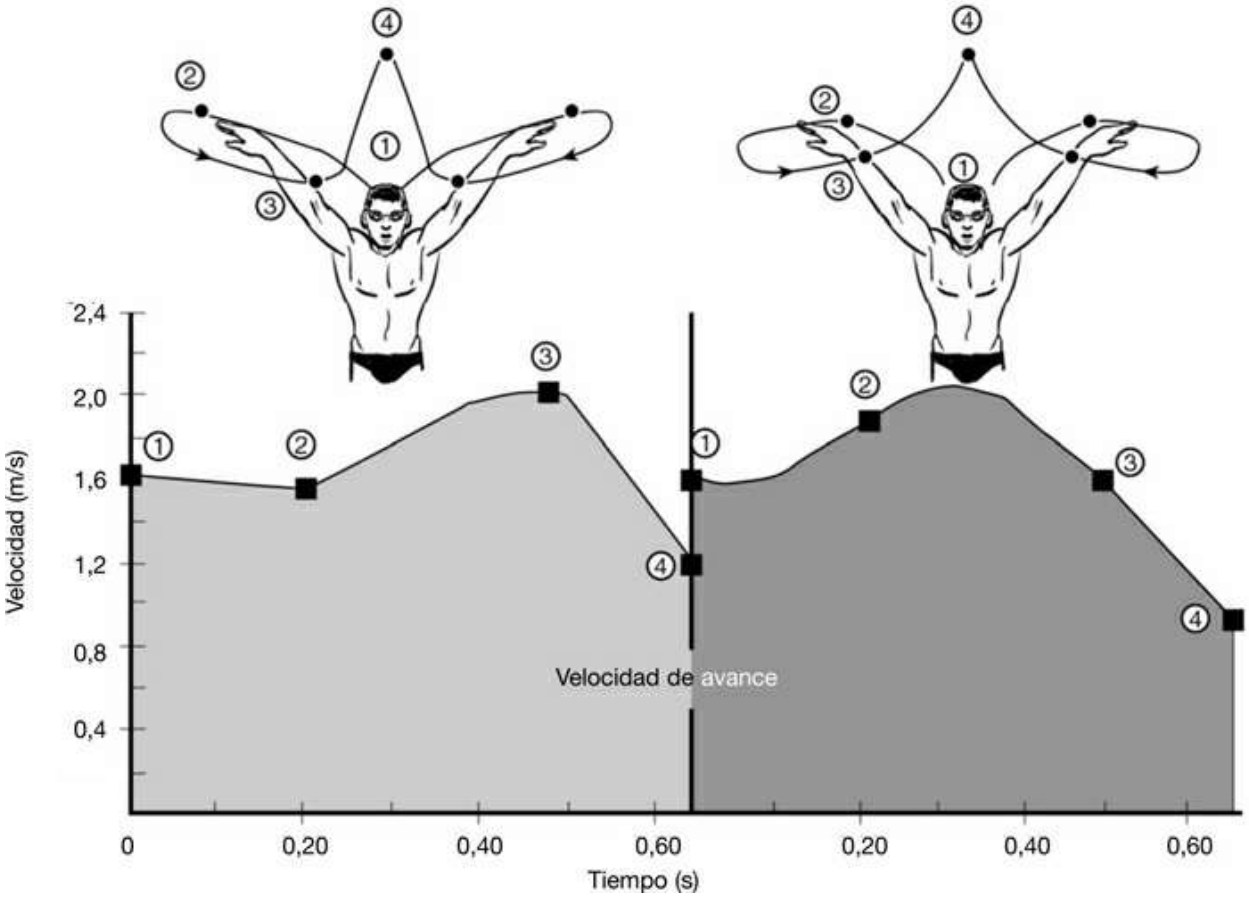


Figura 7.4. La propulsión durante dos tipos de brazadas de braza. El gráfico de la izquierda muestra la trayectoria al desplazar las manos hacia fuera durante el movimiento hacia fuera y hacia atrás durante el movimiento hacia dentro. El gráfico de la derecha ilustra otra trayectoria común de desplazar las manos hacia fuera y hacia atrás durante el movimiento hacia fuera y hacia dentro y hacia delante durante el movimiento hacia dentro.

El segundo estilo es casi completamente opuesto al que acabo de describir. Las manos se desplazan hacia fuera y hacia atrás durante el movimiento hacia fuera y luego hacia dentro y hacia delante durante el movimiento hacia dentro. Esta trayectoria ilustrada en el lado derecho de la figura 7.4 también tiene como resultado un gran impulso de velocidad de avance. Sin embargo, en este caso el impulso se produce bastante antes en la brazada, durante la última parte del movimiento hacia fuera y la primera parte del movimiento hacia dentro.

Los gráficos de velocidad ilustrados en la figura 7.4 muestran cómo los nadadores aceleran el cuerpo hacia delante con cada uno de estos estilos contrastados. El gráfico de la izquierda muestra lo que ocurre con la velocidad de avance cuando los brazos se desplazan hacia delante y hacia fuera durante el movimiento hacia fuera y hacia atrás y hacia dentro durante el movimiento hacia dentro. El cuerpo empieza a acelerar hacia delante al final del movimiento hacia fuera, y sigue acelerando hacia delante a lo largo del movimiento hacia dentro.

El gráfico de la derecha muestra el efecto sobre la velocidad de avance cuando los nadadores desplazan las manos hacia fuera y hacia atrás durante el movimiento hacia fuera y hacia dentro y hacia delante durante el movimiento hacia dentro. El cuerpo empezará a acelerar hacia delante antes en la brazada, pero esta aceleración también terminará antes. Como muestra el gráfico, la velocidad de avance aumenta más durante la última parte del movimiento hacia fuera y sólo la primera parte del movimiento hacia dentro, mientras que los brazos están empujando hacia atrás contra el agua. Sin embargo, la velocidad de avance disminuye durante la mayor parte del movimiento hacia dentro, después de que las manos empiecen a desplazarse hacia delante.

En cuanto a la propulsión, las diferencias entre los dos estilos son como sigue:

1. El movimiento hacia fuera no es propulsor para el nadador de la izquierda porque sus manos están desplazándose hacia delante además de hacia fuera. Sin embargo, todo el movimiento hacia dentro es propulsor porque el nadador mantiene sus manos desplazándose hacia dentro y hacia atrás hasta que estén dentro de la línea de sus hombros.

2. La segunda mitad del movimiento hacia fuera es propulsora para el nadador de la derecha porque empieza a desplazar sus manos hacia atrás durante esta fase de la brazada. Esta propulsión sigue durante una pequeña parte del movimiento hacia dentro, pero termina muy pronto porque las manos empiezan a desplazarse hacia delante.

Ambos métodos pueden ser muy eficaces, confirmado por el hecho de que han sido utilizados por varios nadadores de nivel mundial. No obstante, creo que la trayectoria ilustrada a la izquierda tiene el potencial de ser la más eficaz de las dos. Esto es porque los nadadores alcanzan la velocidad máxima de avance justo antes de terminar la brazada y de empezar el recobro de las piernas hacia delante. Dado que el recobro de las piernas es el movimiento retardador más poderoso de este estilo, es lógico que la velocidad de avance quizá no disminuya tanto durante esta fase del ciclo de brazada si los nadadores están avanzando más de prisa cuando éste ocurre. De la misma forma, la velocidad de avance caerá a un nivel mucho más bajo si los nadadores ya han empezado a desacelerar antes de empezar a realizar el recobro de las piernas hacia delante.

Dicho esto, debo mencionar que la mayoría de los nadadores prefieren el estilo ilustrado en la trayectoria de la derecha. Sospecho que estos nadadores desplazan las manos hacia dentro y hacia delante a causa del énfasis que los entrenadores han puesto en entrenarles a avanzar rápidamente las manos durante el recobro. Este énfasis ha hecho que muchos nadadores desplacen sus manos hacia delante casi inmediatamente cuando empiezan a desplazarlas hacia dentro. Creo que éste es un grave error técnico que hace que muchos nadadores pierdan velocidad y distancia por brazada. Sería más recomendable que los nadadores desplazasen las manos hacia dentro y hacia atrás durante el movimiento hacia dentro para poder mantener la propulsión durante esta fase de la brazada. Esta propulsión adicional debe compensar lo suficiente la propulsión que pierden durante el movimiento hacia fuera. Además, empujar las manos hacia delante contra el agua durante el movimiento hacia dentro sólo les hará desacelerar más aún de lo que harían normalmente. El cuerpo debe estar avanzando a una velocidad pico al final del movimiento hacia dentro de manera que no desaceleren tanto cuando realicen el recobro de las

piernas hacia delante.

Las trayectorias de la patada

Se dibujan las direcciones seguidas por los pies durante la patada de braza desde las vistas frontal, lateral e inferior en las trayectorias presentadas en la figura 7.5. Las fases de la patada son el recobro, el movimiento hacia fuera, el agarre, el movimiento hacia dentro, y la elevación y el deslizamiento.

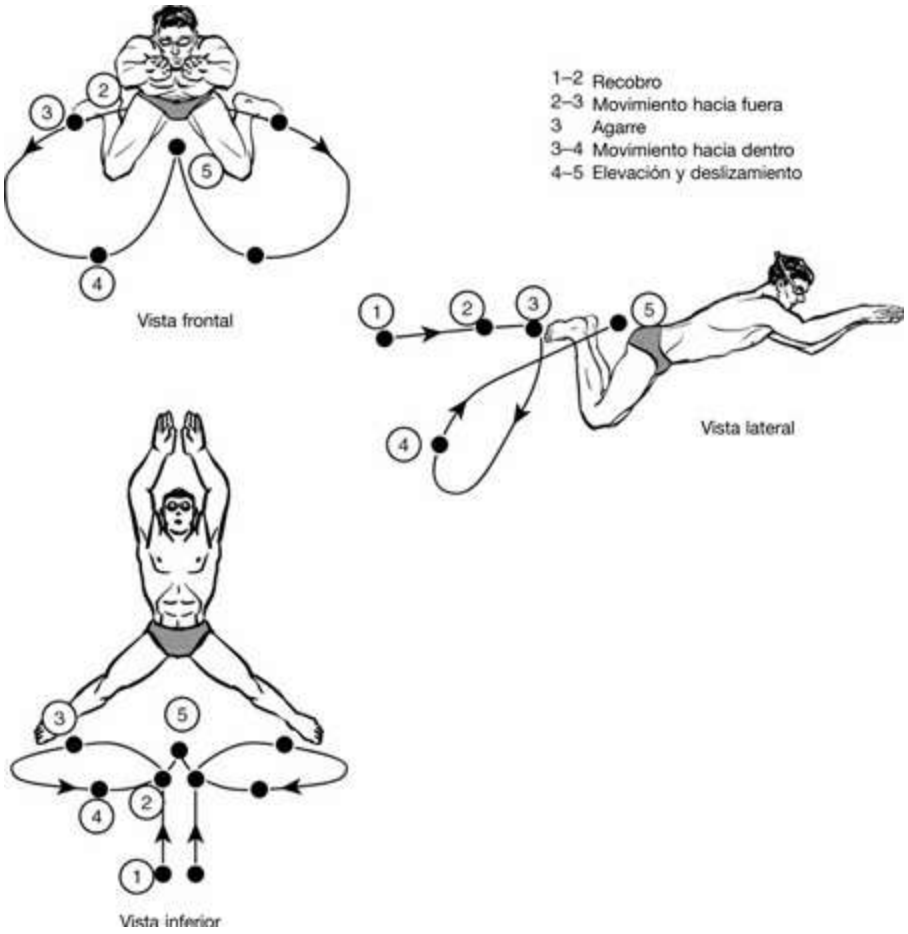


Figura 7.5. Vistas típicas lateral, frontal e inferior de las trayectorias de la patada de braza. Estas trayectorias se dibujaron con relación al agua.

El ciclo de la patada empieza cuando los pies y la parte inferior de las piernas realizan el recobro hacia delante. Al acercarse a las nalgas, los pies se desplazan hacia fuera además de hacia delante hasta que están fuera de la línea de los hombros y mirando hacia atrás. Aquí es donde tiene lugar el agarre y los nadadores empiezan a aplicar la fuerza propulsora. Esta trayectoria en la vista frontal muestra claramente que la fase propulsora de la patada de braza es un movimiento circular. Desde el agarre, los nadadores desplazan las piernas hacia fuera, otra vez hacia dentro y luego hacia abajo hasta que estén completamente extendidas las rodillas y casi juntas. Desde allí, las piernas suben para alinearse con el cuerpo y se sostienen en una posición hidrodinámica mientras se ejecuta la fase propulsora de la brazada.

Estas trayectorias de la patada ilustran tres puntos técnicos importantes. El primero se relaciona con la distancia del movimiento de las piernas hacia abajo durante el movimiento hacia dentro de la patada, que debe medir aproximadamente 50-60 cm. Sin embargo este componente direccional engaña. Aunque es cierto que las piernas se desplazan hacia abajo durante el movimiento hacia dentro, la distancia es sólo alrededor de la mitad de lo que parece en estas trayectorias.

Las piernas parecen desplazarse más de lo que hacen en realidad porque la trayectoria de la patada es dibujada trazando la trayectoria del dedo gordo. Con las rodillas flexionadas y los pies girados hacia fuera y la punta del pie levantada, los dedos del pie estarán casi en la superficie del agua cuando empieza el movimiento hacia dentro. Los pies luego rotarán hacia abajo al extender las piernas hacia atrás. Por lo tanto, dependiendo del tamaño de los pies del nadador, 15-30 cm de la distancia que parecen recorrer las piernas hacia abajo se deberán sencillamente al hecho de que los pies se rotan hacia abajo durante el movimiento hacia dentro.

La segunda característica técnica engañosa de estas trayectorias tiene que ver con la poca distancia que parecen recorrer las piernas hacia atrás durante el movimiento hacia dentro. Podríamos esperar que las piernas se desplazasen más hacia atrás durante el movimiento hacia dentro si empujar el agua hacia atrás fuera la fuente principal de la propulsión de avance. No puedo explicar con certeza por qué las piernas no se desplazan más hacia atrás. Sin embargo, puedo ofrecer una razón posible.

La razón más obvia puede ser que las fuerzas de sustentación y arrastre contribuyen en casi igual medida a la fuerza propulsora de la patada de braza. La figura 7.6 ilustra cómo la propulsión de la patada de braza puede ser el resultado de la producción casi igual de fuerzas de sustentación y de arrastre. El análisis vectorial de esta parte del movimiento hacia dentro, entre las dos líneas horizontales, muestra que podría producirse una cantidad considerable de fuerza propulsora aunque los pies están desplazándose hacia abajo más que hacia atrás durante esta fase. A pesar de que la fuerza de sustentación producida combina con el arrastre para formar una fuerza propulsora efectiva bastante importante, también constituye una fuerza importante en dirección ascendente sobre las caderas. Esto puede explicar por qué algunos bracistas parecen flexionar ligeramente la cadera durante esta fase de la patada de braza.

La última característica técnica de estas trayectorias de la patada que quiero comentar es la ligera diferencia que existe entre los movimientos de la pierna derecha y la pierna izquierda. Las trayectorias de la patada vistas desde debajo muestran que la pierna derecha de los nadadores tiene una trayectoria más larga y ancha que la izquierda. Una asimetría de este tipo es típica de la mayoría de los bracistas (Czabanski y Koszczyc, 1979). Al igual que los nadadores parecen tener un brazo que es más eficaz que el otro, las piernas también difieren en cuanto a su eficacia propulsora. La pierna izquierda es normalmente el miembro menos dotado (Czabanski, 1975).

Las tres explicaciones más lógicas de la asimetría de las piernas en braza son: (1) menos fuerza en una pierna comparada con la otra; (2) diferencias en el tamaño de ambas piernas, y (3) un mayor rango de movimientos en una pierna comparada con la otra. La investigación indica que esta última explicación es la más probable de las tres. Czabanski (1975) encontró que dos grupos de nadadores, con buenas y malas patadas de braza, no sacaron resultados diferentes en una prueba de fuerza en las piernas. En cambio, Nimz y colaboradores (1988) informaron sobre diferencias entre la pierna derecha y la izquierda en las mediciones de flexión y eversión (girar los pies hacia fuera) de la rodilla. Sin embargo este último grupo de investigadores no encontraron ninguna diferencia significativa entre las mediciones de longitud, anchura o circunferencia de la pierna. Estos datos sugieren que realizar ejercicios para aumentar el rango de movimientos en las articulaciones de la

rodilla y el tobillo podría mejorar la velocidad de la patada.

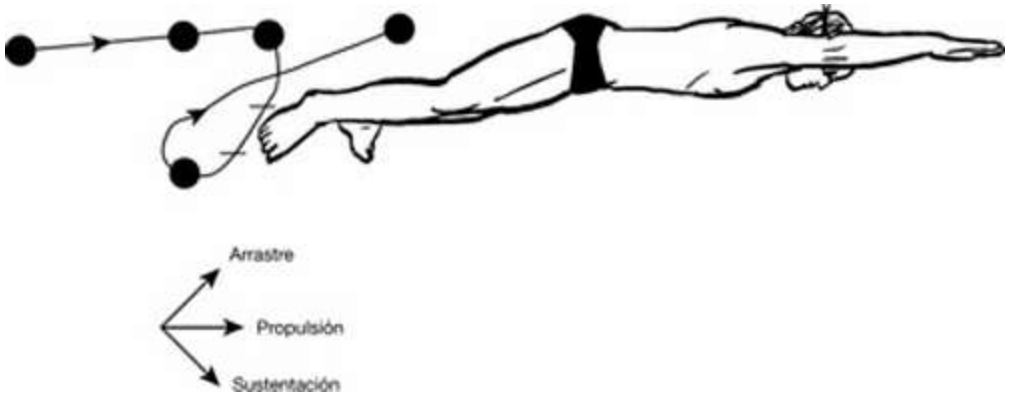


Figura 7.6. La ilustración muestra cómo se puede generar la propulsión con una combinación de fuerzas de sustentación y arrastre durante el movimiento hacia dentro de la patada.

Gráficos de la velocidad de la mano, del pie y de avance

Los gráficos presentados en la figura 7.7 muestran patrones típicos de la velocidad de la mano, del pie y de avance de un bracista competidor. Describiré cada uno empezando con la velocidad de avance.

Los gráficos de la velocidad de avance

Se muestra la velocidad de avance del centro de masas de un bracista durante un ciclo completo de brazada en el gráfico inferior de la figura 7.7. El sujeto nadaba a la velocidad correspondiente a la distancia de 200 m cuando se recogieron estos datos. El gráfico empieza en el momento en que t = 0 en el eje del tiempo. Éste es el momento en que sus brazos empiezan a desplazarse

hacia fuera cuando ha hecho el recobro hacia delante. El nadador avanza a aproximadamente 1,60 m/s en este momento. Su velocidad de avance procede de la parte final de la patada cuando sus piernas se juntan. Después de completar la fase propulsora de la patada, su velocidad disminuye un poco hasta 1,30 m/s mientras desplaza los brazos hacia fuera a la posición del agarre. Realiza el agarre a los 0,18 s.

Después del agarre, desplaza los brazos hacia fuera, hacia abajo y hacia dentro. Su velocidad de avance llega a un pico de aproximadamente 1,70 m/s justo antes de que relaje la presión sobre el agua al final del movimiento hacia dentro de los brazos. La fase propulsora del movimiento hacia dentro ocurre cuando han transcurrido 0,55 s de su ciclo de brazada. Después del movimiento hacia dentro, su velocidad de avance disminuye durante un corto período de tiempo cuando realiza el recobro de los brazos hacia la superficie y sus piernas empiezan el recobro hacia delante. Sin embargo, obsérvese que su velocidad de avance aumenta, otra vez, justo después del comienzo del recobro de los miembros y sigue aumentando hasta que hayan pasado 0,90 s de su ciclo de brazada. Este aumento se debe a la propulsión por la ola.

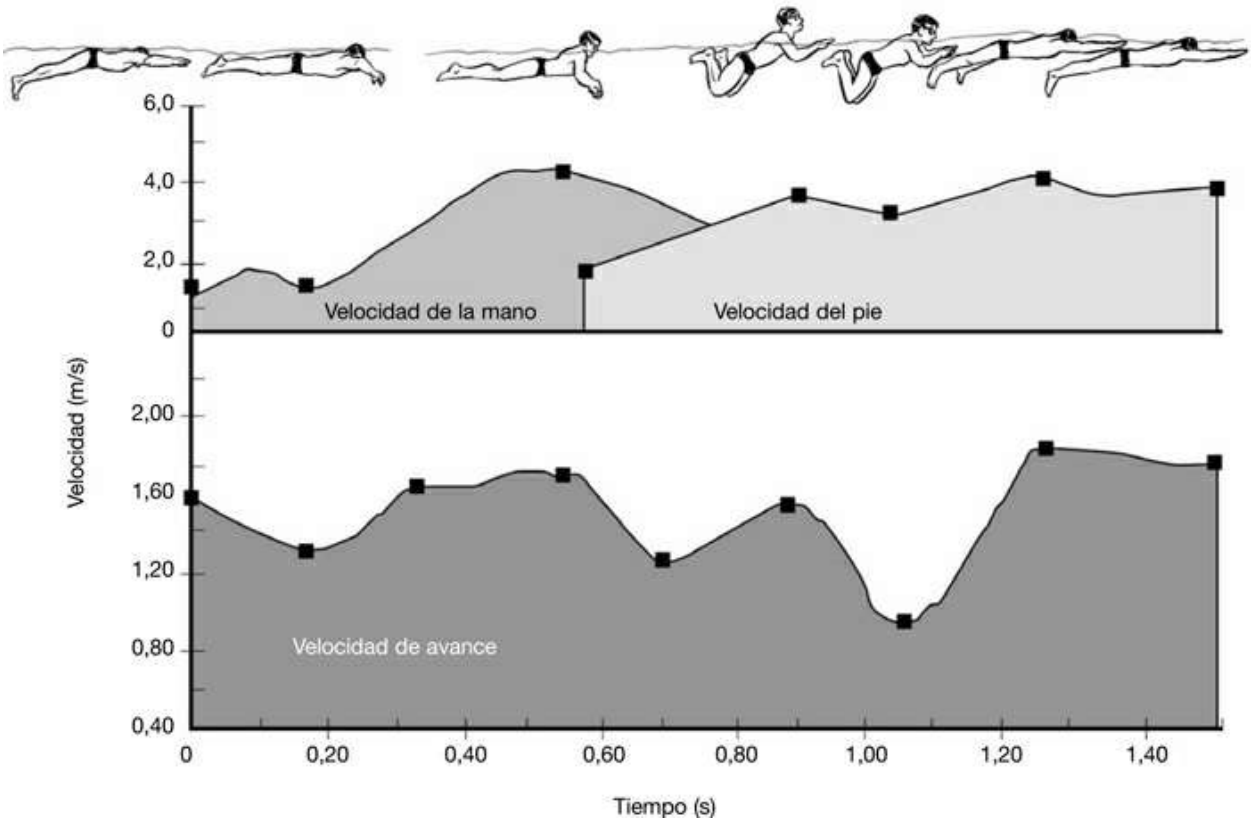


Figura 7.7. Patrones típicos de la velocidad de avance, de la mano y del pie del bracista Glenn D. Mills.

Desacelera repentinamente cuando el efecto de la ola se disipa y su velocidad de avance disminuye hasta 1,00 m/s mientras los brazos se desplazan hacia delante y sus piernas se flexionan más aún durante el recobro. Esta desaceleración tiene lugar cuando han pasado aproximadamente 1,10 s de su ciclo de brazada. La tasa de desaceleración es bastante rápida y pronunciada porque está empujando ambas piernas y ambos brazos hacia delante en el agua. La mayoría de los bracistas de nivel mundial desaceleran hasta velocidades de aproximadamente 1,00 m/s durante este período (Thayer *et al.*, 1986). Sin embargo, los bracistas con menos habilidad de hecho dejan de avanzar durante un instante cerca del final del recobro de las piernas (Craig, Boomer y Skehan, 1988).

El nadador de la figura 7.7 acelera muy rápidamente desde su valle de

desaceleración una vez que empieza la fase propulsora de su patada. Alcanza su velocidad pico de aproximadamente 1,80 m/s casi en medio del movimiento hacia dentro de las piernas y casi mantiene esta velocidad hasta que deja de empujar hacia atrás contra el agua con los pies al final de su fase propulsora. Deja de empujar hacia atrás después de aproximadamente 1,49 s del ciclo de brazada.

La mayoría de los bracistas de nivel mundial alcanzan velocidades pico similares con los brazos y las piernas. Sin embargo, aceleran su cuerpo hacia delante durante más tiempo con los brazos que con las piernas. No obstante, la patada es claramente el agente propulsor dominante en este estilo. La velocidad de avance del nadador aumenta en casi 0,90 m/s durante la patada. Aumenta sólo 0,40 m/s durante la brazada. Por lo tanto, los nadadores no aceleran el cuerpo hacia delante tanto con los brazos como con las piernas, aunque las velocidades pico son similares durante ambas fases del ciclo. Esto es porque la propulsión de la patada empieza cuando la velocidad de avance está en su punto más bajo del ciclo de brazada, mientras empiezan a acelerar el cuerpo hacia delante con los brazos cuando ya están avanzando más rápidamente.

Dos observaciones sobre el patrón de la velocidad de avance ilustrado en la figura 7.7 proporcionan información importante sobre la técnica de braza. La primera es sobre el valle de desaceleración durante el recobro de las piernas y los brazos. Una de las diferencias más importantes entre los bracistas de nivel mundial y los que no lo son puede atribuirse a esta fase del ciclo de brazada. Los bracistas de nivel mundial desaceleran menos y pasan menos tiempo en dicho valle. Los mejores nadadores no desaceleran mucho más de 1 m/s durante este período y no pasan más de 0,30 s en este valle. Bracistas de menor nivel a menudo desaceleran 1,50 m/s o más y pasan 0,40-0,60 s en el valle antes de completar el recobro de las piernas.

La segunda observación se relaciona con la tercera fase propulsora o la del medio del ciclo de brazada, la que resulta de la propulsión por la ola. Durante la brazada, los nadadores estarán empujando el cuerpo hacia delante contra una gran pared de agua y también estarán arrastrando algo de esta agua hacia delante con ellos en la estela. Cuando la velocidad de avance se reduce rápidamente al final de la brazada, esta agua rellenará el hueco de detrás y la

estela será impulsada hacia delante, simultáneamente acelerando el cuerpo hacia delante. La aceleración de la velocidad de avance debida a la propulsión por la ola es normalmente similar en su magnitud a la aceleración de avance de la brazada, aunque no se mantiene durante el mismo tiempo.

Sólo los bracistas del estilo ondulatorio adquieren la magnitud de la propulsión por la ola ilustrada en la figura 7.7. Los bracistas que utilizan el estilo plano no experimentarán la misma magnitud de propulsión por la ola durante el recobro de los brazos y de las piernas, como ya se ha descrito.

Evidentemente, la propulsión por la ola puede ser muy beneficiosa para los nadadores de braza. Por un lado, añadir una tercera gran fase propulsora aumentará significativamente la velocidad media por ciclo de brazada. Por otro, la propulsión por la ola, dado que tiene lugar mientras los nadadores están realizando el recobro de los brazos y de las piernas, reduce el tiempo que pasan desacelerando y la magnitud de la desaceleración durante el recobro. Finalmente, la propulsión por la ola es bastante económica. En cierto sentido es propulsión gratuita porque no requiere ningún esfuerzo muscular.

Otro patrón de velocidad que muestra el efecto de la propulsión por la ola se ilustra en la figura 7.8. La nadadora es Silke Horner, ex plusmarquista mundial de los 100 m braza. Obsérvese el momento en que tiene lugar la propulsión por la ola en el ciclo de brazada. Es justo después de que empiece a realizar el recobro de los brazos y de las piernas hacia delante. Ocurre cuando la parte superior de su cuerpo está en su punto más alto fuera del agua y antes de que los brazos empiecen a empujar hacia delante por el agua. La propulsión por la ola está marcada por la zona oscura sombreada en el gráfico de la velocidad. Se muestra la posición de su cuerpo durante esta fase en la elipse.

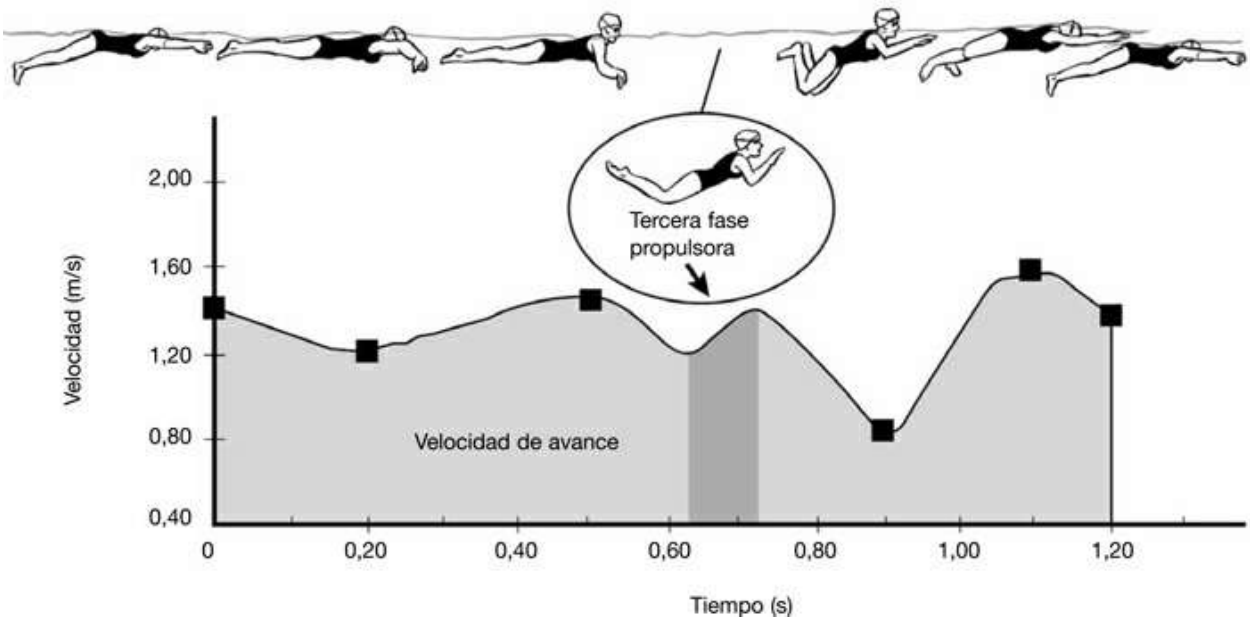


Figura 7.8. Un patrón de velocidad de una plusmarquista mundial de braza. La nadadora es Silke Horner, ex plusmarquista mundial de los 100 m.

Adaptada de Mason, Patton y Newton, 1989.

La sincronización de su propulsión por la ola muestra claramente que no es causada, como creen algunas personas, por los nadadores por impulsarse hacia delante al extender los brazos durante el recobro. Su aceleración hacia delante tuvo lugar antes de este momento y están ya desacelerando antes de que extiendan sus brazos hacia delante. Es posible que impulsarse hacia delante pueda reducir el grado de desaceleración de los nadadores cuando extienden los brazos hacia delante. Sin embargo, la aceleración de Horner en la velocidad de avance debida a la propulsión por la ola es causada por otros mecanismos, probablemente las olas de agua de su estela que fluyen hacia delante cuando empieza a desacelerar después de terminar la fase propulsora de su patada.

Gráficos de la velocidad

de las manos y de los pies

La velocidad de las manos está representada por el gráfico sombreado más oscuro en la parte superior de la figura 7.7 (véase la página 238). Las manos del nadador están desplazándose a aproximadamente la misma velocidad que su cuerpo cuando empiezan el movimiento hacia fuera en el punto cero del eje del tiempo. Aceleran ligeramente durante el movimiento hacia fuera y luego desaceleran hasta que, de nuevo, están desplazándose a la misma velocidad que su cuerpo cuando realizan el agarre, después de aproximadamente 0,20 s del ciclo de brazada. Por lo tanto, el nadador desplaza las manos lentamente a lo largo del movimiento hacia fuera y luego permite que casi se paren completamente en el agarre antes de iniciar el movimiento hacia dentro. Una vez realizado el agarre, la velocidad de las manos aumenta rápidamente durante toda la fase de brazada correspondiente al movimiento hacia dentro hasta que deja de empujar hacia atrás contra el agua después de aproximadamente 0,55 s del ciclo de brazada.

La velocidad máxima alcanzada por las manos del nadador durante el movimiento hacia dentro es más de dos veces la del agarre (1,30 frente a 4,00 m/s). Las velocidades de las manos empiezan a reducirse cuando se inicia el recobro de los brazos hacia delante y siguen haciéndolo hasta que se realiza el agarre del próximo ciclo de brazada. Como fue el caso de los demás estilos competitivos, los aumentos y las reducciones de la velocidad de las manos reflejan los cambios en su velocidad de avance durante la brazada.

Se ilustra la velocidad de los pies del nadador en el gráfico sombreado más claro en la parte superior de la figura 7.7. Sus piernas estaban deslizándose inmóviles durante la brazada, como indica el hecho de que estaban siendo arrastradas hacia delante a la misma velocidad que el avance de su cuerpo en ese momento.

Empieza el recobro de las piernas inmediatamente después de completar la fase propulsora de la brazada, después de aproximadamente 0,55 s de la brazada. Realiza el recobro de las piernas hacia delante bastante rápidamente. Alcanzan una velocidad de aproximadamente 3 m/s justo antes de empezar a desplazarse hacia fuera para realizar el agarre. Su velocidad disminuye

durante el movimiento hacia fuera hasta que realizan el agarre después de aproximadamente 1,08 s del ciclo de brazada. El nadador acelera las piernas rápidamente una vez empezada la fase propulsora de la patada. Siguen acelerando durante los componentes dirigidos hacia atrás y hacia abajo del movimiento hacia dentro, alcanzando una velocidad de aproximadamente 4 m/s cuando las piernas están completamente extendidas y justo antes de que empiecen a desplazarse hacia dentro para juntarse.

La velocidad de los pies disminuye ligeramente mientras cambian de dirección de hacia fuera a hacia dentro, después de lo cual aceleran de nuevo hasta que se haya casi completado el movimiento hacia dentro después de aproximadamente 1,48 s del ciclo de brazada. Una vez completada la fase propulsora de la patada, las piernas del nadador desacelerarán mientras suben hacia la superficie a adoptar la posición hidrodinámica del deslizamiento.

El aspecto más sorprendente del patrón de velocidad de los pies es la rapidez con que los mueve el nadador durante el recobro. Indudablemente lo hace para acortar el período de desaceleración mientras realiza el recobro de piernas y brazos. Realizar un rápido recobro de las piernas probablemente aumenta un poco su arrastre por empuje, y así reduce su velocidad de avance más aún de lo que sería normal. A pesar de esto, al parecer, los bracistas prefieren reducir la velocidad de avance rápidamente durante un corto período de tiempo realizando un rápido recobro de las piernas, antes que reducirla menos rápidamente durante un período más largo realizando un recobro lento de las piernas. La compensación debe ser buena en cuanto a la velocidad media del ciclo de brazada, si no, no realizarían un recobro tan rápido de las piernas.

Sin embargo, es importante remarcar que los bracistas deben tratar de reducir el arrastre por empuje de las piernas mientras realizan el recobro. En este sentido, deben deslizar las piernas hacia delante en la posición más hidrodinámica posible, aunque las desplacen rápidamente.

Otro aspecto importante del patrón de velocidad de los pies implica la sincronización del recobro. Obsérvese que el nadador no empieza a realizar el recobro de las piernas hacia delante hasta que se haya completado la fase propulsora de su brazada. Esto no significa que espere hasta que los brazos

estén estirándose hacia delante por la superficie del agua antes de realizarlo. La fase propulsora de la brazada termina cuando las manos se juntan dentro de la línea de los hombros. Éste es el momento en que debe empezar el recobro de las piernas hacia delante, de manera que la demora entre el final de la propulsión de los brazos y el comienzo de la propulsión de las piernas sea la más corta posible.

Mientras algunos nadadores esperan demasiado tiempo después de la propulsión de los brazos antes de empezar a realizar el recobro de las piernas hacia delante, existen otros que no esperan bastante. Muchos nadadores creen erróneamente que pueden reducir el período de desaceleración entre las fases propulsoras de la brazada y la patada si empiezan a realizar el recobro de las piernas mientras los brazos están todavía acelerándose hacia delante. No se dan cuenta de que los movimientos del recobro de las piernas causarán un arrastre por empuje que reducirá la velocidad de avance que pueden alcanzar con la brazada. El resultado puede ser que una menor velocidad de avance durante la brazada reduzca la velocidad media para todo el ciclo de brazada más de lo que se hubiera reducido con una pequeña demora entre el final de la fase propulsora de la brazada y la fase propulsora de la patada. Al parecer, es por esto por lo que todos los bracistas de nivel mundial que hemos estudiado prefieren esperar hasta haber completado la fase propulsora de su brazada antes de realizar el recobro de las piernas (Thayer *et al.,* 1986).

La brazada

Para facilitar la descripción se ha dividido la brazada en cuatro fases: (1) el movimiento hacia fuera, (2) el agarre, (3) el movimiento hacia dentro y (4) el recobro. La secuencia de fotografías presentadas en la figura 7.9 muestra la brazada desde la vista lateral mientras que se presenta una vista frontal en la figura 7.10.

El movimiento hacia fuera

Se ilustra el movimiento hacia fuera en las figuras 7.9 y 7.10 a-c. La nadadora empieza el movimiento hacia fuera deslizando los brazos hacia fuera y hacia delante cuando se acercan a la extensión completa al final del recobro. Las manos deben trazar una trayectoria semicircular, desplazándose hacia fuera, hacia delante y ligeramente hacia arriba hasta que salgan de la línea de los hombros, donde realizan el agarre. Al desplazarlas hacia fuera, los nadadores deben flexionar los codos para colocarlas mirando hacia atrás tan pronto como sea posible durante el movimiento hacia fuera. El movimiento hacia fuera no es una fase propulsora de la brazada. Su principal propósito es colocar los brazos en la posición en que puedan acelerar el cuerpo hacia delante durante el siguiente movimiento hacia dentro.

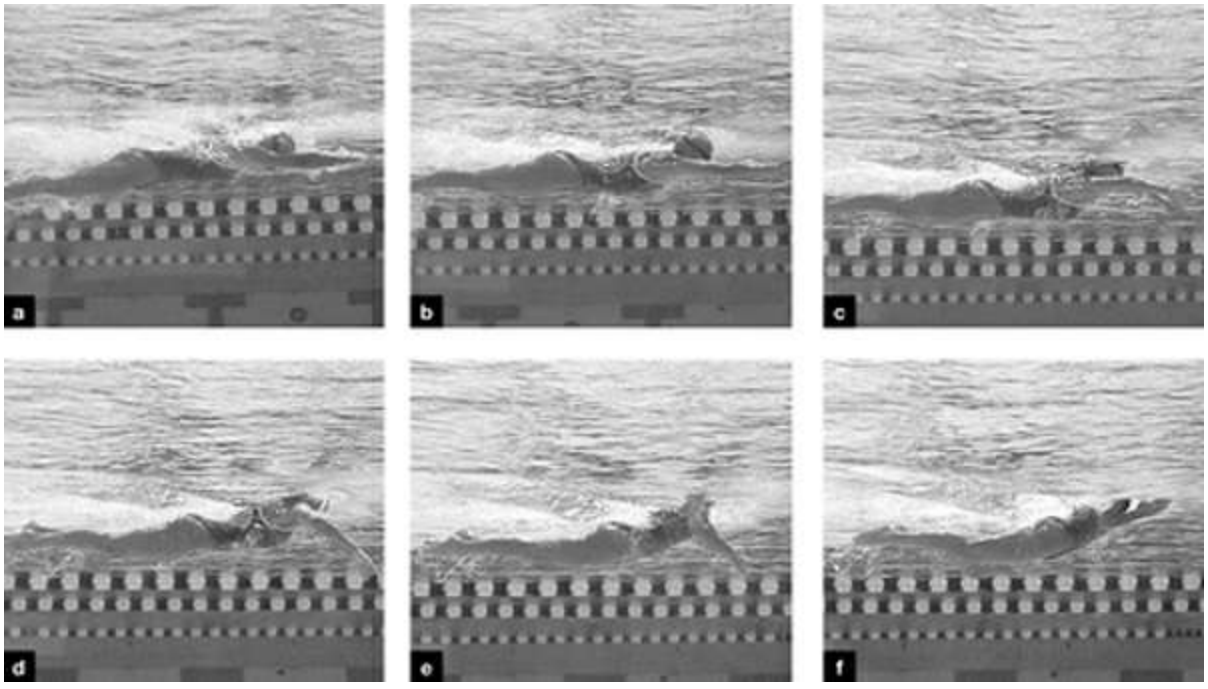


Figura 7.9. Una vista lateral del estilo de braza. La nadadora es Anita Nall, ex plusmarquista de los 200 m braza.

(a) Comienzo del ciclo de la brazada. Terminación del movimiento hacia dentro de la patada. Comienzo del movimiento hacia fuera de los brazos.

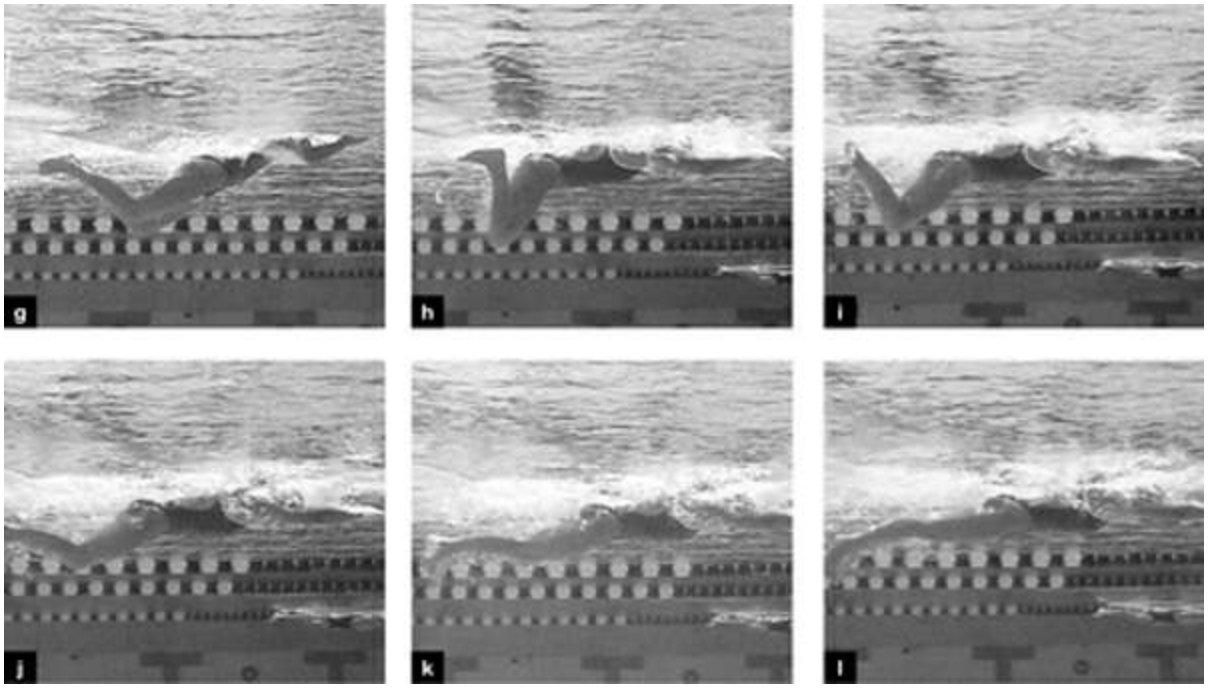
(b) Elevación de las piernas a una posición hidrodinámica. Continuación del movimiento hacia fuera de los brazos. Comienzo de la elevación de la cabeza hacia la superficie.

(c) Agarre de los brazos. Comienzo del movimiento hacia dentro.

(d) Punto medio del movimiento hacia dentro de la brazada.

(e) Comienzo del recobro con brazos y piernas. Inspiración.

(f) Llegada a la superficie de los brazos. Tiene lugar la fase de la propulsión por la ola.



(g) Las palmas se aplanan y empiezan a extenderse hacia delante por la superficie. La cabeza cae hacia la superficie, y empieza la fase de la flexión de la cadera en el recobro de las piernas. La fase de la propulsión por la ola ha terminado.

(h) Los brazos se extienden hacia delante. Continuación del recobro de las piernas, cuando empiezan a desplazarse hacia fuera para el agarre.

(i) Movimiento hacia fuera de las piernas, con Anita empujando el agua hacia atrás y hacia fuera. Sus brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(j) Terminación del movimiento hacia fuera de la patada y comienzo del movimiento hacia

dentro. Los brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(k) Continuación del movimiento hacia dentro de las piernas. Los brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(l) Final de la fase propulsora de la patada. Empieza la elevación de las piernas. Continuación del movimiento hacia fuera de los brazos.

Los nadadores no deben deslizar después de extender los brazos hacia delante. Esto sólo les hará desacelerar durante más tiempo entre el final de la fase propulsora de la patada y el comienzo de la fase propulsora de la brazada. La propulsión de los brazos no empieza inmediatamente cuando los nadadores comienzan a desplazarlos hacia el lado. De hecho, la velocidad de avance sigue disminuyendo durante el movimiento hacia fuera hasta que los brazos y las manos estén en la posición, por fuera de la línea de los hombros, en la que puedan empezar a empujar hacia atrás contra el agua. Por lo tanto, cuando los nadadores extienden sus brazos hacia delante y hacia fuera sin deslizar, reducirán la duración del período de desaceleración después de que las piernas hayan dejado de acelerar el cuerpo hacia delante.

Cuando empieza el movimiento hacia fuera, las manos deben estar mirando hacia abajo y permanecer qasí hasta que se desplacen por fuera de la línea de los hombros. Se desplazan de canto, con el meñique en primer lugar, para presentar una menor superficie al agua. Una vez que las manos hayan salido de la línea de los hombros, los nadadores deben empezar a flexionar los codos y rotar las palmas hacia fuera para orientarlas hacia fuera y hacia atrás cuando lleguen a la posición del agarre. Aunque los nadadores pueden flexionar las muñecas durante la primera parte del movimiento hacia fuera, las manos y los antebrazos deben estar alineados cuando se realiza el agarre. Durante la transición entre el recobro y el movimiento hacia fuera, las manos estarán desplazándose un poco más rápidamente que el cuerpo, pero luego deben desacelerar gradualmente durante este movimiento hasta que estén casi inmóviles cuando se realiza el agarre.

El agarre

Se muestra el agarre en las figuras 7.9c y 7.10c. Tiene lugar cuando las manos y los brazos están por fuera de la línea de los hombros y orientados hacia atrás. En este momento los codos deben estar flexionados en unos 90º.

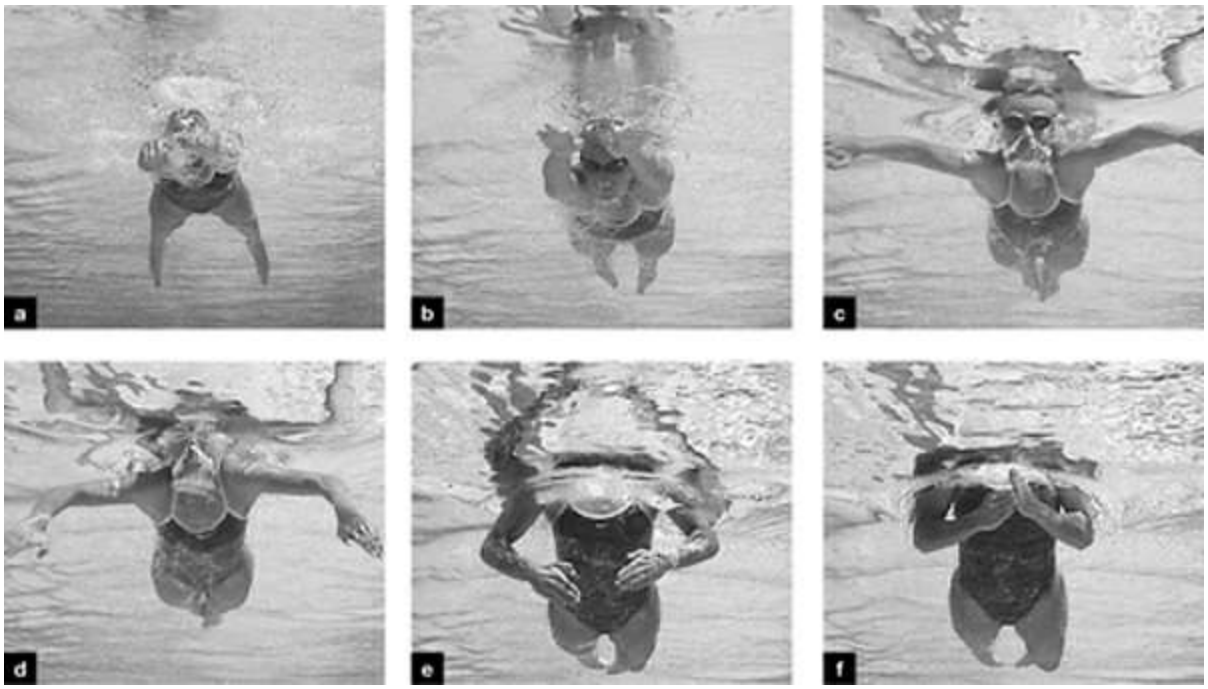


Figura 7.10. Una vista frontal del estilo de braza. La nadadora es Anita Nall.

(a) Comienzo del ciclo de la brazada. Final del movimiento hacia dentro de la patada. Comienzo del movimiento hacia fuera de los brazos.

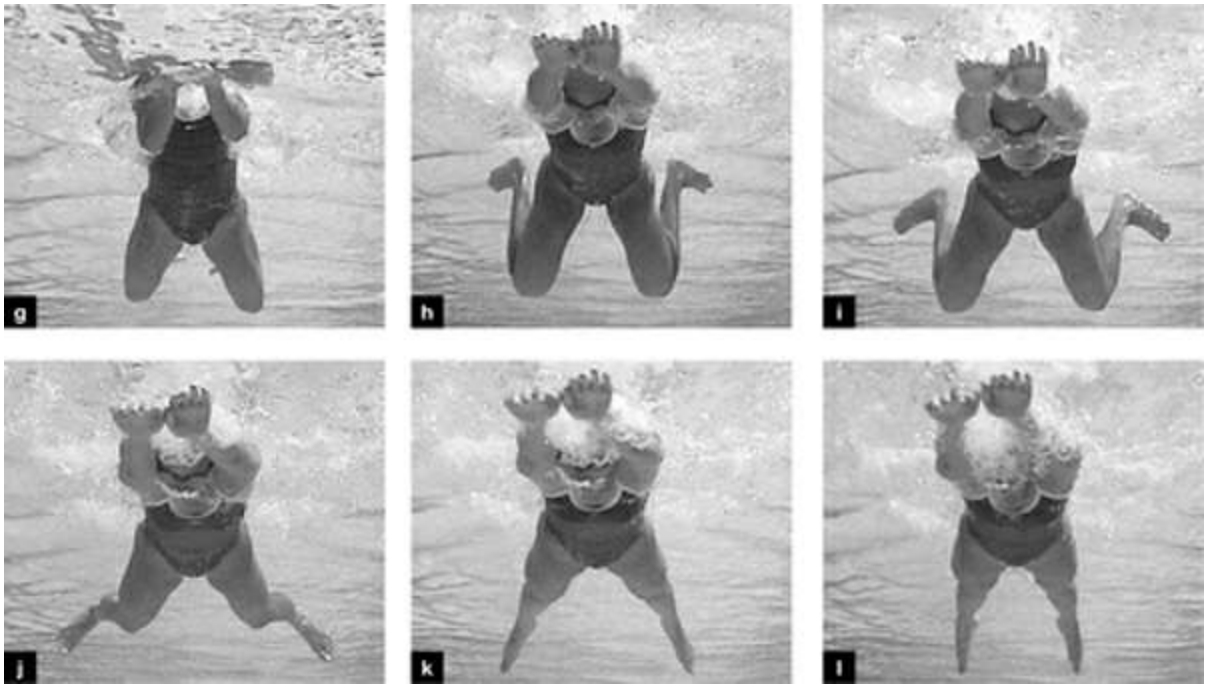
(b) Elevación de las piernas a una posición hidrodinámica. Continuación del movimiento hacia fuera de los brazos. Comienzo de la elevación de la cabeza hacia la superficie.

(c) Agarre de los brazos. Comienzo del movimiento hacia dentro.

(d) Punto medio del movimiento hacia dentro de la brazada.

(e) Comienzo del recobro de brazos y piernas. Inspiración.

(f) Llegada de los brazos a la superficie. Tiene lugar la fase de propulsión por la ola.



(g) Las palmas se aplanan y empiezan a extenderse hacia delante por la superficie. La cabeza cae hacia la superficie. Empieza la fase de la flexión de la cadera del recobro de las piernas. La fase de la propulsión por la ola ha terminado.

(h) Los brazos se extienden hacia delante. Continuación del recobro de las piernas.

(i) Continuación del movimiento hacia fuera de las piernas, con Anita empujando el agua hacia atrás y hacia fuera. Sus brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(j) Final del movimiento hacia fuera de la patada. Los brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(k) Ya está en marcha el movimiento hacia dentro de las piernas. Los brazos permanecen extendidos con la cabeza hacia abajo en una posición hidrodinámica.

(l) Movimiento hacia dentro de las piernas. Los brazos comienzan el movimiento hacia fuera.

El movimiento hacia dentro

El movimiento hacia dentro se muestra en las figuras 7.9 y 7.10 c-d. El movimiento hacia dentro, la única fase propulsora de la brazada, empieza

cuando se realiza el agarre con los brazos por fuera de la línea de los hombros. Entonces los nadadores deben ejecutar un gran movimiento semicircular en el que desplazan los brazos y las manos hacia atrás, hacia abajo, hacia dentro y hacia arriba hasta que los brazos estén detrás de los hombros y las manos pasen por debajo de éstos.

Esta afirmación va en contra de los principios tradicionales de la brazada de braza. Durante décadas, se les ha avisado a los nadadores para impedir que las manos y los brazos se desplazasen detrás de los hombros durante el movimiento hacia dentro. Se cree que los brazos se quedarán enganchados por debajo del cuerpo, causando una interrupción en la transición entre la fase propulsora de la brazada y el recobro de los brazos cuando los nadadores hayan desacelerado de forma considerable. Muchos creen que remar con las manos directamente hacia dentro durante el movimiento hacia dentro proporcionará cuanta propulsión sea posible durante esta fase de la brazada sin causar una interrupción durante la transición entre el tirón y el recobro. Sin embargo, no estoy de acuerdo. Creo que los nadadores deben desplazar los brazos diagonalmente hacia atrás por debajo del cuerpo durante el movimiento hacia dentro y que deben simultáneamente empujar hacia atrás contra el agua con las manos y los brazos. La figura 7.11 ilustra la forma en que creo que los nadadores aplican la fuerza propulsora durante el movimiento hacia dentro en el estilo braza.

Como ya se ha indicado, el agarre tiene lugar cuando la parte ventral de los brazos y las palmas se han desplazado bastante hacia fuera para lograr orientarse hacia atrás en relación con el agua. Cuando se realiza el agarre, los brazos estarán por fuera de la línea de los hombros, cerca de la superficie, y los codos estarán flexionados. Desde este momento, los nadadores deben empujar hacia atrás contra el agua con la parte ventral de los brazos y las palmas hasta que aquellos estén por detrás de los hombros y desplazándose hacia dentro en dirección a las costillas. En este momento, las manos estarán por debajo del cuerpo y dentro de la línea de los hombros.

Las palmas de las manos, que miraban hacia fuera y hacia atrás en el agarre, estarán mirando hacia dentro y hacia arriba al final del movimiento hacia dentro. Sin embargo, los nadadores no deben rotar la muñeca hacia dentro para lograr esta orientación. Las palmas deben permanecer alineadas

con el resto del brazo de manera que estén mirando hacia fuera al principio del movimiento hacia dentro cuando los brazos se desplazan hacia fuera, como se ve en las figuras 7.9d y 7.10d. Estarán mirando hacia dentro al final del movimiento hacia dentro cuando los brazos se desplazan hacia dentro, hacia los costados. Los nadadores deben acelerar la velocidad de los brazos desde el agarre y durante todo el movimiento hacia dentro.

Figura 7.11. El movimiento hacia dentro en el estilo braza.

Este movimiento es más difícil de describir que de realizar. Para simplificarlo, los nadadores deben realizar el agarre con los brazos en la posición descrita anteriormente. Desde allí deben empujar los brazos hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro en dirección a las costillas, hasta que las manos casi se junten y estén dentro de la línea de los hombros.

El recobro

Se muestra el recobro de los brazos en las figuras 7.9 y 7.10 e-h. El recobro de los brazos debe empezar cuando las manos han pasado hacia dentro por debajo de los hombros. En este momento, los nadadores deben dejar de empujar hacia atrás contra el agua y apretar los brazos hacia abajo y hacia

dentro por debajo de los hombros. Este apretón de los codos vencerá la inercia hacia atrás de las manos y empezará a desplazarlas hacia arriba y hacia delante para el recobro.

Las manos deben seguir moviéndose hacia arriba y hacia delante hasta que estén juntas en la superficie del agua justo delante de la cara. Deben llegar juntas a la superficie, con las palmas mirando un poco hacia arriba, como muestran las figuras 7.9f y 7.10f. Los nadadores deben entonces girar las palmas hacia abajo y traer los antebrazos a la superficie antes de deslizarlos hacia delante, como muestran las figuras 7.9g y 7.10g. Luego deben deslizar los brazos hacia delante por la superficie hasta que estén extendidos casi completamente por delante. Avanzar los brazos por la superficie reducirá el arrastre por empuje en comparación con empujarlos hacia delante por el agua.

Los nadadores no deben parar los brazos en una posición extendida al final del recobro, sino que deben empezar a deslizarlos hacia los lados al alcanzar una posición casi extendida por encima de la cabeza. Esto ayudará a vencer la inercia hacia delante de los brazos y empezará a desplazarlos hacia los lados al movimiento hacia fuera del próximo ciclo de brazada con un mínimo de esfuerzo.

Los brazos tienen el potencial de crear una cantidad considerable de arrastre por empuje al realizar el recobro hacia delante. Por lo tanto, los nadadores deben deslizarlos hacia delante rápida pero suavemente, en una posición muy hidrodinámica.

Aspectos polémicos del recobro

Las técnicas utilizadas por los nadadores para el recobro de los brazos hacia delante son quizá más polémicas que cualquier otra fase del estilo de braza. Algunos expertos aconsejan a los nadadores que realicen el recobro de los brazos por encima del agua. Otros recomiendan que no giren las palmas hacia arriba. Y otros sugieren que los nadadores deben impulsarse hacia delante al realizar el recobro de los brazos.

Lo que acabo de escribir con respecto a la reducción del arrastre por empuje puede llevar a algunos lectores a pensar que los bracistas deben realizar el recobro de los brazos por encima del agua. No recomiendo esta técnica a pesar de que haya sido utilizada por algunos bracistas excelentes. La bracista ilustrada en la figura 7.12 está realizando el recobro de las manos por encima del agua.

No se recomienda este método porque los bracistas realmente no pueden eliminar ni siquiera reducir el arrastre por empuje realizando el recobro por encima del agua. Las reglas requieren que los codos permanezcan por debajo del agua durante cada brazada y que los antebrazos empujen hacia delante por el agua, aunque las manos estén fuera de ella. A causa de su forma poco hidrodinámica, cualquier tentativa de realizar el recobro de los brazos por encima del agua creará más arrastre por empuje que deslizarlos por la superficie en una posición más hidrodinámica.

Los entrenadores a menudo debaten si los nadadores deben rotar las palmas hacia arriba durante el recobro. Aunque la rotación de las palmas hacia arriba no es, de por sí, propulsora, es una acción natural de seguimiento que indica una correcta ejecución del movimiento hacia dentro.

Si se ejecuta el movimiento hacia dentro de forma correcta, al acercarse a su fin, las palmas estarán rotando hacia dentro y hacia arriba muy rápidamente. Por consiguiente, la inercia de las manos hará que las palmas sigan rotando hacia arriba durante la primera parte del recobro en un movimiento natural de seguimiento que continuará hasta que estén, de hecho, mirando hacia arriba cuando las manos llegan a la superficie. Esto es lo que debe ocurrir si los nadadores están maximizando la fuerza propulsora durante la parte final del movimiento hacia dentro. La única manera de cambiar los nadadores la dirección de rotación de las palmas de hacia arriba a hacia abajo después de empezar el recobro sería reducir la velocidad de los brazos durante la parte final del movimiento hacia dentro. Por supuesto esto reduciría la fuerza propulsora producida en este momento. Las palmas girarán hacia arriba, y con razón, durante el recobro. Pero, de nuevo, deben rotar hacia abajo en la superficie antes de que los nadadores empiecen a deslizarlas hacia delante.

Se está enseñando a muchos nadadores a acelerar las manos hacia delante durante el recobro en un estilo que se ha descrito como *impulsarse hacia delante*. Aunque no he visto el efecto sobre la velocidad de avance en los nadadores que utilizan esta técnica, los datos recogidos con los bracistas del equipo olímpico estadounidense de 1984 muestran que no aceleran sus brazos durante esta fase. Sospecho que los nadadores parecen impulsarse hacia delante porque empiezan la fase propulsora de la patada al estirar los brazos. Realmente no aceleran los brazos hacia delante porque esto aumentaría el arrastre por empuje durante el recobro.

Figura 7.12. Una nadadora que realiza el recobro de los brazos por encima del agua. Obsérvese la turbulencia alrededor de sus antebrazos, que están siendo empujados hacia delante contra el agua.

El tirón alternativo de los brazos

El cambio de dirección de los miembros de hacia fuera a hacia dentro durante el movimiento hacia dentro es muy difícil para muchos bracistas sin que dejen caer los codos y empujen hacia abajo sobre el agua. Los bracistas que ejecutan el movimiento hacia dentro como un movimiento de aducción del hombro deberían tener menos problemas que la mayoría. Sin embargo, los nadadores a los que se ha enseñado la brazada del estilo braza como un

movimiento hacia fuera y un movimiento hacia dentro tienden a iniciar el cambio de dirección de hacia fuera a hacia dentro girando las palmas hacia abajo y empujando hacia abajo contra el agua. Por supuesto esto reducirá su velocidad de avance. Los nadadores que cometen este error todavía pueden tener éxito si ejecutan un empuje corto hacia atrás con los brazos antes de empezar el movimiento hacia dentro.

Este método crea dos picos más pequeños de propulsión en la aceleración de avance en lugar de un pico grande conseguido con el método descrito anteriormente. Se ilustra esta brazada de dos picos en el gráfico de la figura 7.13. Las tres ilustraciones en la parte superior del gráfico muestran a un nadador que está empujando el agua hacia atrás al principio del movimiento hacia dentro; empujando hacia abajo en medio, y empujando hacia atrás, de nuevo, durante la parte final del movimiento.

Los nadadores aceleran el cuerpo hacia delante por primera vez empujando hacia atrás y hacia fuera contra el agua al final del movimiento hacia fuera. Esto es seguido por una reducción de la velocidad de avance cuando empujan hacia abajo para cambiar la dirección de los brazos de hacia fuera a hacia dentro, después de lo cual aceleran hacia delante por segunda vez durante la parte final del movimiento hacia dentro. La serie de fotografías ilustradas en la figura 7.14 muestra una vista lateral de una nadadora que está utilizando una brazada de dos picos. Una vez que los brazos se encuentran fuera de la línea de los hombros y mirando hacia atrás, logra el primer pico de propulsión al empujarlos hacia atrás una corta distancia. Luego desliza las manos hacia abajo, por debajo de los brazos, hasta que los codos están por encima de ellos en la posición clásica del codo alto. Después, aduce los brazos hacia los costados para lograr el segundo pico de propulsión.

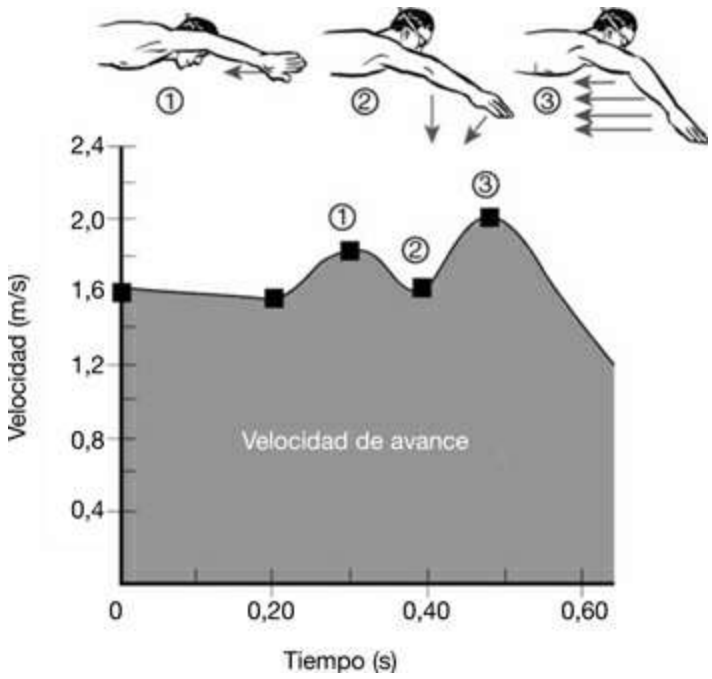


Figura 7.13. Un patrón de velocidad de avance de dos picos de la brazada del estilo de braza.

Figura 7.14. Una nadadora realizando la brazada de dos picos. Obsérvese cómo ejecuta el primer pico de propulsión empujando hacia fuera y hacia atrás con los brazos en la foto (a). Luego desliza los brazos a la posición del agarre con el codo alto en las fotos (b) y (c), para luego aducirlos hacia atrás creando un segundo pico de propulsión.

Creo que el tirón del brazo de tipo aducción del hombro que produce un pico de propulsión descrito anteriormente es muy superior a este estilo de dos

picos porque los nadadores que utilizan el primer método no desacelerarán durante la parte media de un corto movimiento hacia dentro. Sin embargo, dicho esto, también debo comentar que muchos bracistas de nivel mundial han utilizado el estilo de dos picos con bastante éxito.

La patada de braza

Antes de 1960 la patada de braza se enseñaba como una acción en *cuña*. Los nadadores extendían sus piernas hacia atrás y hacia los lados en la forma de una V invertida y luego trataban de impulsar una cuña de agua hacia atrás al juntarlas otra vez. Counsilman (1968) demostró la falacia de la patada de cuña cuando mostró que el agua colorada colocada entre las piernas de los nadadores no fue impulsada hacia atrás cuando las juntaban, sino que simplemente fue desviada hacia los lados. El entrenador Counsilman y el bracista Chet Jastremski entonces revolucionaron la patada de braza introduciendo una acción estrecha de las piernas de tipo latigazo que es usada por la mayoría de los bracistas hoy en día. Se ha conocido con el nombre de la *patada de latigazo*.

El estilo de la patada de latigazo utilizado por la mayoría de los actuales bracistas de nivel mundial es realmente un movimiento diagonal y semicircular de las piernas en el que los pies se desplazan hacia fuera, hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro hasta que se juntan. Las plantas de los pies son las superficies propulsoras principales, y los nadadores las utilizan como palas para empujar el agua hacia atrás. Se puede ver la mecánica de la patada de braza desde la vista lateral en la figura 7.9 y desde la vista frontal en la figura 7.10 (véanse las páginas 242-245). Para facilitar la descripción se ha dividido la patada en cinco fases: (1) el recobro, (2) el agarre, (3) el movimiento hacia fuera, (4) el movimiento hacia dentro y (5) la elevación de las piernas y el deslizamiento.

El recobro

Existen dos fases del recobro: una flexión de las rodillas y una flexión de las caderas. Después de completar la fase propulsora de la brazada, el nadador debe flexionar las rodillas para elevar la parte inferior de las piernas y desplazarla hacia delante, mientras se deja impulsar por la ola de propulsión causada por la repentina desaceleración del cuerpo al realizar el recobro de los brazos y las piernas hacia delante. Esta fase del recobro de las piernas, ilustrada desde la vista lateral en las figuras 7.9 e-f (véase la página 242) continúa hasta que los brazos se extiendan hacia delante y la cabeza baje hasta la superficie. En este momento, los nadadores flexionan las caderas para completar el recobro. Siguen elevando los pies hasta que estén cerca de las nalgas y luego los rotan para fuera y desplazan las piernas por fuera de la línea de los hombros a la posición del agarre. La fase de la patada correspondiente a la flexión de las caderas se ilustra en las figuras 7.9 g-h (véase la página 243).

Quiero aclarar que el recobro de las piernas empieza cuando los nadadores relajan la presión sobre el agua durante el movimiento hacia dentro de la brazada, no cuando los brazos llegan a la superficie. Los nadadores deben empezar el recobro de las piernas inmediatamente cuando pierden la propulsión de los brazos para reducir el período de desaceleración entre el final de la fase propulsora de la brazada y el comienzo de la propulsión de la patada. Los pies deben desplazarse casi directamente hacia delante, manteniéndose dentro de la línea de las caderas, hasta que estén cerca de la superficie. Los dedos de los pies deben apuntar hacia atrás (con los pies extendidos) y estar juntos, y la parte inferior de las piernas debe permanecer dentro de la línea de los hombros a lo largo de todo el recobro para ayudar a reducir el arrastre resistivo.

Los nadadores deben separar un poco las rodillas cuando realizan el recobro de las piernas hacia delante. Esto les permitirá mantener la parte inferior de las piernas y los pies dentro del contorno del cuerpo mientras que ésta avanza. Sin embargo, no deben separar las rodillas más de la anchura de

los hombros o aumentarán el arrastre resistivo.

Los nadadores deben bajar las caderas e inclinar el cuerpo hacia abajo desde la cabeza a las caderas durante la fase del recobro correspondiente a la flexión de las rodillas para que puedan mantener las piernas debajo del agua durante el recobro sin flexionar las caderas. Experimentarán un aumento de la velocidad de avance gracias a la propulsión por la ola durante la primera parte del recobro si elevan las piernas sin flexionar las caderas. Pero, de hecho, desacelerarán si flexionan las caderas desde el principio del momento en que empiezan a elevar las piernas detrás de ellos. La flexión de las caderas causará una reducción repentina y significativa de la velocidad de avance porque estarán empujando los muslos hacia abajo y hacia delante por el agua.

El cuerpo debe estar inclinado hacia abajo en un ángulo de aproximadamente 45º con la superficie durante las primeras etapas del recobro de las piernas. Este grado de inclinación se logra permitiendo que el componente de la brazada que se dirige hacia abajo durante el movimiento hacia dentro eleve la cabeza, los hombros y una parte del tronco por encima de la superficie, mientras que al mismo tiempo permite que las caderas bajen por debajo de la misma.

Las piernas deben desplazarse bastante rápidamente durante el recobro para reducir el período de desaceleración entre el final de la fase propulsora de la brazada y el comienzo de la propulsión de la patada. Sea cual sea la velocidad, las piernas deben deslizarse hacia delante suavemente y en la posición más hidrodinámica posible. Los pies deben empezar a desplazarse hacia fuera al acercarse a las nalgas, señalando el comienzo de la primera fase propulsora de la patada, el movimiento hacia fuera.

Esta fase del recobro correspondiente a la flexión de las caderas puede parecer contradecir mi recomendación anterior de realizar el recobro de las piernas sin flexionar las caderas. Sin embargo no es así. ¿Por qué deben los nadadores flexionar las caderas cuando disminuye tanto la velocidad de avance? Porque flexionar las caderas además de las rodillas proporcionará una mayor fuerza cuando extiendan las piernas durante la siguiente fase de la patada. Filmaciones y películas de vídeo subacuáticas muestran que casi todos los bracistas de nivel mundial flexionan las caderas durante el

movimiento hacia fuera, aunque esta acción les hace desacelerar. La compensación será probablemente buena porque adquieren relativamente más velocidad de avance durante el siguiente movimiento hacia dentro de las piernas que la que pierden durante el movimiento hacia fuera. Esto es porque pueden utilizar dos grandes grupos de músculos, en lugar de uno, para aplicar la fuerza durante el movimiento hacia dentro: los músculos que extienden las rodillas y los que extienden las caderas. Sólo utilizarían los extensores de las rodillas si no flexionasen también las caderas.

Aunque algún grado de flexión de las caderas es esencial para lograr un poderoso movimiento hacia dentro, ni es necesario ni deseable elevar demasiado los muslos debajo de las caderas durante el movimiento hacia fuera en preparación para la fase propulsora que sigue. Belokovsky e Ivanchenko (1975) afirmaron que se producía más fuerza cuando el impulso hacia atrás de las piernas empezaba con una flexión de las caderas de 40º que cuando estaban flexionadas en un ángulo más cercano a los 90º. También afirmaron que el rango de la flexión de la cadera en los bracistas de estilo ondulatorio era aproximadamente de 34º a 50º. Sanders (1996) afirmó que el rango de flexión de las caderas era de 54º a 68º en un grupo de bracistas neozelandeses de nivel internacional.

Antes de proseguir, permíteme aclarar que los nadadores no deben empujar los muslos hacia abajo y hacia delante cuando desplazan las piernas hacia delante durante el recobro, o desacelerarán más aún. Pueden reducir la cantidad de desaceleración que ocurre a causa de la flexión de la cadera esperando hasta que empiecen el movimiento hacia fuera antes de llevar los muslos por debajo de las caderas. En otras palabras, los bracistas deben añadir la flexión de las caderas al movimiento cuando desplazan las piernas hacia fuera y no antes. Esperando hasta el movimiento hacia fuera antes de flexionar las caderas, los nadadores pueden realizar el agarre y empezar a acelerar el cuerpo hacia delante antes de que la acción de flexionarlas haya reducido su velocidad a casi cero.

El agarre

Los nadadores deben empezar a desplazar las piernas hacia fuera al acercar los pies a las nalgas. Los pies deben desplazarse hacia los lados hasta que estén mirando hacia atrás, donde pueden empujar en esa dirección. Es entonces cuando se realiza el agarre.

Los pies deben estar flexionados (dorsiflexión) y apuntando hacia fuera (eversión) al moverse por fuera de la línea de los hombros a la posición del agarre para lograr orientarse hacia atrás en el movimiento hacia fuera lo antes posible. El agarre se realiza cuando los pies se han desplazado hacia fuera y en algunos casos lo bastante hacia atrás como para poder orientarse mirando hacia atrás al agua. Las caderas estarán flexionadas de 40º a 50º, y las rodillas de 60º a 70º.

Se deben flexionar las rodillas lo máximo posible para que puedan pasar muy cerca de las nalgas al realizar el movimiento circular hacia fuera. Idealmente, los nadadores deben desplazar los pies directamente hacia fuera en un movimiento circular a la posición del agarre sin empujarlos hacia atrás. Esto les permitirá realizar lo que se llama un *agarre alto.* Es decir, podrán aplicar la fuerza propulsora con los pies cuando las piernas están hacia delante y casi en frente de las caderas.

El movimiento hacia fuera

El movimiento hacia fuera es una extensión un poco hacia fuera de las articulaciones de las caderas y de las rodillas. Se ilustra esta fase de la patada en las figuras 7.9 y 7.10 i-j (véanse las páginas 243 y 245). Los pies comienzan a rotar hacia abajo y hacia dentro al acercarse las piernas a la extensión y empezar la siguiente fase de la patada, el movimiento hacia dentro.

El movimiento hacia dentro

Los nadadores deben rotar las piernas hacia abajo y girar las plantas de los pies para que la una mire hacia la otra mientras completan la extensión de las piernas. Luego deben desplazar los pies hacia dentro por el agua hasta que estén dentro de la línea de los hombros. Se ilustra el movimiento hacia dentro de la patada en las figuras 7.9 y 7.10 j-l (véanse las páginas 243 y 245). Las plantas de los pies están rotadas hacia abajo y hacia dentro hasta que estén inclinadas hacia dentro y los tobillos deben permanecer flexionados hasta que se complete este movimiento.

El movimiento hacia dentro termina cuando las piernas están completamente extendidas y juntándose. En este momento, las piernas y los pies dejan de empujar hacia atrás contra el agua y los nadadores permiten que el momento del movimiento hacia dentro lleve las piernas hacia arriba, en dirección a la superficie, mientras se juntan completamente. Las piernas deben estar casi inmóviles en el agarre, después de lo cual deben acelerar muy rápidamente hasta completar las fases propulsoras de la patada. Los pies llegan a velocidades de 4-5 m/s durante los movimientos hacia fuera y hacia dentro de la patada.

Uno de los principales errores cometidos por los nadadores durante esta fase de la patada es extender los tobillos antes de que termine el movimiento hacia dentro. Esto hace que empujen agua hacia arriba, en lugar de hacia atrás, durante la última parte del movimiento. En un estudio realizado con 178 nadadores, Vervaecke y Persyn (1979) encontraron que los nadadores con la mejor patada de braza mantenían los pies flexionados y rotados hacia fuera durante un mayor tiempo que los que no tenían una buena patada. Estos últimos extendían los pies mucho antes durante el movimiento hacia dentro. Por lo tanto, los nadadores deben mantener los tobillos flexionados y rotar los pies hacia dentro (invertirlos) para obtener la máxima fuerza propulsora mientras las piernas pasan dentro de la línea de los hombros cerca del final de este movimiento. Los dibujos de la figura 7.15 ilustran el efecto de este error.

La elevación de las piernas y el deslizamiento

La elevación de las piernas es otro ejemplo de un movimiento de seguimiento. Una vez completado el movimiento hacia dentro, los nadadores utilizan la inercia hacia dentro de las piernas para cambiar su dirección gradualmente de hacia arriba a hacia abajo. Logran esto realizando un movimiento circular y ascendente con las piernas durante los últimos centímetros antes de que se junten. Una vez efectuado el cambio de dirección, siguen desplazando las piernas hacia arriba en dirección a la superficie hasta que estén justo debajo de ella y ligeramente por encima del nivel del cuerpo.

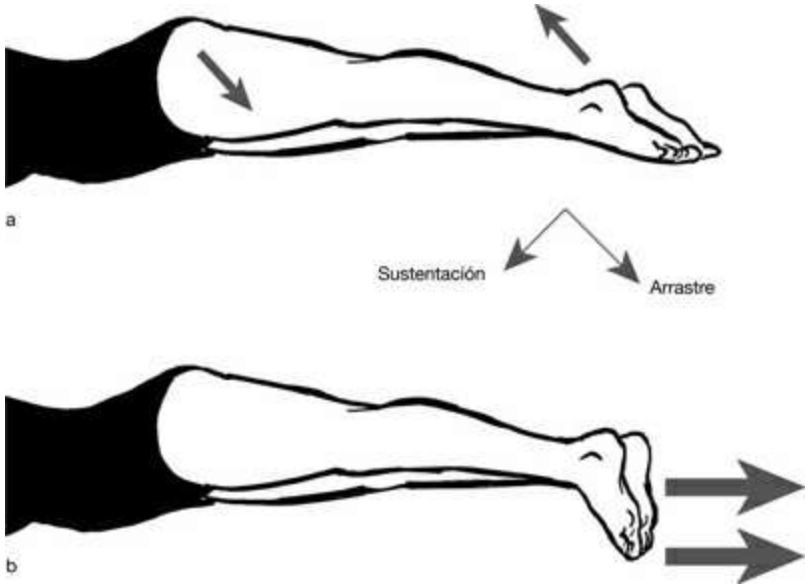


Figura 7.15. El final del movimiento hacia dentro. La nadadora en (a) está cometiendo el error común de extender los tobillos al terminar el movimiento hacia dentro de la patada. Esto hace que empuje el agua hacia arriba con los pies. La nadadora en (b) está terminando el movimiento hacia dentro correctamente. Mantiene los tobillos flexionados para poder dirigir el agua hacia atrás al juntar las piernas.

Este movimiento hacia arriba de las piernas debe tener lugar mientras están desplazando los brazos hacia fuera, después de lo cual deben mantener las piernas en esta posición hidrodinámica para que no produzcan un arrastre adicional durante el resto de la brazada. Las fases de la elevación de las piernas y del deslizamiento pueden verse en las vistas lateral y frontal en las figuras 7.9 y 7.10 b-d (véanse las páginas 242 y 244).

Cuando se realiza el deslizamiento, las piernas deben estar completamente extendidas desde las caderas hasta la punta de los pies con los tobillos extendidos. Deben mantenerse juntas y alineadas con el tronco pero inclinadas hacia arriba. La velocidad de los pies debe disminuir durante la elevación hasta que las piernas estén siendo arrastradas por la brazada con la misma velocidad que el cuerpo.

Aunque algunos expertos no estarán de acuerdo conmigo, no creo que la elevación de las piernas sea una fase propulsora de la patada. La trayectoria de la patada vista desde el lateral en la figura 7.5 (véase la página 236) que es típica de los bracistas que he estudiado muestra que las piernas no sólo se desplazan hacia arriba sino también hacia delante cuando se elevan hacia la superficie. Es dudoso que las piernas puedan producir una cantidad significativa de propulsión efectiva mientras se desplazan hacia arriba si también avanzan. Un movimiento vigoroso de las piernas hacia arriba en este momento debe sólo empujar las caderas hacia abajo sin acelerar a los nadadores hacia delante.

El diagrama de los vectores en la ilustración de la figura 7.15 muestra que tanto la fuerza de sustentación como la de arrastre actuarían hacia abajo durante la elevación de las piernas. La fuerza de arrastre estaría dirigida hacia abajo y hacia atrás, lo que tendería a sumergir las caderas, y la fuerza de sustentación estaría dirigida hacia abajo y hacia delante, lo que también tendería a sumergirlas. Aunque se pudiese lograr alguna fuerza propulsora de esta combinación de fuerzas, estaría anulada en gran parte por los componentes tanto hacia atrás como hacia abajo de las fuerzas antes mencionadas, que tendrían una magnitud considerablemente mayor. Por consiguiente, sugiero que los nadadores deslicen las piernas hacia la superficie tan suavemente como puedan y en una posición muy hidrodinámica para reducir el arrastre resistivo tanto como sea posible en ese momento.

Flexibilidad del tobillo y de la cadera

Hay varios aspectos de la flexibilidad de la cadera y del tobillo que son esenciales para una buena patada de braza. Los bracistas necesitan buena flexibilidad en varias articulaciones para poder rotar los pies y la parte inferior de la pierna hacia fuera para realizar el agarre mientras las rodillas están flexionadas. Deben tener una habilidad superior a la normal en las caderas para rotar los muslos hacia dentro y en las rodillas para rotar la parte inferior de la pierna hacia fuera. Deben poder apuntar los pies para arriba (dorsiflexión) y hacia fuera (eversión) mucho más que una persona normal.

Desafortunadamente, muchos nadadores, incluyendo a algunos bracistas de nivel mundial, no son mejores que la media en estos rangos de movimiento. Por lo tanto, tienen que desplazar las piernas hacia fuera y hacia atrás una corta distancia antes de poder orientarlas hacia atrás contra el agua. Los bracistas pueden mejorar la patada de forma considerable realizando ejercicios que mejoren la flexibilidad de las articulaciones de las caderas y de las rodillas en las direcciones indicadas.

El dolor de rodillas

Los entrenadores y los bracistas saben que el dolor de rodillas puede representar un problema muy serio. En el mejor de los casos sólo se perderá un tiempo valioso de entrenamiento cuando el problema se vuelva agudo. En el peor, las lesiones de rodillas pueden terminar con la carrera deportiva del bracista.

El dolor de rodillas generalmente es causado por la inflamación crónica de los ligamentos colaterales internos y los meniscos internos localizados dentro de estas articulaciones. Se muestra una visión ampliada de estas estructuras en el dibujo de la articulación de la rodilla en el círculo de la figura 7.16.

El ligamento colateral interno une el fémur (el hueso largo del muslo) con la tibia (el hueso interior de la pierna). El menisco interno está unido al ligamento colateral interno y se localiza entre el fémur y la tibia. Está compuesto de tejido conjuntivo cartilaginoso y amortigua la articulación

entre estos dos huesos.

El movimiento hacia fuera y la primera parte del movimiento hacia dentro ejercen una cantidad considerable de estrés sobre estas estructuras porque el rango de rotación exterior de la pierna que puede producir la articulación de la rodilla es tan limitado que parece casi inexistente. De hecho, sólo es posible cuando las rodillas están flexionadas y entonces sólo en un rango muy pequeño. Por consiguiente, cuando los bracistas intentan rotar la parte inferior de las piernas hacia fuera, la cabeza del fémur empuja hacia dentro y la cabeza de la tibia empuja hacia fuera contra los meniscos internos y los ligamentos colaterales internos. A lo largo del tiempo, este empuje constante puede causar la irritación e inflamación de estas estructuras, que producirán dolor siempre que el bracista intente realizar la patada. En casos muy extremos, los ligamentos colaterales internos pueden llegar a desgarrarse. Al mismo tiempo, los meniscos internos pueden ser comprimidos de tal forma que se separen de los ligamentos colaterales internos. Se ve a Anita Nall en la figura 7.10i (véase la página 245) rotando las piernas hacia fuera para el agarre. Ésta es la fase de la patada en la que es más probable que se imponga estrés sobre dichos tejidos.

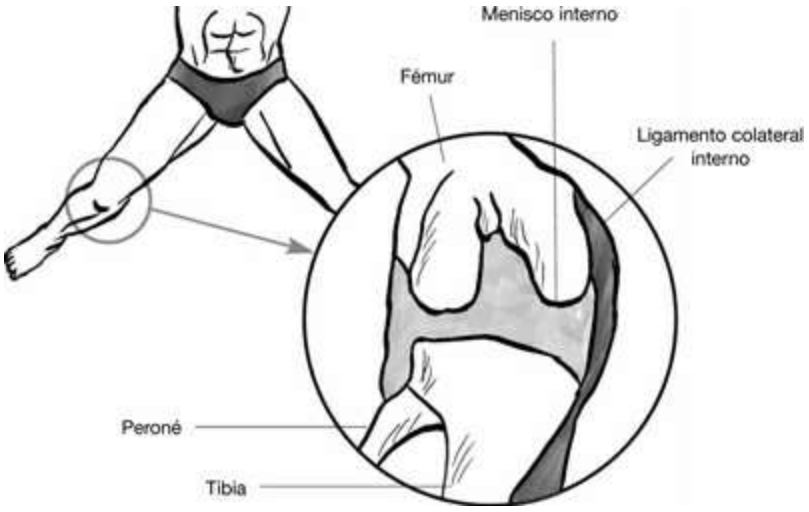


Figura 7.16. Un dibujo que ilustra el ligamento colateral interno y el menisco interno.

El dilema al que se enfrentan los bracistas es que la rotación externa de la

rodilla es muy importante para una buena patada; sin embargo, existe el gran peligro de sufrir una lesión a causa del limitado rango de movimientos de estas articulaciones. Aquellos nadadores que pueden realizar la patada sin dolor y lesiones tienen suerte. Los otros deben limitar la realización de las patadas con la primera aparición del dolor hasta que éste desaparezca. Sin embargo, hay algo que estos últimos pueden hacer para reducir la incidencia de dolor en las rodillas.

Los bracistas que son susceptibles al dolor de rodillas pueden modificar la patada de cierta forma para reducir un poco el estrés de los ligamentos colaterales internos y de los meniscos internos. Una forma es reducir la anchura del movimiento hacia fuera. Pueden empujar las rodillas más hacia atrás y menos hacia fuera durante esta fase. Así reducirán el estrés impuesto en las rodillas, pero también tardarán más en posicionar las piernas para el agarre. Esto, desafortunadamente, acortará el movimiento hacia dentro y reducirá el potencial propulsor de la patada. No obstante, les permitirá entrenarse con más eficacia en su estilo si suelen sufrir dolor de rodillas.

Existe también otra técnica que puede utilizarse para disminuir la incidencia de dolor de rodillas y ésta quizá no reducirá tanto la eficacia propulsora de la patada. Implica realizar el recobro de las piernas con las rodillas separadas un poco más de lo que recomendé anteriormente. Con las rodillas más separadas, los nadadores podrán rotar los muslos más hacia dentro, lo que a su vez les permitirá rotar las piernas más hacia fuera con menos estrés para las articulaciones de las rodillas. Este método aumentará un poco el arrastre por forma durante el recobro de las piernas, pero es mejor que soportar el dolor de rodillas. Evidentemente, los nadadores no deben separar las rodillas más de lo necesario para realizar el movimiento hacia fuera con eficacia y sin dolor.

La sincronización de brazos y piernas

Varios expertos de la natación han propuesto tres estilos generales de sincronización de braza. Se conocen comúnmente como la sincronización *continua*, *de deslizamiento* y *superpuesta*. Cuando se utiliza la sincronización continua, los nadadores empiezan a desplazar los brazos hacia fuera inmediatamente después de juntarse las piernas. Con la sincronización de deslizamiento, existe un pequeño intervalo entre el final de la patada y el comienzo de la brazada en el que los nadadores se deslizan con los brazos y las piernas extendidos en una posición hidrodinámica. Con la sincronización superpuesta, los nadadores empiezan a desplazar los brazos hacia fuera antes de que se junten las piernas. Este último método es el que utiliza la mayoría de los bracistas de nivel mundial hoy en día (Miyashita, 1997). Sin embargo, la sincronización de deslizamiento es el método recomendado por la mayoría de los entrenadores y profesores de natación. Permíteme explicar por qué la sincronización superpuesta debería ser superior tanto al método continuo como al de deslizamiento.

Con la sincronización de deslizamiento, la resistencia del agua hará que los nadadores desaceleren de forma considerable mientras se deslizan, por muy buena que sea la posición hidrodinámica que adopte el cuerpo. Al contrario de lo que creen algunos, la fase propulsora de la patada termina antes de que se junten las piernas y la fase propulsora de la brazada no empieza cuando los brazos comienzan a desplazarse hacia fuera. Por consiguiente, los nadadores no sólo desaceleran cuando están deslizando sino también mientras que se juntan las piernas y los brazos están desplazándose hacia fuera al agarre. Deslizar puede aumentar el tiempo de la desaceleración entre los ciclos de brazada desde aproximadamente 0,20 s hasta entre 0,30 y 0,40 s. Se ilustra el efecto de la sincronización de deslizamiento en la velocidad de avance en el gráfico de la figura 7.17.

Obsérvese la pérdida de velocidad que tiene lugar en la zona sombreada oscura mientras el nadador desliza. Éste es el período después de terminar la patada en el que está deslizando antes de empezar a desplazar las manos hacia los lados. Su velocidad se reduce de 1,60 m/s hasta aproximadamente 1,22 m/s durante esta fase. Luego su velocidad de avance se reduce más aún hasta 1,18 m/s mientras desplaza los brazos hacia fuera para el agarre. Teniendo en cuenta el tiempo del deslizamiento y el del movimiento hacia fuera, en este ejemplo, el intervalo de tiempo entre el final de la fase

propulsora de la patada y el comienzo de la fase propulsora de la brazada representa casi 0,40 s.

La sincronización continua, tal y como se enseña comúnmente, sólo es otro ejemplo de la sincronización de deslizamiento con esta fase acortada. Se enseña a los nadadores a esperar hasta que las piernas se junten antes de empezar el movimiento hacia fuera de los brazos. Esto elimina la fase de deslizamiento, pero los nadadores todavía desaceleran durante un mayor tiempo que el necesario entre los ciclos de brazada porque el intervalo entre el momento en que termina la fase propulsora de la patada y el del movimiento de los brazos hacia fuera para realizar el agarre será todavía más largo de lo necesario.

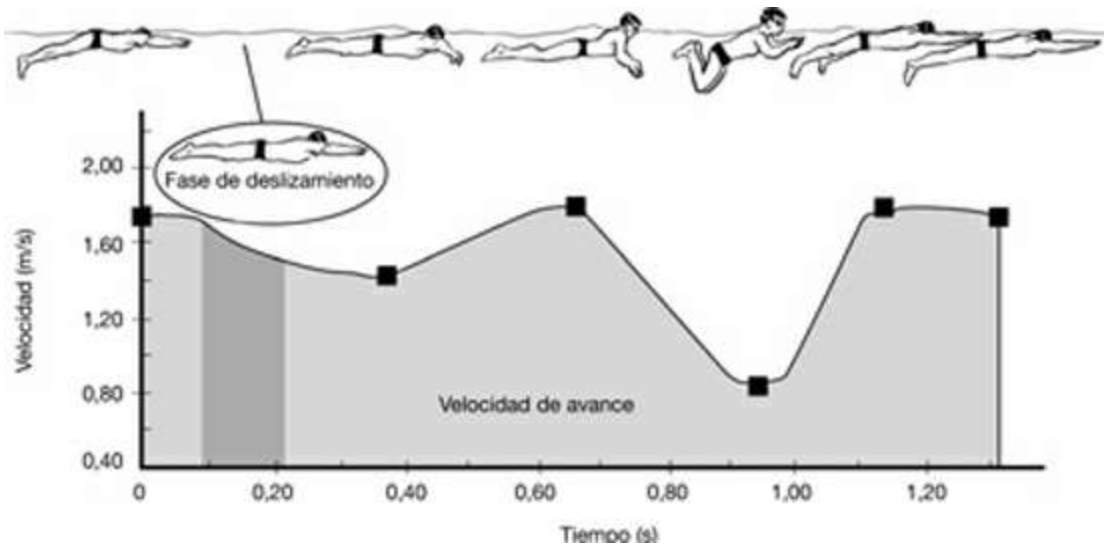


Figura 7.17. Un gráfico de la velocidad de avance de un nadador que utiliza la sincronización de deslizamiento.

La mejor manera de reducir este período de desaceleración entre el final de la fase propulsora de la patada y el comienzo de la fase propulsora de la brazada es utilizar la sincronización superpuesta. El gráfico de la velocidad de la figura 7.18 ilustra el efecto de la sincronización superpuesta en la velocidad de avance de un nadador desde un ciclo de brazada hasta el siguiente. El intervalo entre el final de la propulsión de la patada y el

comienzo de la propulsión de la brazada se ha acortado de manera considerable porque el nadador empieza a desplazar los brazos hacia fuera en el momento en que termina la fase propulsora de la patada. En otras palabras, desplaza los brazos hacia fuera en el mismo momento en que junta las piernas. Por eso la he denominado sincronización *superpuesta.* Al hacer esto, reduce el intervalo de tiempo entre el final de la propulsión de las piernas y el comienzo de la propulsión de los brazos a menos de 0,20 s, como debe ser. De esta forma debe desacelerar menos y durante un período más corto durante el movimiento hacia fuera.

Una cosa que me gustaría aclarar en relación con la sincronización superpuesta es que los nadadores no deben empezar a desplazar los brazos hacia fuera mientras las piernas están todavía acelerándolos hacia delante. Si empiezan a desplazar los brazos hacia fuera mientras la patada los impulsa hacia delante, aumentarán el arrastre por forma y perderán un poco de la velocidad que podrían haber obtenido de esta patada. La mayoría de los nadadores dejan de acelerar hacia delante cuando las piernas pasan dentro de la línea de los hombros durante el movimiento hacia dentro. Por consiguiente, éste es el momento en el que deben empezar a desplazar los brazos hacia fuera.

Los bracistas cuya patada es más débil de lo normal quizá tengan que utilizar una sincronización más superpuesta que aquellos cuya patada es más eficaz. Esto es porque los nadadores con una patada débil generalmente dejan de acelerar hacia delante antes en el movimiento hacia dentro de las piernas. Por lo tanto, tendrán que empezar a desplazar los brazos hacia fuera un poco antes para situarlos en la posición del agarre antes de perder demasiada velocidad de avance. Esto aumentará la frecuencia de brazada e incrementará el coste energético. No obstante, debería ser más rápido mantener una mayor velocidad media por ciclo de brazada realizando más brazadas por minuto que ahorrar energía y perder velocidad con una frecuencia menor.

El principal argumento en contra de la sincronización superpuesta es que los nadadores ahorrarán energía si permanecen en una posición hidrodinámica después de terminar la fase propulsora de la patada. Este argumento supone que ahorrar energía es más importante que impedir una gran pérdida de velocidad de avance mientras deslizan. Pero creo que es más

importante impedir una gran pérdida de velocidad de avance. Lo que hemos aprendido de los otros estilos competitivos acerca de la importancia de mantener una aplicación casi continua de la propulsión efectiva ciertamente apoya esta creencia. De la misma forma, la sincronización superpuesta no aumentará significativamente el coste energético de nadar a braza si los nadadores desplazan los brazos hacia fuera de manera relajada y suave. Pueden estar descansando los brazos durante este tiempo, de igual forma que si estuviesen deslizando.

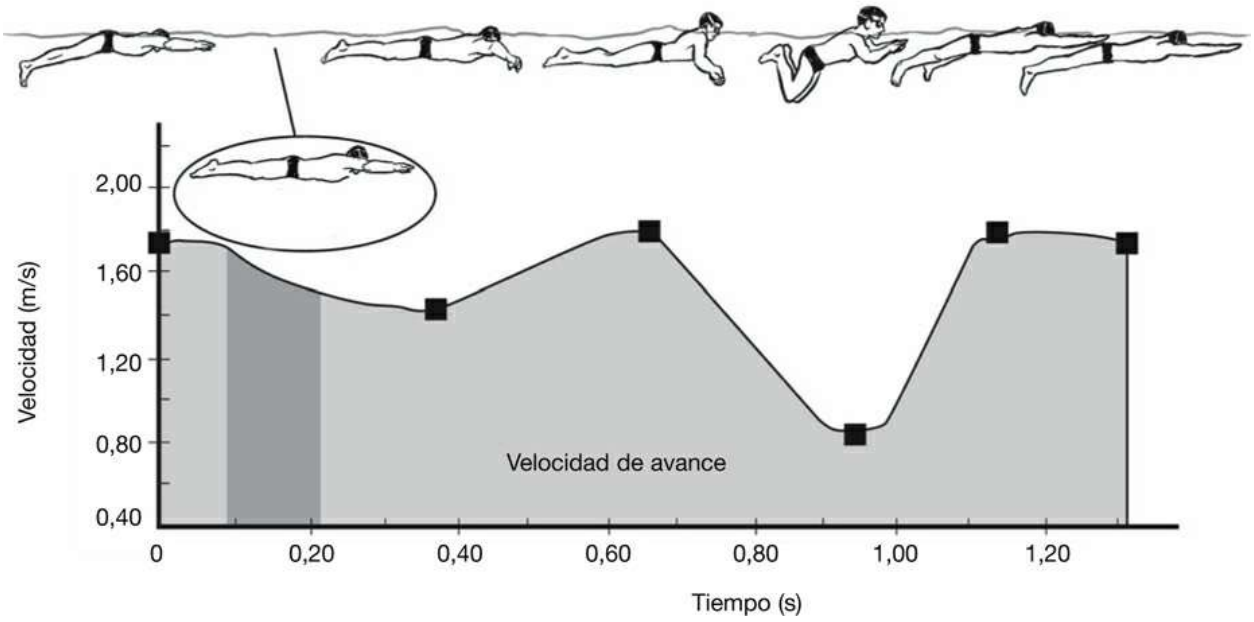


Figura 7.18. Un ejemplo de la sincronización superpuesta.

La posición corporal y la respiración

La mayoría de los nadadores y de los entrenadores ahora están de acuerdo en que el estilo plano de braza está pasado de moda. Se aconseja a los bracistas permitir que la cabeza y el tronco salgan del agua cuando respiran para

fomentar la propulsión por la ola y reducir el arrastre durante el recobro de las piernas. Sin embargo, no están de acuerdo en cuanto a la ondulación corporal para aumentar la propulsión. Los que se oponen creen que la ondulación corporal creará un arrastre adicional por forma, mientras que los defensores creen que se puede aumentar la propulsión efectiva mediante la ondulación corporal. Existen buenos argumentos tanto a favor como en contra.

El movimiento de delfín: ¿es positivo o negativo?

Si una ondulación corporal y una ondulación corporal inversa pueden aumentar la propulsión en mariposa, existen buenas razones para creer que pueden hacer lo mismo en braza. Puede que la ondulación corporal, creada empujando hacia abajo con las manos, seguido en secuencia por la ondulación hacia abajo de la cabeza y los hombros y la ondulación hacia arriba de las caderas, cree una suma de fuerzas que podría proporcionar una fuerza propulsora añadida durante el movimiento hacia dentro de la patada de braza. Sanders, Cappaert y Devlin (1995) mostraron esta suma de fuerzas durante el batido de delfín en mariposa. Sin embargo dudo de que la ondulación corporal sea una realidad propulsora en braza, de la misma forma que dudé de su validez en mariposa.

Sí que creo que la ondulación corporal inversa contribuye a la propulsión en mariposa y creo que podría contribuir a la propulsión de forma similar en braza. En este estilo, una ondulación corporal inversa permite que la fuerza de la gravedad ayude a mantener la velocidad de avance a un nivel más alto después del final de la fase propulsora del batido y cuando las caderas pasan el pico de su movimiento hacia arriba y se desplazan hacia abajo.

Por el contrario, se puede argumentar que se debe minimizar la ondulación cuando el cuerpo está debajo del agua. El principal componente de la fase propulsora de la patada de braza es un empuje hacia atrás contra el agua. Lo opuesto ocurre con el batido de delfín en el que las piernas se desplazan más hacia abajo que hacia atrás. Por consiguiente, puede no ser ni necesario ni

deseable que los bracistas ondulen las caderas hacia arriba al realizar la patada hacia atrás. Los que argumentan en contra de la ondulación dirían que se puede generar más propulsión con los brazos y las piernas si los nadadores permanecen horizontales. Además argumentarían que la ondulación aumenta el arrastre por forma.

La creencia de que la ondulación puede aumentar la propulsión en braza está probablemente unida a la aceptación de la ondulación corporal o la ondulación corporal inversa como mecanismos propulsores. Dado que creo que existe una alta probabilidad de que la ondulación corporal inversa contribuya de forma significativa a la propulsión, recomiendo un estilo ondulatorio de braza. La secuencia de fotografías presentada en la figura 7.19 muestra a una nadadora que utiliza un estilo ondulatorio.

Para ponerlo en contexto, los bracistas deben dirigir la patada un poco hacia abajo al extender las piernas hacia atrás para ondular las caderas hacia la superficie del agua o un poco por encima de ella. En este momento, deben extender los brazos hacia delante y un poco hacia abajo. La cabeza debe estar entre los brazos y los nadadores deben estar mirando hacia abajo. La nadadora realiza esta acción en la figura 7.19a. Al pasar las caderas por el pico de su ondulación hacia arriba y al empezar a bajar, los nadadores deben mirar hacia arriba y levantar los brazos a una posición horizontal de manera que la velocidad hacia abajo de las caderas y del tronco pueda trasladarse a la velocidad de avance para el cuerpo, tal y como se ve en la figura 7.19b. Al igual que en otros estilos de braza, los nadadores deben estar en una posición horizontal hidrodinámica durante la fase propulsora de la brazada (figura 7.19b) y de la patada (figura 7.19d). También deben estar en una posición inclinada con la cabeza y los hombros elevados por encima del agua cuando empiezan el recobro de las piernas para sacar provecho de la propulsión por la ola, como se ve en la figura 7.19c.

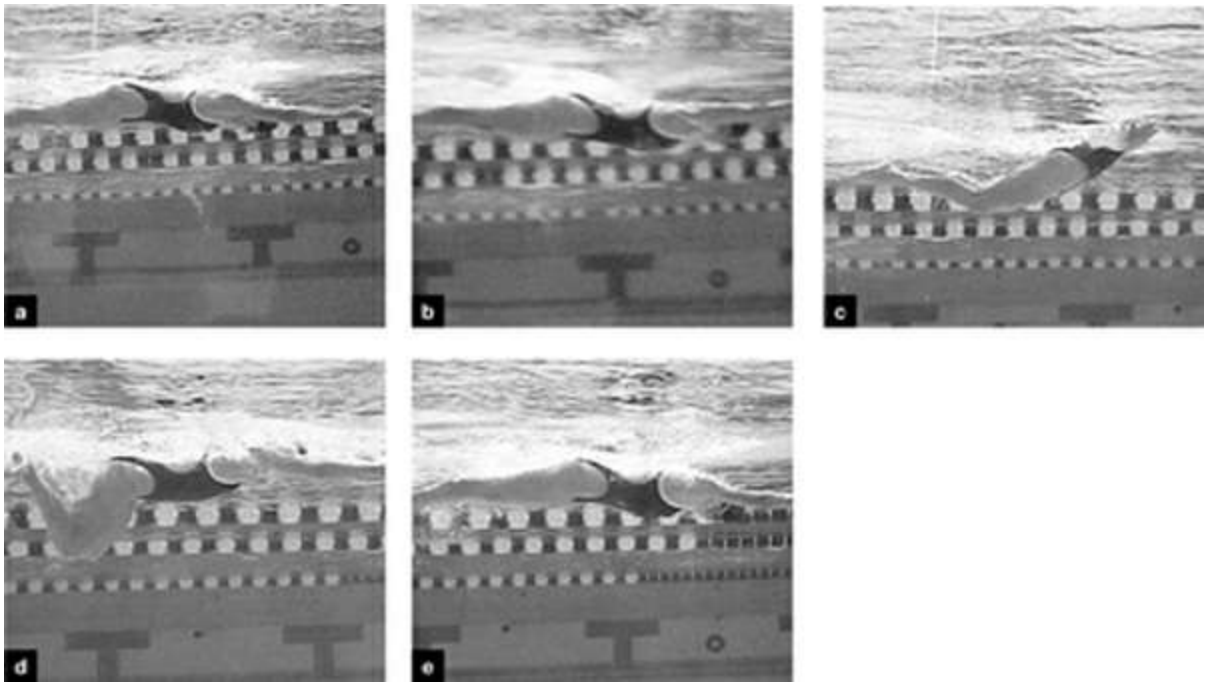


Figura 7.19. El estilo de braza tipo delfín. La nadadora es Riley Mants de la Universidad Estatal de Arizona. Riley es una campeona universitaria estadounidense en las pruebas de braza.

(a) Final del movimiento hacia dentro de la patada (obsérvese que las caderas están un poco flexionadas).

(b) Elevación de las piernas hacia una posición hidrodinámica.

(c) La fase de propulsión por la ola del ciclo de brazada (obsérvese que la cabeza y los hombros están elevados por encima del agua, las caderas están bajadas y las rodillas empiezan a flexionarse).

(d) Vuelta a la posición hidrodinámica (obsérvese que los brazos están extendidos por encima de la cabeza y ésta está hacia abajo entre los brazos en preparación para la fase propulsora de la patada).

(e) Final de la patada con un movimiento de delfín.

Procede una palabra de cautela en relación con

ondular demasiado. La magnitud de la ondulación corporal debe ser considerablemente menor que la que utilizan los nadadores de mariposa,

porque, como se mencionó anteriormente, la patada de braza es más eficaz cuando los nadadores empujan las piernas hacia atrás contra el agua, y no cuando las empujan hacia abajo. Exagerar el movimiento hacia abajo de las piernas simplemente para producir una mayor ondulación hacia arriba de las caderas sólo reduciría la propulsión de la patada de braza. Los bracistas deben concentrarse en realizar la patada hacia atrás, permitiendo que el movimiento natural hacia abajo de las piernas produzca la cantidad apropiada de ondulación hacia arriba de las caderas. No deben tratar de aumentar el movimiento hacia arriba de las caderas.

Las caderas caerán, y deben hacerlo, cuando los bracistas levantan la cabeza y los hombros fuera del agua mientras respiran. Se presentaron las razones por hacerlo anteriormente en este capítulo. Reduce el arrastre frontal y aumenta la propulsión por la ola durante el recobro de las piernas. Este movimiento hacia arriba de la cabeza y de los hombros junto con el movimiento hacia abajo de las caderas también pueden ser exagerados. Las siguientes seis directrices deben proporcionar alguna ayuda a la hora de determinar si los nadadores están ondulando demasiado o demasiado poco cuando realizan la patada hacia atrás y cuando levantan la cabeza y los hombros fuera del agua mientras respiran.

1. La ondulación es excesiva cuando la cabeza y los hombros se desplazan hacia arriba y hacia abajo más que hacia delante. Los nadadores nunca deben arquear el tronco hacia atrás cuando salen del agua. Sanders (1996) presentó ángulos de 39º a 46º de la horizontal entre una muestra de bracistas neozelandeses de nivel internacional cuando el tronco estaba elevado por encima del agua para respirar. No era raro que la cabeza estuviera elevada 46-64 cm por encima de la superficie y que los hombros estuvieran elevados 32-50 cm al mismo tiempo. Hasta que dispongamos de más datos, estas cifras probablemente representan el rango correcto de la elevación del tronco, de los hombros y de la cabeza cuando se nada a braza.

2. La ondulación es excesiva si las caderas se elevan más de unos pocos centímetros por encima de la superficie del agua cuando los nadadores

realizan la patada hacia atrás. Los movimientos hacia abajo de las piernas deben empujar las caderas un poco hacia arriba hasta, o ligeramente por encima de, la superficie del agua, pero no más arriba. La magnitud de la ondulación de las caderas no debe ser mayor de aproximadamente 14-17 cm (Sanders, 1996).

3. La ondulación es excesiva si las manos y la cabeza se sumergen más de unos pocos centímetros al extender los brazos hacia delante. Los nadadores que impulsan las manos y la cabeza demasiado hacia abajo en el agua al realizar la patada hacia atrás perderán tiempo y energía al llevarlas otra vez a la superficie. Los nadadores deben bajar la cabeza sólo ligeramente por debajo de la superficie y extender las manos principalmente en una dirección hacia delante con sólo un poco de inclinación hacia abajo de manera que ambas estén alineadas con la inclinación del tronco y de las piernas.

4. La ondulación es inadecuada si los hombros y una parte del tronco no salen del agua cuando los bracistas respiran. Cuando llegan a su nivel más alto durante el ciclo de respiración, la línea del agua debe estar en la región lumbar cuando se mira desde atrás, y un poco por debajo del pecho cuando se mira desde delante.

5. Los bracistas están ondulando demasiado poco si las caderas no llegan a la superficie al terminar el movimiento de la patada hacia dentro.

6. La ondulación es inadecuada si el cuerpo entero, incluyendo la cabeza, no está por debajo del agua durante el movimiento hacia dentro de la patada de braza.

La respiración

Los bracistas deben respirar una vez durante cada ciclo de brazada, sea cual sea la distancia de la prueba. La respiración es una parte tan importante de la sincronización de este estilo que ayuda, en lugar de interferir, a la propulsión. Los nadadores parecen perder el ritmo cuando no respiran. Además,

necesitan elevar la cabeza y el tronco para realizar el recobro correcto de las piernas. La secuencia correcta de la respiración puede verse desde la superficie en una serie de fotografías en la figura 7.20.

Los nadadores deben tener la cabeza por debajo del agua y estar mirando hacia abajo al fondo de la piscina mientras extienden las piernas hacia atrás durante la fase propulsora de la patada, tal y como se muestra en la figura 7.20a. Entonces deben empezar a mirar hacia arriba al desplazar los brazos hacia fuera y deben continuar subiendo la cabeza y los hombros hacia la superficie al empezar el movimiento hacia dentro de los brazos. La cabeza y los hombros deben estar fuera del agua al completar el movimiento hacia dentro de la brazada y deben respirar al llevar las manos hacia la superficie durante el recobro (figura 7.20b). Luego deben bajar la cabeza y volver a sumergirla al extender los brazos hacia delante (figura 7.20c).

Los nadadores deben asegurarse de que siguen avanzando mientras respiran. Por esta razón no deben levantar la cabeza hacia atrás para elevarla por encima de la superficie. La cabeza debe permanecer en una posición natural con respecto a la columna vertebral con el mentón hacia abajo, y deben elevar el tronco y los hombros para sacar la cara del agua con el fin de respirar. Una buena técnica didáctica es que los nadadores mantengan los ojos mirando el agua directamente delante de ellos al sacar la cara del agua para respirar (véase la figura 7.20b).

La cabeza, los hombros y el tronco deben subir a la superficie con una trayectoria diagonal gradual de manera que se desplacen tanto hacia delante como hacia arriba cuando la cabeza se eleva por encima de la superficie para respirar. Los nadadores no deben arquear la espalda, proyectar el mentón hacia delante ni extender el cuello al sacar la cabeza del agua.

Otra técnica que utilizan los nadadores para seguir avanzando una vez que hayan alcanzado la superficie es encoger los hombros hacia delante cuando empiezan a extender los brazos hacia delante. Además de mantener el tronco avanzando, esta técnica mejora la posición hidrodinámica cuando los hombros vuelven al agua.

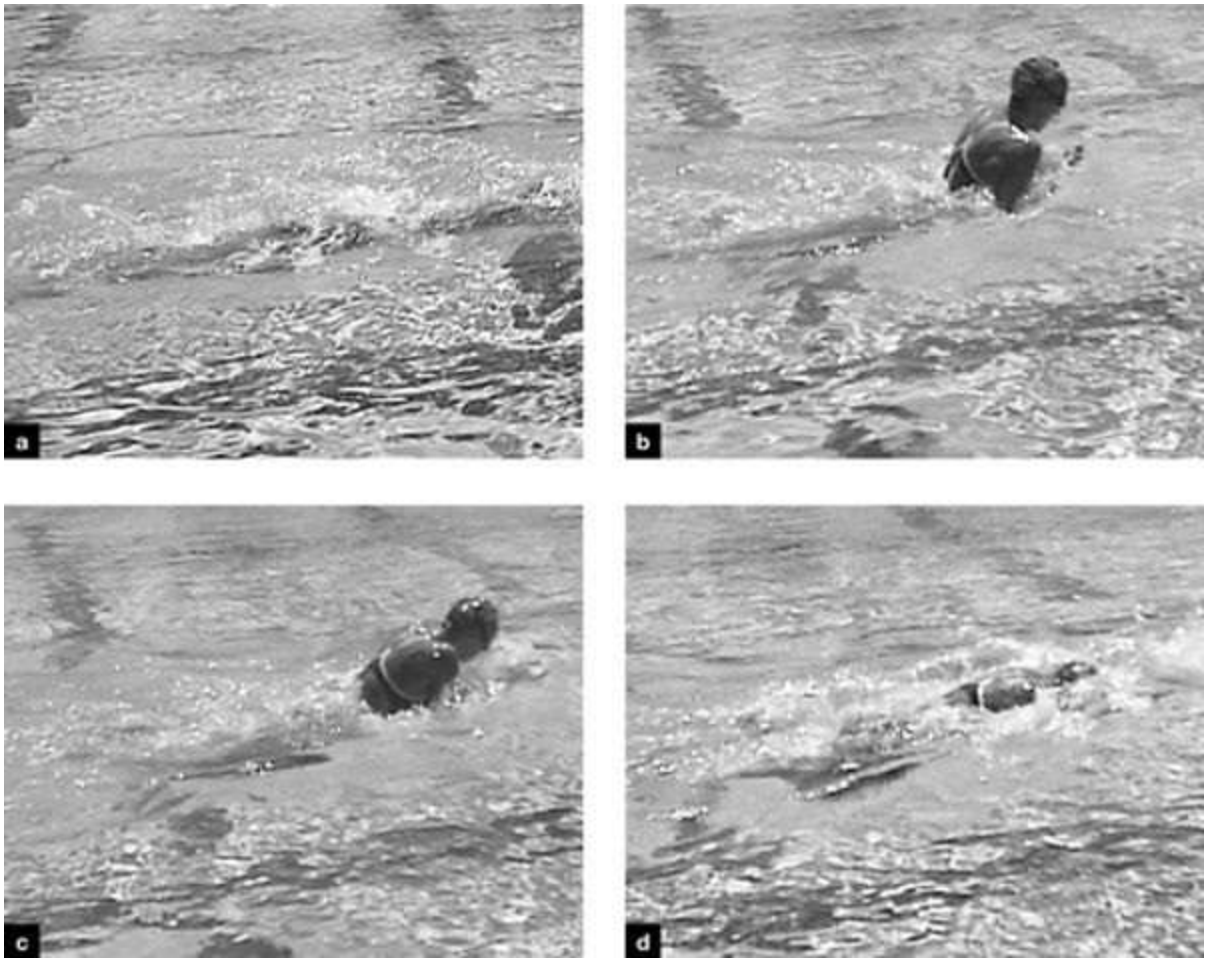


Figura 7.20. Una vista desde la superficie de la respiración en braza. La nadadora es Anita Nall.

(a) Final de la fase propulsora de la patada (obsérvese que el cuerpo entero está sumergido en una posición hidrodinámica).

(b) La fase de la propulsión por la ola. Se respira al llegar los brazos a la superficie durante el recobro. La cabeza y los hombros se elevan por encima de la superficie y las caderas están hacia abajo cuando empieza el recobro de las piernas.

(c) Los brazos se extienden hacia delante al bajar la cabeza y el tronco hacia la superficie. Continúa el recobro de las piernas. Ha terminado la fase de la propulsión por la ola.

(d) Los brazos están casi totalmente extendidos y las piernas están preparadas para empezar su fase de propulsión.

La interrelación entre el recobro de las piernas y el descenso de la cabeza es muy importante para tener éxito en braza ondulatoria. Los nadadores pueden reducir el arrastre considerablemente durante el recobro de las piernas bajando la cabeza y los hombros lentamente hacia la superficie mientras realizan el recobro. Esto les permite mantener las caderas sumergidas para que puedan realizar el recobro hacia delante con menos flexión de las caderas durante un tiempo ligeramente mayor. A su vez, esto debe aumentar la longitud y la magnitud de la propulsión por la ola durante esta fase del ciclo de brazada.

A algunos nadadores les gusta zambullirse hacia abajo y hacia delante al realizar el recobro de brazos y piernas. Sin embargo, se ven obligados a flexionar las caderas y empujar los muslos hacia abajo y hacia delante contra el agua al hacerlo, y la propulsión por la ola terminará cuando lo hacen. Los dibujos de la figura 7.21 muestran cómo los nadadores pueden permanecer en una posición más hidrodinámica durante el recobro de brazos y piernas.

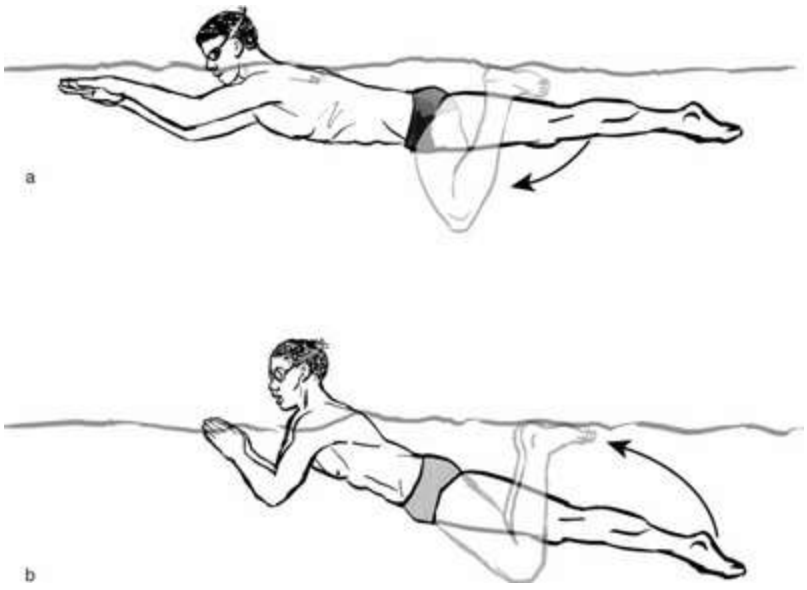


Figura 7.21. Dos estilos del recobro de las piernas en braza. El nadador en (a) realiza un recobro incorrecto porque empuja los muslos hacia abajo y hacia delante contra el agua para elevar las piernas. El nadador en (b) realiza el recobro de las piernas hacia delante flexionando sólo las rodillas. Por lo tanto, empuja menos agua hacia delante con las piernas.

El nadador de la figura 7.21a baja los hombros en el agua demasiado pronto durante el recobro de las piernas y esto empuja las caderas hacia arriba, cerca de la superficie, de manera que tiene que realizar el recobro empujando los muslos hacia abajo y hacia delante contra el agua. Este tipo de recobro de las piernas reduce su velocidad de avance de manera considerable. En cambio, el nadador de la figura 7.21b mantiene los hombros por encima del agua durante el recobro, lo que conserva su cuerpo en una posición inclinada. Con las caderas hacia abajo, este nadador puede llevar la parte inferior de las piernas hacia delante sin flexionar las caderas durante el recobro. Esto reducirá el arrastre por empuje durante esta fase del recobro.

Realizar el recobro de los brazos en la superficie del agua es otra técnica que ayuda a los nadadores a mantener el tronco elevado y las caderas hacia abajo durante el recobro de las piernas. En cambio, cuando realizan el recobro de los brazos por debajo del agua, es más probable que la cabeza y los hombros bajen por debajo de la superficie mientras los pies siguen desplazándose hacia arriba.

La brazada subacuática

Las reglas permiten a los bracistas realizar sólo una brazada subacuática durante cada largo de la piscina y se hace inmediatamente después de la salida y de cada viraje. Después de terminar la brazada sub-acuática, la cabeza debe romper la superficie del agua antes de que las manos giren hacia dentro en el punto más ancho de la siguiente brazada. La brazada subacuática es más larga y es considerablemente más eficaz que las brazadas más cortas que se realizan en la superficie, de forma que los nadadores deben practicar esta técnica hasta que saquen todo el potencial propulsor disponible.

La brazada subacuática es parecida a una brazada exagerada de mariposa. Consiste en un movimiento hacia fuera, un agarre, un movimiento hacia dentro y un movimiento hacia arriba. También hay dos deslizamientos, uno

antes de empezar la brazada y otro después de completarla. El segundo deslizamiento es seguido de una patada en dirección a la superficie. Dicha patada es idéntica a la descrita anteriormente en este capítulo. El movimiento hacia fuera no es propulsor y se utiliza para colocar los brazos en posición para aplicar la fuerza propulsora. Los movimientos hacia dentro y hacia arriba son las fases propulsoras de la brazada. Se muestran las técnicas de la brazada subacuática desde la vista lateral en la serie de fotografías presentadas en la figura 7.22 en las páginas 262 y 263.

El primer deslizamiento

Después de impulsarse desde la pared o zambullirse en el agua, los nadadores mantienen una posición hidrodinámica hasta que su velocidad disminuya hasta la de la carrera. Los brazos deben estar juntos y estirados y apretados fuertemente por encima de la cabeza durante el deslizamiento. Colocar una mano encima de la otra ayuda a mantener esta posición hidrodinámica. La cabeza debe estar entre los brazos y el cuerpo no debe relajarse ni flexionarse la cintura. Las piernas deben apretarse una contra la otra con los dedos de los pies extendidos hacia atrás. Se muestra esta posición del deslizamiento en la figura 7.22a. Obsérvese la inclinación hacia abajo del cuerpo de Nall. Los nadadores deben impulsarse con un ángulo ligeramente descendente para lograr una mayor profundidad durante la larga brazada subacuática.

El movimiento hacia fuera y el agarre

Cuando los nadadores se acercan a la velocidad de la carrera, deben desplazar los brazos hacia fuera, hacia delante y hacia arriba hasta que estén fuera de la línea de los hombros, donde deben realizar el agarre. Se ve a Nall completando el movimiento hacia fuera y el agarre con los brazos en las figuras 7.22 b-c. Sus brazos se desplazan ligeramente hacia arriba para colocarlos en posición para realizar el siguiente movimiento hacia dentro al

nivel del cuerpo. Los brazos deben flexionarse gradualmente después de salir de la línea de los hombros con el fin de colocarse mirando hacia atrás lo antes posible para el agarre. El movimiento hacia fuera debe ser un estiramiento suave de los brazos. Las manos no deben empujar el agua hacia los lados durante este movimiento.

Las palmas de las manos deben estar mirando hacia abajo cuando empieza el movimiento hacia fuera y permanecer en esta posición hasta que estén por fuera de la línea de los hombros. Los nadadores deben rotar las palmas hacia fuera hasta que estén inclinadas hacia fuera y hacia atrás en el momento del agarre y al principio del movimiento hacia dentro. La velocidad de los brazos aumentará ligeramente durante el movimiento hacia fuera y luego se reducirá en el agarre.

El movimiento hacia dentro

Después de realizar el agarre, los nadadores deben desplazar los brazos hacia fuera, hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro con un amplio movimiento de aducción que lleva las manos a casi juntarse por debajo del cuerpo y los brazos cerca de las costillas. Se ve el movimiento hacia dentro en las figura 7.22 c-e. Los codos deben permanecer flexionados y los nadadores deben empujar hacia atrás contra el agua con la parte ventral de los brazos, antebrazos y las palmas de las manos. La velocidad de los brazos debe aumentar moderadamente desde el principio hasta el final del movimiento hacia dentro.

El movimiento hacia arriba

La transición al movimiento hacia arriba debe empezar al acercarse los brazos por debajo del cuerpo (véase la figura 7.22e). Justo después de terminar el movimiento hacia dentro con las manos, los nadadores deben

girarlas rápidamente hacia fuera y empezar a empujarlas hacia atrás, hacia fuera y hacia arriba, en dirección a la superficie, hasta que los brazos estén completamente extendidos y descansando contra los muslos. La parte de la brazada correspondiente al movimiento hacia arriba se ve en las figuras 7.22 e-g. Luego deben empujar hacia atrás contra el agua con las palmas y la parte ventral de los antebrazos. Los nadadores deben mantener los brazos en una posición flexionada durante la mayor parte del movimiento hacia arriba para que los antebrazos sigan mirando hacia atrás durante el mayor tiempo posible (véase la figura 7.22f).

Cuando los nadadores ya no pueden mantener los antebrazos orientados hacia atrás, deben extender vigorosamente los codos hasta que los brazos estén completamente estirados y hacia atrás al lado de los muslos. El movimiento hacia arriba debe terminar con los brazos al lado de los muslos y las palmas mirando hacia fuera. Esto permitirá a los nadadores dirigir el agua hacia atrás y hacia arriba, y separarla de las piernas en un movimiento natural de seguimiento durante la parte final del movimiento hacia arriba. Nall no está haciendo esto en la figura 7.22.

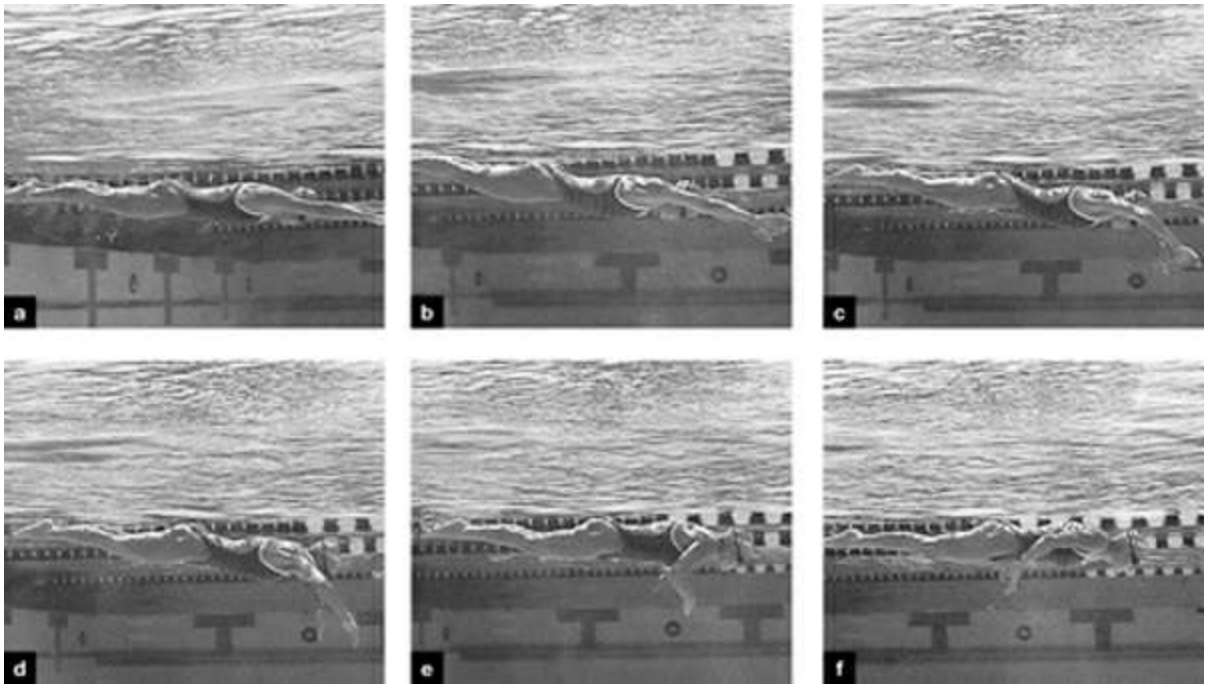


Figura 7.22. Secuencia de fotografías de la brazada subacuática de braza desde la vista lateral. La nadadora es Anita Nall.

(a) Primer deslizamiento (obsérvese el ángulo del cuerpo hacia abajo).

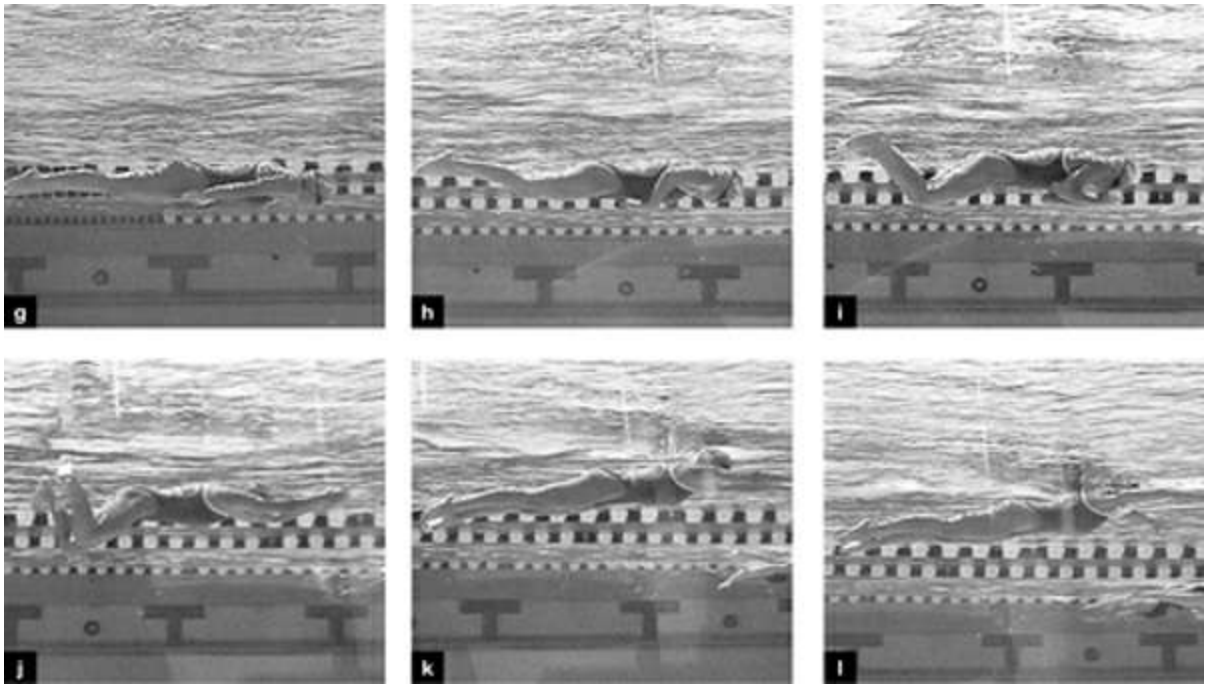
(b) Comienzo del movimiento hacia fuera de los brazos.

(c) Agarre de los brazos.

(d) Punto medio del movimiento hacia dentro de los brazos.

(e) Final del movimiento hacia dentro. Comienzo del movimiento hacia arriba de los brazos.

(f) Continuación del movimiento hacia arriba de los brazos.



(g) Segundo deslizamiento.

(h) Recobro hacia delante de los brazos.

(i) Continuación del recobro de los brazos. Recobro hacia delante de las piernas.

(j) Extensión de los brazos (hacia la superficie). Comienzo de la fase propulsora de las piernas.

(k) Comienzo del movimiento hacia fuera de los brazos (obsérvese que la cabeza se acerca a

la superficie). Final de la fase propulsora de las piernas.

(l) Punto más ancho de la brazada (obsérvese que la cabeza está por encima de la superficie).

El movimiento hacia arriba es la fase más propulsora de la brazada subacuática. La velocidad de los brazos se reducirá durante la transición del movimiento hacia dentro al movimiento hacia arriba y luego aumentará rápidamente hasta el final del movimiento. La velocidad de los brazos debe maximizarse durante este movimiento.

El segundo deslizamiento

Una vez completado el movimiento hacia arriba, los nadadores deben girar las palmas hacia dentro y colocarlas contra los muslos para deslizar en una posición hidrodinámica, tal y como se ve en la figura 7.22g. Las piernas deben estar estiradas y juntas con los dedos de los pies extendidos hacia atrás y hacia arriba. La cabeza debe estar alineada con el cuerpo y no se debe arquear ni flexionar la cintura.

Esta posición hidrodinámica debe mantenerse sólo un corto tiempo porque los nadadores desacelerarán muy rápidamente. Una vez que empiece a disiparse el ímpetu de la brazada subacuática, los nadadores deben realizar el recobro de los brazos hacia delante y subir el cuerpo a la superficie realizando una patada.

El recobro de los brazos y la subida a la superficie con una patada

Desde la posición hidrodinámica del segundo deslizamiento, los nadadores deben realizar el recobro de los brazos hacia delante para colocarlos debajo

del pecho. Luego deben estirarlos hacia delante y subir el cuerpo hacia arriba con una patada, para romper la superficie del agua.

Para reducir el arrastre por empuje, los bracistas deben deslizar los brazos hacia delante por debajo del cuerpo flexionando los codos con la parte superior del brazo y el codo cerca del costado. Las manos deben avanzar, con el pulgar primero y las palmas mirando hacia arriba de manera que se deslicen hacia delante con el mínimo de área de superficie empujando hacia delante contra el agua. Nall hace esto muy bien en las figura 7.22 h-i.

Los nadadores deben empezar a extender los brazos hacia delante cuando pasan la cabeza, como se ve en la figura 7.22i. Deben girar las palmas hacia abajo y extender los brazos hacia delante en una posición hidrodinámica con los codos juntos hasta que los brazos se encuentren totalmente extendidos delante del cuerpo. También los nadadores deben realizar el recobro de las piernas cuando los brazos pasan la cabeza y empiezan a extenderse hacia la superficie. Luego deben ejecutar una poderosa patada mientras completan la extensión final y tratan de alcanzar la superficie. La cabeza debe estar hacia abajo, alineada con el cuerpo, durante la brazada subacuática y durante la mayor parte del recobro de los brazos. Sin embargo, los nadadores deben empezar a mirar hacia arriba al extender los brazos hacia la superficie.

El recobro de las piernas debe ser lo más suave posible para reducir el arrastre por empuje. Los nadadores deben realizar el recobro de las piernas hacia delante sin flexionar las caderas hasta justo antes de que éstas empiecen a desplazarse hacia fuera para lograr la posición del agarre. Las rodillas también deben permanecer dentro del contorno del cuerpo durante este recobro.

La patada debe llevar a los nadadores hasta la superficie con una trayectoria gradual diagonal de manera que estén avanzando más que subiendo cuando el cuerpo llega a la superficie. Los nadadores no deben deslizar hasta la superficie. Deslizar causará demasiada desaceleración antes del comienzo de la primera brazada. Por consiguiente, los nadadores deben empezar a desplazar los brazos hacia fuera cuando termina la fase propulsora de la patada y se están juntando las piernas, como hace Nall en la figura 7.22k.

Este movimiento hacia fuera debe empezar mientras la cabeza esté todavía debajo del agua. Haciéndolo así, los brazos pueden estar en la posición del agarre y los nadadores pueden empezar a propulsar el cuerpo hacia delante con muy poco retraso una vez que la cabeza llegue a la superficie, tal y como se ve en la figura 7.22l.

Una vez que la cabeza haya llegado a la superficie, los nadadores deben respirar en el momento normal de su brazada, es decir, cuando haya terminado la fase propulsora y estén realizando el recobro de los brazos hacia la superficie. Los nadadores no deben retrasar el movimiento hacia fuera ni el movimiento hacia dentro de los brazos para respirar. Si lo hacen reducirán su velocidad de avance considerablemente. Quieren romper la superficie con esta primera brazada. No quieren deslizar hasta la superficie, respirar y luego empezar el tirón de los brazos.

La sincronización es crítica en esta técnica. Los nadadores deben estar completando el movimiento hacia fuera de la brazada al llegar a la superficie. Pero no pueden permitir que los brazos giren hacia dentro antes de que la cabeza suba por encima de la superficie o serán descalificados. Con la práctica, los nadadores deben poder utilizar esta técnica sin miedo a la descalificación y mejorarán sus tiempos considerablemente.

Mis propias comprobaciones con varios nadadores universitarios han mostrado que subir hacia la superficie y romperla con la brazada aumentará la velocidad del viraje. Desde el momento en que la mano toca la pared hasta el punto medio del siguiente largo de una piscina corta, se aumenta la velocidad del viraje en 0,30 s de promedio, cuando se compara con deslizar hasta la superficie antes de realizar la primera brazada. Esta técnica significa una mejora de casi 1 s en las pruebas de 100 yardas y 200 metros en las que los nadadores realizan tres virajes, y con siete virajes, los tiempos podrían mejorar en más de 2 s para carreras de 200 yardas ó 200 metros en piscina corta.

Errores comunes del estilo de braza

Las siguientes listas incluyen algunos de los errores más comunes cometidos por los bracistas. Primero se presentarán los errores de las varias fases de la brazada; a continuación se expondrán los errores comunes durante las varias fases de la patada, y luego los errores de la hidrodinámica del cuerpo y de la respiración. También se describirán los errores cometidos durante las varias fases de la brazada subacuática y la patada que impulsa a los nadadores a la superficie.

Errores de la brazada

Se describen los errores más comunes cometidos por los nadadores durante el movimiento hacia fuera, el movimiento hacia dentro y el recobro de la brazada en esta sección.

Errores del movimiento hacia fuera

Los errores más comunes del movimiento hacia fuera son: (1) desplazar los brazos demasiado poco hacia fuera; (2) desplazar los brazos demasiado hacia fuera, o (3) realizar el movimiento hacia fuera con demasiado vigor.

1. Los nadadores que utilizan un corto movimiento hacia fuera tienden a girar las manos hacia abajo y empujan contra el agua antes de que los brazos se hayan desplazado bastante hacia fuera para lograr orientarse hacia atrás contra el agua. Como resultado empujan hacia abajo contra el agua en la posición clásica del codo caído. Los nadadores deben esperar hasta que los brazos estén suficientemente separados para mirar hacia atrás contra el agua antes de empezar el movimiento hacia dentro.

2. Un segundo error ocurre cuando los nadadores desplazan las manos demasiado hacia fuera antes de empezar el movimiento hacia dentro. Los nadadores que separan demasiado los brazos generalmente desplazan los brazos hacia fuera y hacia atrás durante este movimiento, y hacia dentro y hacia delante durante el movimiento hacia dentro. Aunque muchos buenos bracistas utilizan este estilo, creo que este tipo de brazada es potencialmente inferior a una en la que los brazos se desplazan hacia fuera y hacia delante durante el movimiento hacia fuera, y hacia dentro y hacia atrás durante el movimiento hacia dentro.

3. El último error que cometen los nadadores durante el movimiento hacia fuera es empujar el agua hacia los lados con los brazos. Como se indicó anteriormente, esto sólo reducirá su velocidad de avance. Los nadadores no deben empujar hacia fuera con los brazos ni con las palmas durante este movimiento. Deben esperar hasta que ambos estén fuera de la línea de los hombros y mirando hacia atrás antes de tratar de ejercer fuerza con ellos.

Los errores del movimiento hacia dentro

Los errores más comunes cometidos por los nadadores durante esta fase de la brazada ya se han mencionado: dirigir las manos hacia delante. La velocidad de avance del cuerpo disminuirá drásticamente una vez que los nadadores empiecen a desplazar los brazos hacia delante durante el movimiento hacia dentro. Por consiguiente, terminarán este movimiento demasiado pronto o perderán tiempo y esfuerzo ejecutando un movimiento que no es propulsor.

El dibujo de la figura 7.23 muestra por qué los nadadores no consiguen propulsión cuando los brazos se desplazan hacia delante. El movimiento hacia delante y hacia dentro produce una fuerza de arrastre que se dirige hacia fuera y hacia atrás, y una fuerza de sustentación que se dirige hacia delante y hacia fuera. Es inevitable que los nadadores desaceleren cuando desplazan las manos hacia delante durante el movimiento hacia dentro porque cualquier pequeño componente de fuerza que puede ser producido por esta dirección del movimiento del miembro será anulado por el gran componente

de la fuerza de arrastre, que también están produciendo, que se dirige hacia atrás.

Dos errores son responsables de esta pérdida de propulsión durante el movimiento hacia dentro: (1) una preocupación por evitar que los codos se desplacen hacia atrás detrás de los hombros, y (2) un énfasis exagerado en sacar las manos rápidamente hacia delante durante el recobro de los brazos.

1. Nos han dicho durante años que los nadadores no deben permitir que los codos se desplacen detrás de los hombros durante el movimiento hacia dentro para evitar el error del codo caído. Como resultado, muchos nadadores desplazan las manos hacia delante durante este movimiento con el fin de evitar que los codos se desplacen hacia atrás detrás de los hombros durante esta fase de la brazada. De hecho, los nadadores no pueden realizar un movimiento hacia dentro propulsor sin que los codos se desplacen detrás de los hombros. Sin embargo, esto no significa necesariamente que estén dejando caer los codos. Sólo dejan caer los codos si empujan hacia abajo contra el agua con los brazos durante el movimiento. No dejan caer los codos si realizan el movimiento hacia dentro con la aducción del hombro que mantiene los brazos desplazándose hacia atrás hasta que se complete dicho movimiento. Los brazos se desplazarán un poco por detrás de los hombros, y deben hacerlo, cuando completan el movimiento hacia dentro de esta forma.

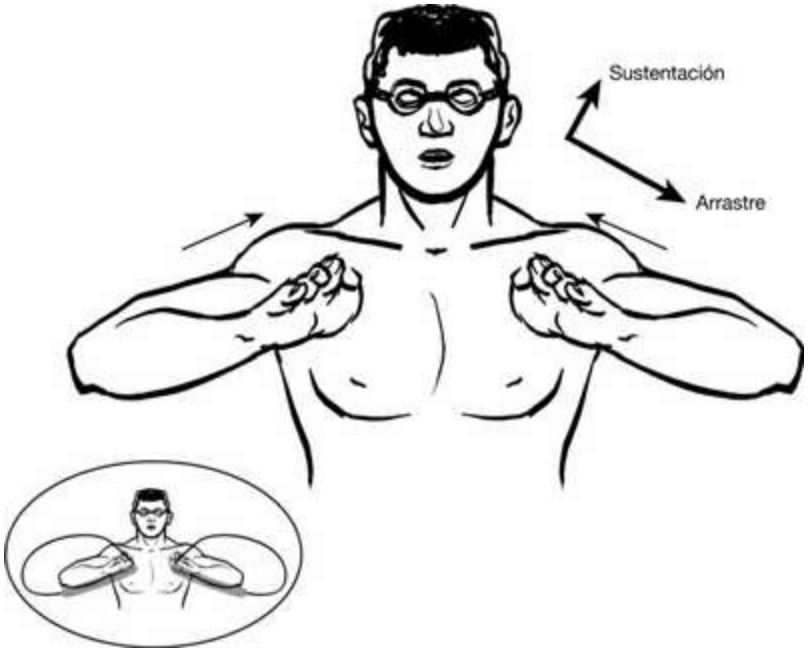


Figura 7.23. El efecto de desplazar las manos hacia delante durante el movimiento hacia dentro.

2. Otro error que hace que los nadadores desplacen las manos hacia delante durante el movimiento hacia dentro es un intento de sacarlas rápidamente por delante durante el recobro. A menudo se enseña a los nadadores a acelerar las manos hacia delante durante el recobro para impedir que se queden bloqueadas debajo del mentón. Desafortunadamente, esto hace que muchos bracistas aceleren las manos hacia delante durante el movimiento hacia dentro. Aunque esto consigue que saquen las manos rápidamente, también causa una pérdida de propulsión durante el movimiento hacia dentro.

El método que pueden utilizar los nadadores para aducir los brazos hacia atrás desde la articulación del hombro sin que se queden bloqueados se describió anteriormente en la sección dedicada al movimiento hacia dentro. Pueden apretar los codos hacia abajo y hacia delante rápidamente después de que las manos pasen por debajo de los hombros, y así cambiar su dirección de hacia atrás a hacia delante sin interrupción.

Errores del recobro

Los errores más comunes cometidos por los nadadores durante el recobro de los brazos son: (1) empujar las manos hacia delante con demasiada fuerza y con una posición poco hidrodinámica, y (2) empujar los brazos demasiado hacia abajo en el agua al extenderlos hacia delante.

1. Empujar las manos hacia delante con demasiada fuerza y con una posición poco hidrodinámica aumentará el arrastre por empuje en la dirección inversa, lo que reducirá la velocidad de avance más aún de lo que ya está siendo reducida durante esta fase del ciclo de brazada. Uno de los errores más comunes cometidos en esta fase de la brazada por los nadadores es empujar los brazos hacia delante contra el agua presentando demasiada área de superficie al realizar el recobro hacia delante. Se muestra a un nadador que está cometiendo este error en la figura 7.24b. Este nadador empieza a empujar los brazos hacia delante mientras todavía están a bastante profundidad. Como resultado, empujará hacia delante contra el agua con los antebrazos y la parte superior del brazo al extenderlos hacia la superficie.

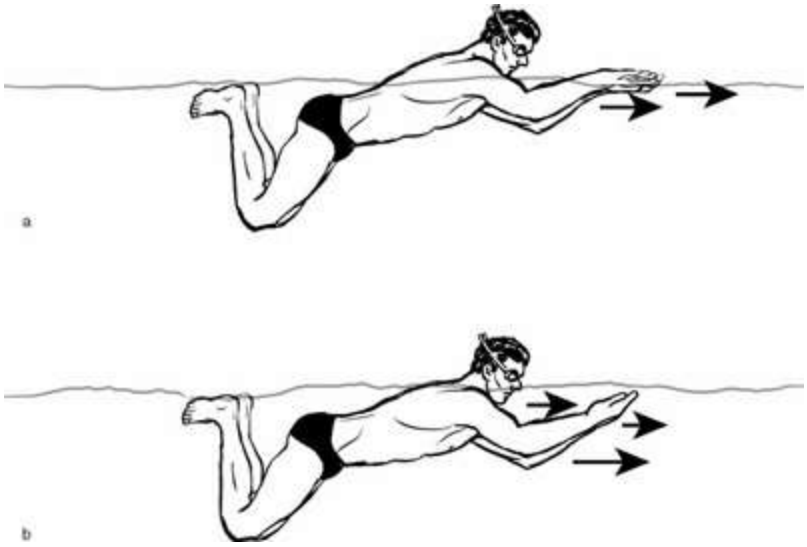


Figura 7.24. El nadador en (a) está realizando un recobro correcto de los brazos, mientras

que el nadador en (b) está cometiendo el error de empujar los brazos hacia delante en dirección a la superficie al empezar el recobro hacia delante. Esto aumentará el arrastre de manera considerable.

Los nadadores deben traer los brazos a la superficie antes de empezar a extenderlos hacia delante. Luego deben girar las palmas hacia abajo y deslizar las manos y los brazos hacia delante por la superficie, con las yemas de los dedos primero, presentando el área de superficie más pequeña al agua. El nadador de la figura 7.24 a está realizando el recobro de esta forma.

2. El último problema es estirar los brazos demasiado hacia abajo en el agua al extenderlos. Los brazos deben extenderse hacia delante alineados con la inclinación del tronco. Para un bracista que utiliza el estilo ondulatorio, ésta será hacia delante y ligeramente hacia abajo. El dibujo de la figura 7.25 muestra a un nadador que está estirando sus brazos demasiado hacia abajo al extenderlos hacia delante. Obsérvese que sus brazos están inclinados más hacia abajo que su tronco.

Realizar el recobro de esta forma hará que el nadador dibujado en la figura 7.25 empuje agua hacia delante con el lado superior de sus brazos. También aumentará la cantidad de agua contra la que su cuerpo tiene que empujar al avanzar. Además tardará más en subir los brazos a la posición del agarre al desplazarlos hacia fuera. La zona sombreada más oscura delante del nadador indica el área adicional de arrastre creada por el movimiento excesivamente descendente de los brazos.

Errores de la patada

Se describen en esta sección los errores normales cometidos por los nadadores durante el recobro, el movimiento hacia fuera, el movimiento hacia dentro y la elevación de las piernas.

Errores del recobro

Los errores más comunes cometidos durante esta fase de la patada de braza se trataron anteriormente en este capítulo. Uno de ellos es que los nadadores empujen los muslos hacia abajo y hacia delante contra el agua. Otros errores comunes incluyen: (1) realizar el recobro con las piernas demasiado separadas o (2) con los pies en una posición poco hidrodinámica; (3) carecer de flexibilidad para realizar un agarre alto, y (4) no situar los pies en la posición correcta del agarre antes de extender las piernas.

1. Un error que cometen los nadadores es realizar el recobro de las piernas hacia delante con las rodillas demasiado separadas como en el estilo de la patada de cuña. Se aumentarán el arrastre por forma y por empuje cuando los nadadores avancen las piernas con las rodillas demasiado separadas. Las rodillas deben permanecer dentro de la línea de los hombros durante el recobro.

2. Algunos nadadores también realizan el recobro con los pies en una posición poco hidrodinámica. Esto también aumentará el arrastre por forma y por empuje. Los nadadores deben mantener los pies en una buena posición hidrodinámica con los dedos apuntando hacia atrás y dentro de la línea de las caderas hasta que se complete el recobro de las piernas y empiecen a desplazarlos hacia fuera.

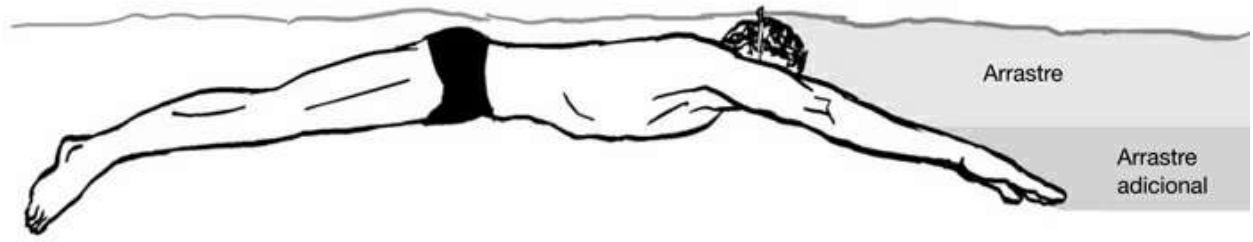


Figura 7.25. El error de extender los brazos demasiado hacia abajo en el recobro. Extenderlos hacia abajo y hacia delante aumentará el arrastre por forma porque los brazos

del nadador estarán empujando el agua hacia delante por debajo de la línea del tronco.

3. Otro error consiste en que los nadadores desplacen los pies hacia fuera a la posición del agarre con un movimiento circular. Algunos nadadores no poseen la flexibilidad rotativa de las articulaciones de caderas, rodillas y tobillos que les permitiría flexionar los pies y girarlos bastante hacia fuera para lograr un agarre alto. Como resultado, tienen que empujar las piernas un poco hacia atrás antes de poder situar los pies correctamente para aplicar la fuerza propulsora. Esto acortará la fase propulsora de la patada. Los nadadores que tienen este problema deben realizar ejercicios especiales de estiramientos para aumentar la flexibilidad de estas articulaciones.

4. Un último error que cometen algunos nadadores es no colocar los pies en una buena posición para el agarre antes de empezar a extender las piernas. Los nadadores deben desplazar las piernas hacia fuera con un suave movimiento circular con un mínimo de movimiento hacia atrás cerca del final del recobro de las piernas, esperando hasta que los pies estén mirando hacia atrás al agua antes de empezar a extenderlas.

Errores del movimiento hacia fuera

Los errores más comunes que pueden cometer los nadadores en el movimiento hacia fuera son: (1) empujar las piernas demasiado hacia abajo, o, al contrario, (2) empujar los pies hacia atrás sin realizar el movimiento circular hacia fuera. Puede que los nadadores también cometan el error de (3) ejecutar el movimiento hacia fuera con los pies en flexión plantar (apuntando hacia atrás) en lugar de dorsiflexión (aplanados).

1. El movimiento hacia fuera de la patada tendrá un pequeño componente hacia abajo, al dejar caer los nadadores los pies hasta el nivel del cuerpo mientras los extienden hacia atrás. Sin embargo, realizar la patada demasiado profunda les hará perder un poco de la fuerza propulsora. Los nadadores deben sentir que están extendiendo las piernas directamente hacia atrás

alineadas con el cuerpo.

2. Algunos nadadores mantienen las rodillas demasiado juntas y realizan la patada hacia atrás con los pies muy juntos. Esto disminuirá el alcance efectivo de la patada y reducirá la parte del movimiento hacia dentro tanto que se perderá un poco de propulsión. También puede causar dolor en las articulaciones de las rodillas si los nadadores tratan de mantenerlas demasiado juntas mientras ejecutan la patada hacia atrás.

3. Algunos nadadores no mantienen la dorsiflexión de los pies durante el movimiento hacia fuera. En lugar de esto, dirigen las puntas de los pies hacia atrás y los deslizan por el agua sin generar una cantidad significativa de fuerza propulsora al extender las piernas. Los nadadores deben llevar la punta de los pies hacia arriba, flexionando los tobillos, y mantener la posición flexionada de los mismos hasta que haya finalizado la fase propulsora de la patada.

Errores del movimiento hacia dentro y de la elevación de las piernas

Los errores más comunes cometidos por los nadadores en esta fase de la patada son: (1) extender los pies hacia atrás antes de terminar el movimiento hacia dentro; (2) no elevar las piernas después de completar dicho movimiento, y (3) mantener las piernas demasiado juntas.

1. El error más común cometido por los nadadores en esta fase de la patada es extender los pies hacia atrás antes de terminar el movimiento hacia dentro. Los nadadores no deben apuntar los dedos de los pies hacia atrás y elevar las piernas hacia la superficie hasta que los pies estén casi juntos. En lugar de esto, deben seguir desplazando los pies hacia dentro y hacia abajo a través del agua con las plantas de los pies mirando hacia dentro.

2. Otro error común cometido por los nadadores es retrasar la elevación de las piernas después de completar el movimiento hacia dentro. Se ilustra este error en el dibujo de la figura 7.26. El nadador del dibujo no eleva sus piernas después de completar el movimiento hacia dentro. Por lo tanto, sus piernas siguen estando por debajo del tronco, donde aumentarán el arrastre por forma y reducirán su velocidad de avance durante la próxima brazada.

3. Otro error, que esta vez implica la patada entera, consiste en que el nadador mantiene las piernas demasiado juntas al extenderlas hacia atrás. Con una patata estrecha muchos nadadores no pueden orientar los pies hacia atrás para el agarre hasta que hayan extendido bastante las piernas, lo que reduce la longitud de la fase propulsora. Además, mantener las rodillas juntas impone un mayor estrés sobre los ligamentos y los meniscos internos al intentar rotar la parte inferior de las piernas hacia fuera hasta la posición del agarre. Una patada que es lo suficientemente ancha para prevenir lesiones y la pérdida de fuerza propulsora, y sin embargo no es demasiado ancha, es la que coloca las rodillas con una separación aproximada a la anchura de los hombros cuando los nadadores realizan el recobro de las piernas hacia delante. Deben rotar los pies fuera de la línea de los hombros durante el movimiento hacia fuera y la primera parte del movimiento hacia dentro, pero los pies deben estar volviendo al ancho de los hombros al acercarse las piernas a la extensión completa.

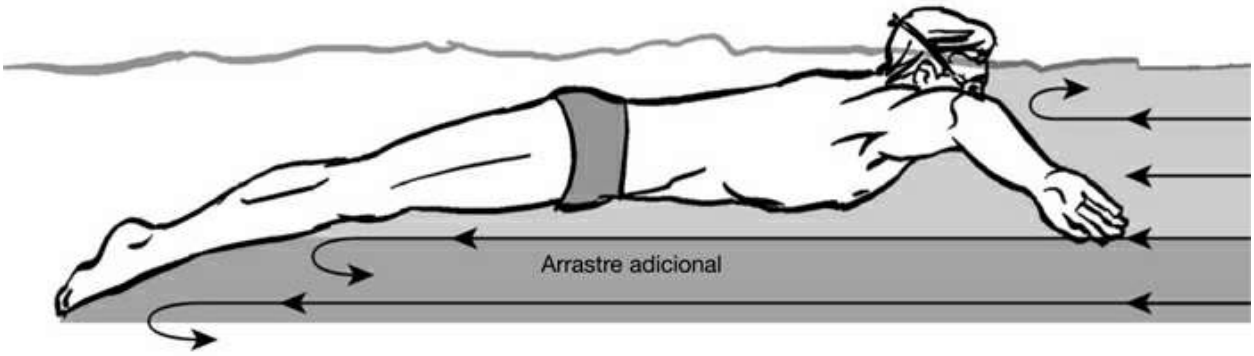


Figura 7.26. El error de dejar las piernas suspendidas al final de la fase propulsora de la patada. Esto aumentará el arrastre por forma porque las piernas de los nadadores estarán por debajo del nivel del tronco.

Errores de la sincronización y de la respiración

Se describen en esta sección los errores cometidos por los nadadores en la sincronización de brazos y piernas, la posición del cuerpo y la respiración.

Errores de la sincronización

Los principales errores que cometen los nadadores en esta área, que se trataron anteriormente en este capítulo, son utilizar el deslizamiento o la sincronización continua en lugar de la sincronización super-puesta. Un error que no se mencionó anteriormente es que algunos nadadores intentan realizar el recobro de las piernas durante la fase propulsora de la brazada. Cuando ocurre esto, las piernas actúan como frenos, reduciendo la velocidad de avance. Los nadadores deben esperar hasta que hayan completado el movimiento hacia dentro de la brazada antes de empezar el recobro de las piernas.

Errores de la respiración

Los errores más comunes de la respiración incluyen:

(1) respirar demasiado pronto; (2) subir a la superficie con un ángulo demasiado agudo, y (3) mantener la cabeza por encima del agua durante la patada.

1. El error más frecuente que cometen los bracistas es respirar demasiado pronto. Respiran durante el movimiento hacia fuera de la brazada, lo que

altera la posición hidrodinámica durante una fase de la brazada en la que los nadadores ya están desacelerando. Respirar en este momento también hará que los nadadores empujen los brazos hacia abajo durante el movimiento hacia fuera para dar apoyo a la cabeza. Los nadadores deben respirar al final del movimiento hacia dentro. La cabeza y los hombros estarán en su punto más alto, así que éste es el momento ideal para respirar.

2. Otro error es subir a la superficie con un ángulo demasiado agudo cuando respiran. Los nadadores empujan la cabeza hacia arriba y hacia atrás y arquean la espalda para salir mucho del agua. Esto reducirá la velocidad de avance. Deben llevar la cabeza y los hombros hacia la superficie siguiendo una trayectoria diagonal gradual de tal manera que el cuerpo esté avanzando además de subir cuando respiran.

3. Algunos bracistas mantienen la cabeza por encima del agua cuando ejecutan la patada hacia atrás. Como se mencionó anteriormente, las nuevas reglas permiten a los nadadores meter la cabeza debajo del agua durante gran parte del ciclo de brazada. Los nadadores deben aprovechar esta oportunidad para adoptar una posición hidrodinámica y colocar la cabeza debajo del agua en alineación con los brazos durante la patada. Sin embargo, los nadadores que utilizan esta técnica no deben meter la cabeza demasiado por debajo de los brazos, ni deben zambullirse excesivamente para sumergirla.

Errores de la brazada subacuática

Los nadadores pueden cometer errores en todas las fases de la brazada subacuática, y lo hacen. Empezaré con algunos de los errores comunes cometidos durante los períodos de deslizamiento justo antes y justo después de completarla.

Errores cometidos durante el primer y el segundo deslizamiento

Muchos nadadores deslizan durante demasiado tiempo para maximizar la distancia que avanzan debajo del agua. Sin embargo, nunca deben deslizar tanto que desaceleren a menos de la velocidad de la carrera antes de empezar la brazada subacuática o antes de empezar a subir a la superficie con una patada. De hecho añadirá tiempo a sus carreras si la velocidad cae por debajo de la velocidad de la carrera durante el deslizamiento.

En cambio, es una tontería que los nadadores empiecen la brazada subacuática mientras están avanzando más rápidamente que la velocidad de la carrera. Deben aprender a intuir cuándo es el momento de empezar la brazada subacuática. Deben deslizar menos en las carreras cortas y ligeramente más al aumentar la distancia de la prueba porque la velocidad media por ciclo de brazada será menor en las carreras más largas.

Errores cometidos durante la brazada

Los cuatro errores técnicos más comunes cometidos por los nadadores durante la brazada subacuática son: (1) realizar un movimiento estrecho hacia fuera; (2) hacer un movimiento ancho hacia dentro, y (3) empujar hacia arriba demasiado o (4) demasiado poco durante el movimiento hacia arriba.

1. Los nadadores cometen los mismos errores en la brazada subacuática que los descritos para la brazada en la superficie cuando no separan los brazos bastante para orientarlos hacia atrás antes de empezar a empujar contra el agua. En su lugar, empujan hacia abajo sobre el agua, elevando el cuerpo a la superficie más de lo que lo impulsan hacia delante.

2. Algunos nadadores empujan las manos hacia atrás demasiado y demasiado poco hacia dentro durante el movimiento hacia dentro. Este movimiento de la brazada subacuática es un ejemplo de la aducción de los brazos desde la articulación del hombro. Durante este movimiento, los

nadadores deben desplazar los brazos hacia atrás, hacia abajo y hacia dentro en dirección a las costillas. Como resultado, las manos deben casi juntarse debajo de la línea media del cuerpo al final del movimiento hacia dentro.

3. Los nadadores que empujan demasiado hacia arriba durante el movimiento hacia arriba extienden los brazos demasiado pronto. Como resultado los brazos son extendidos mientras todavía están debajo del cuerpo. En esta posición estarán empujando hacia arriba en lugar de hacia atrás contra el agua con los antebrazos y así reducirán la velocidad de avance.

4. Muchos nadadores también cometen el error opuesto durante el movimiento hacia arriba de la brazada subacuática. Es decir, empujan demasiado poco hacia arriba al final del mismo. Paran la brazada subacuática antes de que las manos pasen por encima de las piernas. Cuando hacen esto, tienden a llegar demasiado rápidamente a la superficie durante el segundo deslizamiento. Los nadadores siempre deben terminar el movimiento hacia arriba con los brazos por encima de los muslos.

Errores del recobro de las piernas y de la subida a la superficie con una patada

Uno de los errores más comunes cometidos por los nadadores en esta parte de la brazada es deslizar hasta la superficie, cuyos efectos se describieron anteriormente en este capítulo. Otros errores incluyen: (1) realizar el recobro de los brazos con una posición poco hidrodinámica; (2) realizar el recobro de las piernas demasiado pronto; (3) flexionar demasiado las caderas, y (4) desplazar los brazos y las piernas hacia delante con demasiado vigor.

1. Algunos nadadores sostienen las manos y los brazos separados del cuerpo en posiciones poco hidrodinámicas al realizar el recobro hacia delante. Esto aumenta su área de superficie cuando empujan hacia delante contra el agua. Los brazos y las manos deben avanzar de canto, juntos, y cerca del cuerpo.

2. Algunos nadadores realizan el recobro de las piernas hacia delante al mismo tiempo que realizan el recobro de los brazos hacia la superficie. Por consiguiente, realizan el recobro de las primeras muy lentamente durante un período de tiempo más largo, lo que hace que la velocidad de avance disminuya más rápidamente durante esta fase de la brazada sub-acuática. No deben empezar a realizar el recobro de las piernas hacia delante hasta que los brazos estén pasando por los hombros y estirándose hacia delante durante su recobro. Tendrán todavía tiempo de sobra para situar las piernas en preparación para subir a la superficie con la patada si esperan hasta que los brazos estén a medio camino en el recobro antes de empezar el recobro de las piernas. Dicho recobro debe realizarse rápida pero suavemente con un mínimo de flexión de las caderas hasta que empiece el movimiento hacia fuera de la patada.

3. Los nadadores deben realizar el recobro de las piernas hacia delante durante la brazada subacuática de la misma forma que cuando nadan en la superficie. Es decir, deben traer la parte inferior de la pierna hacia delante flexionando las rodillas, y sin flexionar las caderas hasta que estén preparados para desplazar las piernas hacia fuera para el agarre. Flexionar las caderas durante el recobro de las piernas sólo reducirá la velocidad de avance casi completamente.

4. Algunos nadadores desplazan los brazos y las piernas hacia delante con demasiado vigor. Todos los movimientos de recobro tanto de brazos como de piernas deben realizarse rápida pero suavemente. Los nadadores deben presentar la menor área de superficie posible al agua con brazos y piernas al realizar el recobro hacia delante, y no deben empujarlos con gran fuerza.

Ejercicios para el estilo de braza

Se presentan en esta sección algunos de los mejores ejercicios para mejorar el estilo de braza. Incluyen ejercicios para la brazada y la patada, y ejercicios para mejorar los movimientos del cuerpo y la respiración. También se presentan algunos para mejorar la brazada subacuática.

Ejercicios de brazada

El ejercicio de braza exagerada descrita en el capítulo 3 (página 94) es excelente para aprender la brazada. A continuación se presentan otros ejercicios buenos para ello.

El ejercicio de braza con un solo brazo

Los nadadores pueden avanzar a braza utilizando un solo brazo con o sin utilizar las piernas. Se debe mantener el otro extendido por delante. Este ejercicio ayuda a los bracistas a concentrarse en la técnica de la brazada, ya que sólo utilizan un brazo a la vez. También es un ejercicio excelente para mejorar la brazada del brazo no dominante.

Nadar con los puños

Este ejercicio está diseñado para ayudar a los nadadores a utilizar los brazos con más eficacia durante el tirón. Los nadadores pueden nadar repeticiones de cualquier distancia sólo con los brazos o con el estilo completo cerrando las manos en un puño. También es un buen ejercicio para mejorar el brazo no dominante si nadan, sólo con los brazos o con el estilo completo, con la mano dominante cerrada en un puño y la del brazo no dominante abierta. Puede que aprendan a utilizar el brazo no dominante con más eficacia cuando la capacidad para producir fuerza propulsora del brazo dominante esté limitada.

El ejercicio de desplazar los brazos lentamente

hacia fuera y rápidamente hacia dentro

Este ejercicio también puede ejecutarse sólo con los brazos o con el estilo completo. Los nadadores deben desplazar los brazos hacia fuera lenta y suavemente hasta que el agua esté detrás de ellos y luego ejecutar el movimiento hacia dentro con rapidez y potencia. Es un ejercicio excelente para enseñar a los nadadores a realizar un buen agarre y a poner el énfasis donde proceda, en el movimiento hacia dentro de la brazada.

Ejercicios de patada

Se detallan cinco ejercicios de patada que son muy buenos para mejorar la patada de braza. Se describe cada uno en esta sección.

El ejercicio para maximizar la distancia lograda con la patada

Los nadadores avanzan por la piscina dando el menor número de patadas posible. Pueden realizar este ejercicio con o sin tabla. Les ayuda a maximizar las fases propulsoras de la patada y a adoptar una posición hidrodinámica con el tronco y las piernas durante el deslizamiento. Hay que recordarles que eleven las piernas para que estén alineadas con el tronco durante el deslizamiento.

El ejercicio del batido de delfín

Se puede ejecutar este ejercicio con o sin tabla. Sin embargo, funciona mejor sin ella porque los nadadores pueden ondular el cuerpo de una forma más natural. Los nadadores se esfuerzan en empujar las caderas hacia arriba y hacia delante por encima del agua con cada batido. Hay que avisar a los nadadores que no exageren la ondulación.

Ejercicio de realizar la patada de espaldas

En este ejercicio los nadadores pueden recorrer cualquier número de largos de espaldas. Deben extender los brazos por encima de la cabeza en la superficie del agua y con las palmas mirando hacia arriba. Este ejercicio ayuda a los bracistas a aprender el recobro de las piernas sin empujar los muslos hacia arriba porque si lo hacen las rodillas romperán la superficie del agua.

El ejercicio de la patada con las manos hacia atrás

Este ejercicio es quizás el mejor para enseñar a los bracistas a realizar el recobro de las piernas hacia delante sin flexionar las caderas. También es excelente para enseñarles a bajar las caderas y elevar la cabeza y los hombros durante el recobro de las piernas. Los nadadores avanzan por la piscina dando patadas sin tabla. Los brazos deben estar extendidos detrás de ellos y las manos deben estar al lado de las caderas, cerca de la superficie del agua. Deben tocar las manos con los pies cada vez que realizan el recobro de las piernas hacia delante.

Hay que indicar a los nadadores que retrasen la flexión de las caderas hasta que empiecen el movimiento hacia fuera de la patada. También hay que indicarles que levanten la cabeza y bajen las caderas para respirar durante el recobro de las piernas, y que bajen la cabeza y los hombros para adoptar una

posición hidrodinámica por debajo del agua antes de ejecutar la fase propulsora de la patada. Se ve a una nadadora realizando este ejercicio en la figura 7.27.

El ejercicio del recobro de las piernas

En este ejercicio, los nadadores deben realizar la patada en posición prona sin tabla. Los brazos deben estar juntos y extendidos hacia delante en el agua. Deben concentrarse en mantener el cuerpo avanzando durante el recobro de las piernas con el encogimiento de hombros mientras que las piernas se elevan, y luego dejando caer la cabeza y el tronco por debajo del agua para adoptar una posición hidrodinámica al extenderlas hacia atrás. Los bracistas también deben concentrarse en flexionar las piernas correctamente durante el recobro y en levantarlas a una posición hidrodinámica durante el deslizamiento. Inicialmente es mejor realizar este ejercicio con largos deslizamientos para que los nadadores puedan aprender a adoptar una posición hidrodinámica durante el movimiento hacia dentro de la patada y el siguiente deslizamiento. Luego pueden realizar la patada con deslizamientos más cortos para mejorar la posición hidrodinámica con ritmos más cercanos a los que utilizan en la competición.

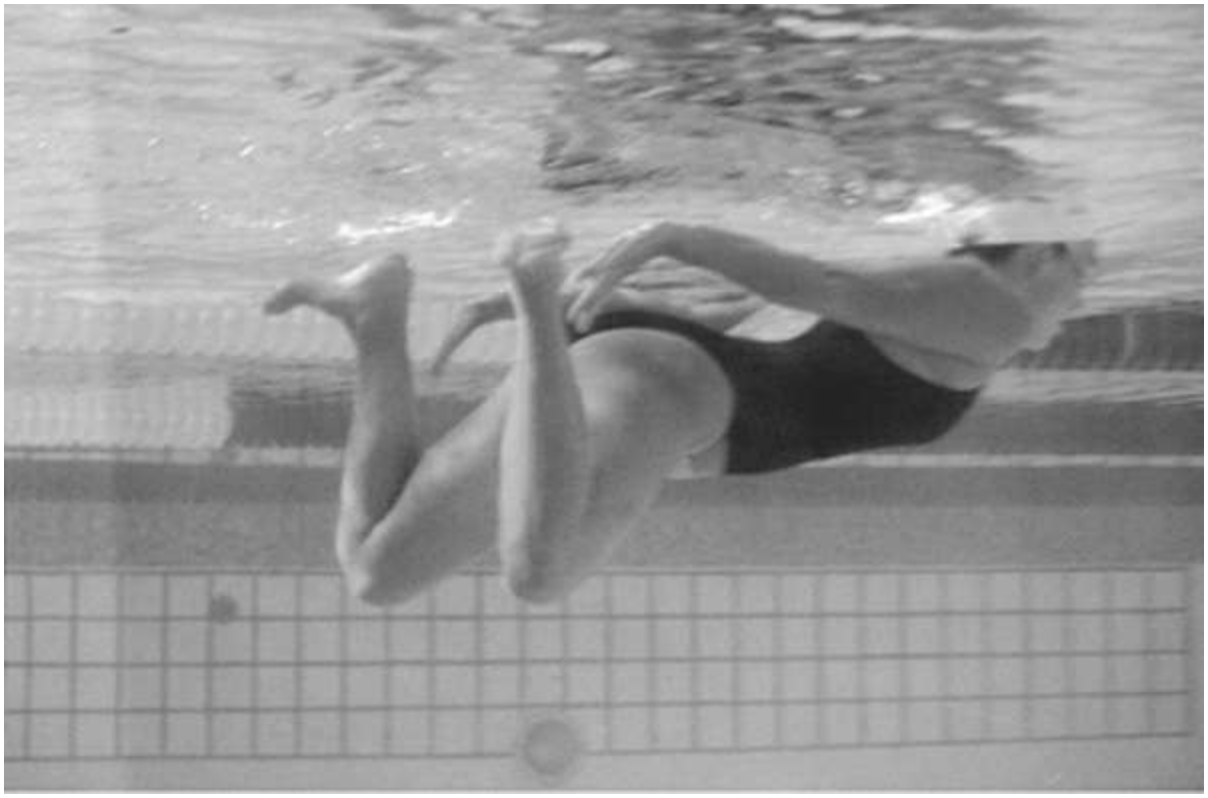


Figura 7.27. El ejercicio de la patada con las manos hacia atrás ejecutado por Mindi Bach.

La posición del cuerpo y los ejercicios de sincronización

Se describen en esta sección tres de los mejores ejercicios para mejorar el movimiento ondulatorio del cuerpo en braza y la sincronización de brazos y piernas.

El ejercicio de la patada y el estiramiento

Los nadadores deben realizar la patada sin tabla ejecutando un medio tirón con los brazos después de cada patada. Después del movimiento hacia fuera, y sin completar el movimiento hacia dentro, deben extender los brazos delante del cuerpo para que queden en una buena posición hidrodinámica mientras realizan el recobro de las piernas y la patada.

Deben empezar el movimiento hacia fuera de los brazos de nuevo justo después de terminar el movimiento hacia dentro de esta patada. Es un buen ejercicio para enseñar la sincronización superpuesta.

El ejercicio de brazos y batido de delfín

Los nadadores realizan el batido de delfín mientras nadan varios largos con la brazada de braza sin flotador ni *pullbuoy*. La sincronización es un batido por brazada. El batido debe realizarse mientras los brazos se desplazan hacia fuera. Este ejercicio ayuda a los nadadores a percibir las sensaciones del estilo de braza ondulatoria. El movimiento de delfín no debe ser excesivo. Las caderas deben elevarse sólo ligeramente hacia la superficie cuando realizan el batido hacia abajo y no deben bajar las manos y la cabeza demasiado dentro del agua al extenderlas hacia delante. También deben concentrarse en aprovechar la ondulación corporal del batido mirando hacia arriba y desplazando las manos hacia fuera y hacia arriba cuando las caderas pasan por el pico de su ondulación hacia arriba.

El ejercicio de varias series continuas de tres brazadas

Éste es una modificación del ejercicio anterior y se utiliza con los mismos fines. Los nadadores deben nadar cualquier número de largos ejecutando series continuas de tres brazadas. Deben utilizar batidos de delfín durante las primeras dos brazadas de cada serie y una patada de braza durante la tercera.

Ejercicios para la brazada subacuática

Se recomiendan tres ejercicios para mejorar la distancia y la velocidad de los nadadores durante esta parte importante de sus carreras.

El ejercicio de la doble brazada

Los nadadores deben nadar varios largos haciendo dos brazadas subacuáticas después de cada viraje antes de subir a la superficie. Este ejercicio les ayuda a desarrollar su capacidad para maximizar sus brazadas subacuáticas en las carreras sin fatigarse.

El ejercicio para maximizar la distancia lograda con la brazada subacuática

Los nadadores tratan de avanzar la máxima distancia posible durante cada brazada subacuática antes de subir a la superficie. Es un buen ejercicio para enseñarles a maximizar los elementos propulsores de su brazada subacuática y a adoptar una posición más hidrodinámica durante los deslizamientos. Sin embargo, hay que decir a los nadadores que no prolonguen tanto su tiempo debajo del agua durante las carreras, o pasarán demasiado tiempo avanzando a velocidad lenta.

El ejercicio de velocidad con la brazada

subacuática

Este ejercicio se utiliza para contrarrestar la tendencia a deslizar demasiado que puede desarrollarse a consecuencia del ejercicio anterior. Hay que cronometrar a los nadadores desde cuando tocan la pared con las manos al principio del viraje hasta que alcancen algún punto predeterminado de la piscina después del viraje y de la brazada subacuática. Este punto normalmente debe ser donde salen a la superficie. Los nadadores deben tratar de maximizar la propulsión de brazos y piernas durante la brazada subacuática mientras que, al mismo tiempo, buscan el tiempo óptimo de deslizamiento que no cause demasiada desaceleración. También hay que indicarles que salgan a la superficie con una trayectoria diagonal gradual y que estén empezando la primera brazada en la superficie cuando la cabeza la rompa.

8

Salidas, virajes y llegadas

En estos tiempos de piscinas llenas y programas de mucho kilometraje, los nadadores pasan muy poco tiempo perfeccionando las técnicas de la salida, los virajes y la llegada. Es una omisión muy grave. Los tiempos de salida representan aproximadamente el 25% del tiempo total de las carreras de 25 m, el 10% de las carreras de 50 m y el 5% de las carreras de 100 m. Los nadadores de estilo libre pasan entre el 20% y el 30% de su tiempo haciendo los virajes en las carreras en piscina corta que van desde 50 yardas/metros hasta 1.650 yardas, respectivamente. Los bracistas en las carreras de 200 m en piscina corta pasan un increíble 39% de su tiempo en los virajes y la ejecución de sus brazadas subacuáticas (Thayer y Hay, 1984).

Los estudios que he realizado durante varios años indican que mejorar la salida puede reducir los tiempos de las carreras como promedio un mínimo de 0,10 s, mientras que mejorar los virajes disminuirá los tiempos de las carreras en al menos 0,20 s por largo de la piscina. Muchos nadadores también cometen errores en la llegada. Puede que realicen brazadas innecesarias o deslicen hasta la pared. Las llegadas mal sincronizadas pueden costar a los nadadores 0,10 s o más.

Los nadadores pueden conseguir mejoras importantes en las técnicas de la salida, los virajes y las llegadas pasando sólo unas pocas horas a la semana trabajando dichas destrezas. Por lo tanto, con una inversión mínima de tiempo, pueden mejorar su tiempo de 50 m en las piscinas cortas en al menos 0,40 s. Podrían reducir su tiempo en al menos 0,80 s en las carreras de 100 m en piscina corta porque hay dos virajes adicionales. Las mejoras en las carreras más largas serían aún más sorprendentes. Por ejemplo, mejorar los virajes podría reducir su tiempo en hasta 5 s en las carreras de 1.500 m en piscina larga y en 10 a 12 s en carreras de 1.500 m y 1.650 yardas en piscina corta.

La importancia de estas mejoras se ve en el hecho de que sólo 0,44 s separaban a la primera nadadora de la cuarta en la carrera de 50 m libres en los Juegos Olímpicos de 1996. En los 1.500 m hombres, 14 s separaban al primero del cuarto. Evidentemente, practicar las salidas, los virajes y las llegadas sería una buena inversión de tiempo para muchos nadadores.

Las salidas

Los nadadores salen desde un poyete en el borde de la piscina en las pruebas de estilo libre, mariposa y braza. Empiezan en el agua en las pruebas de espalda. Se han utilizado muchos estilos de salida a lo largo de los años. Inicialmente, los nadadores adoptaban una posición de preparados en el poyete con los brazos extendidos hacia atrás. Pronto aprendieron que podrían impulsar el cuerpo hacia el agua más rápidamente empezando con los brazos extendidos hacia delante y luego balanceándolos hacia atrás. Esta técnica fue conocida como la *salida con lanzamiento recto de los brazos hacia atrás*. Más tarde lo remplazó una *salida con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás*, más rápida en la que los brazos hacían un movimiento circular hacia arriba y hacia atrás por encima de la cabeza y luego hacia abajo y hacia delante mientras que el cuerpo se extendía hacia el agua desde el poyete. Realizar el movimiento circular con los brazos ayudaba a los nadadores a

vencer la inercia hacia atrás durante la primera parte del movimiento sin pararlos antes de balancearlos hacia delante en la segunda mitad. Esto, a su vez, aumentaba su velocidad de avance durante el vuelo por el aire. La salida con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás ahora ha sido remplazada por métodos aún más rápidos: *la salida de agarre* y *la salida de atletismo*.

La salida de agarre fue introducida por Eric Hanauer a finales de los sesenta y se hizo rápidamente popular. Hoy en día es usada por prácticamente todos los nadadores competidores (Hanauer, 1967). En la mayoría de los estudios en los que se comparó la salida de agarre con los métodos convencionales resultó ser más rápida (Bowers y Cavanaugh, 1975; Cavanaugh, Palmgren y Kerr, 1975; Jorgenson, 1971; Michaels, 1973; Roffer y Nelson, 1972; Thorsen, 1975; Van Slooten, 1973; Winters, 1968). Esto es porque los nadadores pueden impulsar el cuerpo hacia el agua más rápidamente tirando hacia arriba o hacia atrás del poyete que balanceando los brazos hacia atrás. Sin embargo, los nadadores desacelerarán también más rápidamente una vez que entren en el agua sin el momento del balanceo de los brazos.

No obstante, los estudios muestran que los nadadores que utilizan la salida de agarre normalmente son más rápidos en llegar al agua y en la *salida a la superficie,* aunque pierden un poco de velocidad durante el deslizamiento. Por ejemplo, Thorsen (1975) encontró que las velocidades horizontal y vertical eran mayores en la salida con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás, pero la salida de agarre era más rápida en 0,10 s hasta el punto de la entrada en el agua. Bowers y Cavanaugh (1975) afirmaron que los nadadores dejaban el poyete unos 0,17 s antes, como promedio, cuando utilizaban la salida de agarre comparada con la salida con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás. Esto explicaba prácticamente todas las diferencias de tiempo entre las dos salidas hasta un punto en la piscina a 10 yardas de la pared de salida.

Al principio, los nadadores que utilizaban la salida de agarre entraban en el agua de una forma muy similar a la que habían utilizado los métodos anteriores de salida: alcanzando poca profundidad. Llegaban al agua en una posición casi plana y empezaban a nadar casi inmediatamente. Sin embargo, después de algún tiempo, adoptaron un nuevo estilo de entrada que se conoce

por varios nombres, de los cuales los dos más comunes son *la entrada en agujero* o *carpado*. Prefiero el primer término y lo utilizaré durante toda esta sección.

En la entrada en agujero, los nadadores vuelan por el aire con la trayectoria de un arco alto, a menudo flexionando la cintura (posición carpada) de manera que puedan entrar en el agua con un ángulo muy agudo. La principal ventaja de la entrada en agujero es que los nadadores encuentran menos arrastre en el punto de entrada. Por consiguiente, se desplazan más rápidamente durante el deslizamiento por debajo del agua. Se ilustran las diferencias entre la entrada en agujero y la plana en la figura 8.1.

La primera nadadora a la izquierda está utilizando una entrada poco profunda. Entra en el agua en una posición plana, haciendo que desacelere rápidamente porque su cuerpo choca contra el agua en varios lugares a la vez. En cambio, el cuerpo entero de la nadadora que utiliza la entrada en agujero, que se muestra a la derecha, puede entrar en el agua a través de un punto, lo que permite que deslice debajo del agua con menos resistencia. Por consiguiente, desacelerará menos rápidamente durante el deslizamiento por debajo del agua.

Hace falta hacer una advertencia con respecto a la entrada en agujero. Ha resultado ser muy peligrosa cuando se utiliza en piscinas poco profundas. Varios nadadores han sufrido accidentes al chocar con la cabeza o la cara contra el fondo de la piscina. Un número reducido de estos nadadores sufrieron graves lesiones de cuello que les dejaron paralizados. Esta entrada no debe intentarse en piscinas de menos de 2 metros de profundidad. En un estudio de Counsilman *et al.* (1988), la profundidad a la que llegaron los nadadores con la entrada de agujero variaba entre 1 m y 1,7 m.

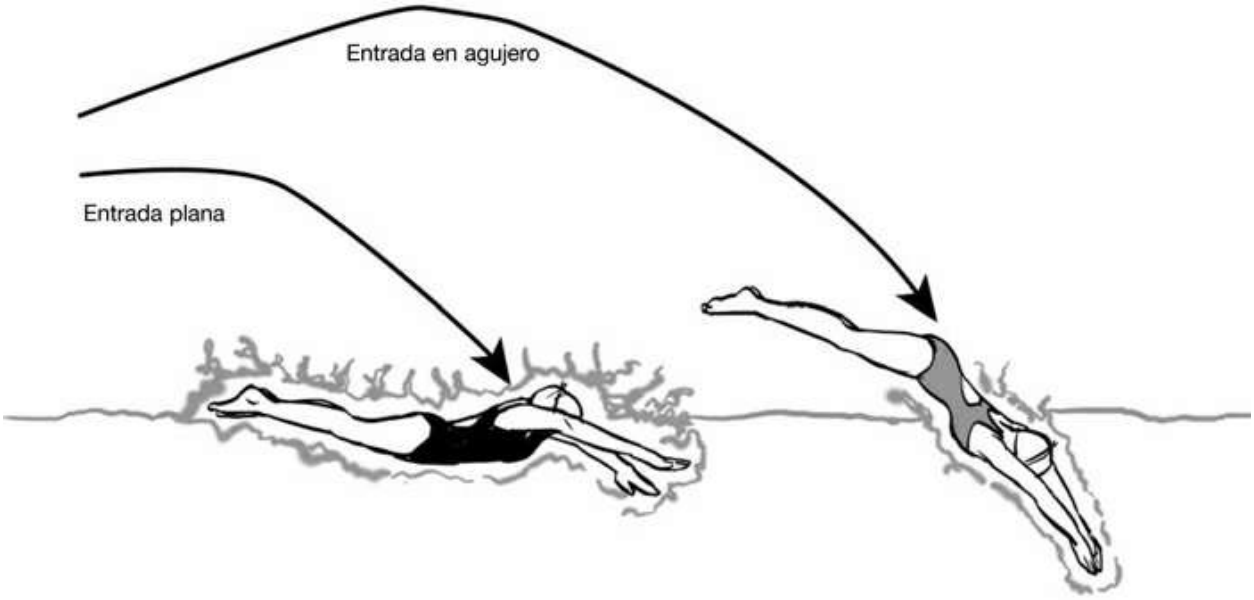


Figura 8.1. Una comparación de las entradas plana y en agujero.

Otra modificación reciente de la salida de agarre es la salida de atletismo. La principal diferencia entre ésta y la salida tradicional de agarre es la posición de preparados en el poyete. En la salida de atletismo, los nadadores colocan un pie cerca del borde posterior del poyete y el otro por encima del borde anterior. Se colocan ambos pies encima del borde anterior del poyete cuando se utiliza la salida tradicional de agarre.

Hasta la fecha, sólo un número limitado de estudios han comparado la salida de agarre y la de atletismo. En uno no hubo diferencias en la velocidad hasta las 5, 10 y 12,5 yardas desde la pared de salida (Counsilman *et al.*, 1988). En otro, los nadadores salían del poyete significativamente más rápido con la salida de atletismo pero de hecho perdían velocidad una vez que entraban en el agua. No hubo una diferencia de tiempo entre las salida de agarre y de atletismo hasta una distancia de 5 m desde la pared de salida (Ayalon, Van Gheluwe y Kanitz, 1975). En otro estudio, los nadadores salían del poyete significativamente más rápido (0,07 s más rápido) con la salida de atletismo y mantenían la mayor parte de esta ventaja hasta una distancia de 5 m (Welcher y George, 1998). La diferencia a los 5 m era de 0,06 s –1,81 s para la salida de atletismo y 1,87 s para la salida de agarre–, una diferencia

significativa.

En un cuarto estudio, la salida de atletismo era significativamente más lenta que la salida tradicional de agarre para la distancia de 5,5 m desde la pared de salida (Zatsiorsky, Bulgakova y Chaplinsky, 1979). En un quinto estudio, la salida de atletismo era significativamente más rápida. No se midieron los tiempos de salida hasta una distancia determinada de la pared de salida en el sexto estudio. Sin embargo sí estudiaron otras variables. Los sujetos salían del poyete más rápidamente utilizando la salida de atletismo, pero conseguían significativamente más distancia por el aire utilizando la salida de agarre (Allen, 1997).

Al parecer, todavía no se ha llegado a una conclusión definitiva sobre la salida de atletismo. Los nadadores que utilizan este estilo parecen salir más rápidamente del poyete, pero entran en el agua con un ángulo un poco más plano y pierden tiempo en el deslizamiento. En cambio, los nadadores que utilizan la salida convencional de agarre (con ambos pies en el borde anterior del poyete) son más lentos en salir de él pero entran en el agua con un ángulo que les permite deslizar más rápidamente. Tanto Guimares y Hay (1985) como Zatsiorsky, Bulgakova y Chaplinsky (1979) afirmaron que la velocidad del deslizamiento después de la entrada era responsable de la mayor parte de la diferencia entre los nadadores en cuanto a los tiempos de salida. Este último grupo de investigadores indicaron una relación significativa de 0,94 entre la velocidad de salida y la velocidad de deslizamiento. En comparación, la correlación entre la velocidad de salida y la velocidad de salida del poyete, 0,60, no era significativa.

Un creciente número de nadadores ahora están utilizando la salida de atletismo, aunque no se ha probado que sea superior a la salida tradicional de agarre en los pocos estudios realizados. Al parecer, los nadadores han decidido intuitivamente que la salida de atletismo es más rápida o quizá la prefieren porque provoca menos salidas falsas. Los nadadores tienen una posición más estable en el poyete y es menos probable que pierdan el equilibrio si realizan el tirón demasiado pronto en la salida de atletismo. Dado que no se ha probado que la salida de agarre y la de atletismo sean superior una a la otra, describiré ambas en las siguientes dos secciones. Además, recomendaré algunas modificaciones a ambas que puede que

aumenten la velocidad de salida.

La salida tradicional de agarre

Se muestran las técnicas de la salida de agarre para un nadador de estilo libre en la serie de fotografías presentada en las figuras 8.2 y 8.3. Para facilitar la descripción, se divide la salida de agarre en: (1) la posición de preparados; (2) el tirón; (3) el impulso desde el poyete; (4) el vuelo; (5) la entrada; y (6) el deslizamiento y la propulsión y salida a la superficie.

La posición de preparados

Los nadadores deben colocarse en la parte posterior del poyete hasta que el juez de salidas les dé permiso para adoptar la posición de preparados con la señal de “preparados”. Después de esta orden, los nadadores agarran el borde anterior del poyete con los dedos de los pies. Los pies deben estar separados aproximadamente la anchura de los hombros. Esta posición de los pies permite un impulso más fuerte con las piernas que una en la que los pies están fuera de la línea de los hombros o colocados juntos. Deben agarrar el borde anterior del poyete con las primeras y segundas articulaciones de los dedos de las manos. Éstas pueden estar dentro o fuera de los pies. Ambas posiciones de las manos han sido utilizadas por nadadores con una buena salida y la investigación no ha demostrado que ninguno de estos métodos sea superior al otro. Las rodillas deben estar flexionadas aproximadamente de 30º a 40º y los codos ligeramente flexionados. La cabeza debe estar bajada y los nadadores deben estar mirando el agua justo delante del poyete. Deben inclinarse hacia delante en la posición de preparados y mantenerse en el punto de equilibrio agarrando el poyete con las manos tal y como se ve en la figura 8.2a.

Las posiciones de las rodillas y de la cabeza que acabo de describir son diferentes de las normalmente recomendadas. Generalmente se recomienda a los nadadores que flexionen más las rodillas y mantengan la cabeza más alta en la posición de preparados. Sin embargo, para conseguir una salida más rápida necesitan mantener el centro de masas tan cerca del borde anterior del poyete como sea posible, porque no pueden empezar a impulsar el cuerpo desde el poyete hasta que el centro de masas esté fuera de este borde. Por lo tanto, mantener el centro de masas cerca del borde anterior reducirá la distancia que deben desplazarse antes de empezar a impulsar el cuerpo desde el poyete después de sonar la señal de salida. Pueden mover el centro de masas hacia delante colocando la cabeza hacia abajo y flexionando las rodillas sólo ligeramente cuando están en la posición de preparados. Una flexión profunda de las piernas coloca una mayor parte del cuerpo por detrás del borde anterior del poyete y, por lo tanto, hace que el centro de masas se desplace hacia atrás y se separe del borde anterior. Por consiguiente, se necesitará un tiempo adicional para desplazar el centro de masas más allá del borde anterior del poyete después de sonar la señal de salida.

Se compara la posición del centro de masas para las posiciones de preparados recomendadas y una profunda flexión en la figura 8.4. El dibujo a la derecha muestra al nadador con una profunda flexión de las piernas. El nadador del dibujo de la izquierda tiene las piernas menos flexionadas. Como se ilustra, el centro de masas tiende a estar más atrás del borde anterior del poyete cuando se utiliza la flexión profunda.

La posición de la cabeza también desempeña un papel en la colocación del centro de masas más cerca del borde anterior del poyete. Cuando está hacia abajo, como en el dibujo de la izquierda de la figura 8.4, el centro de masas tiende a desplazarse ligeramente hacia delante. Cuando el nadador mira hacia arriba, como hace en el dibujo de la derecha de la figura 8.4, la posición del centro de masas se desplaza ligeramente hacia atrás. Por esto recomiendo que los nadadores miren hacia abajo cuando están en la posición de preparados.

El tirón

A la señal de salida, los nadadores deben realizar un tirón hacia arriba contra la parte inferior del poyete. Así llevarán las caderas y el centro de masas hacia abajo y hacia delante más allá del borde anterior del poyete de manera que puedan empezar a impulsar el cuerpo hacia delante, hacia el agua. Realizar el tirón en esta dirección también flexionará las rodillas y las caderas para que se extiendan con más fuerza una vez en posición de poder hacerlo. Los nadadores no deben empujar hacia atrás contra el poyete con las manos. Tirar hacia arriba impulsará el cuerpo hacia delante más rápidamente (Guimares y Hay, 1985). Se ilustra el tirón en la figura 8.2b.

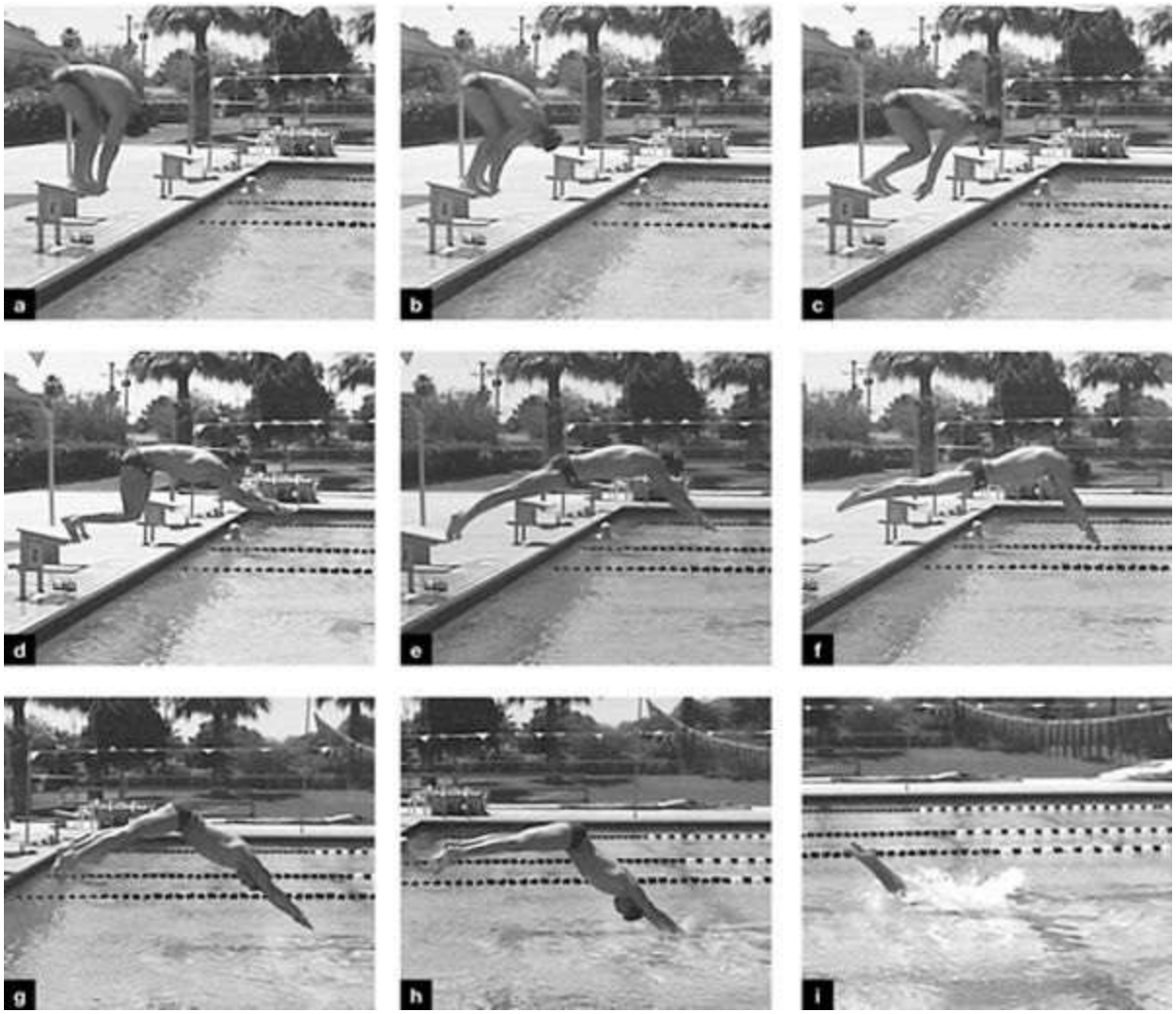


Figura 8.2. La salida de agarre. El nadador es Craig Hutchison, ex campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona y miembro del equipo olímpico

canadiense de 2000.

(a) Posición de preparados.

(b) Tirón hacia arriba contra el borde inferior del poyete a la señal de salida.

(c) Final del agarre del poyete. Comienzo de la extensión de las piernas.

(d) Continuación de la extensión de las piernas.

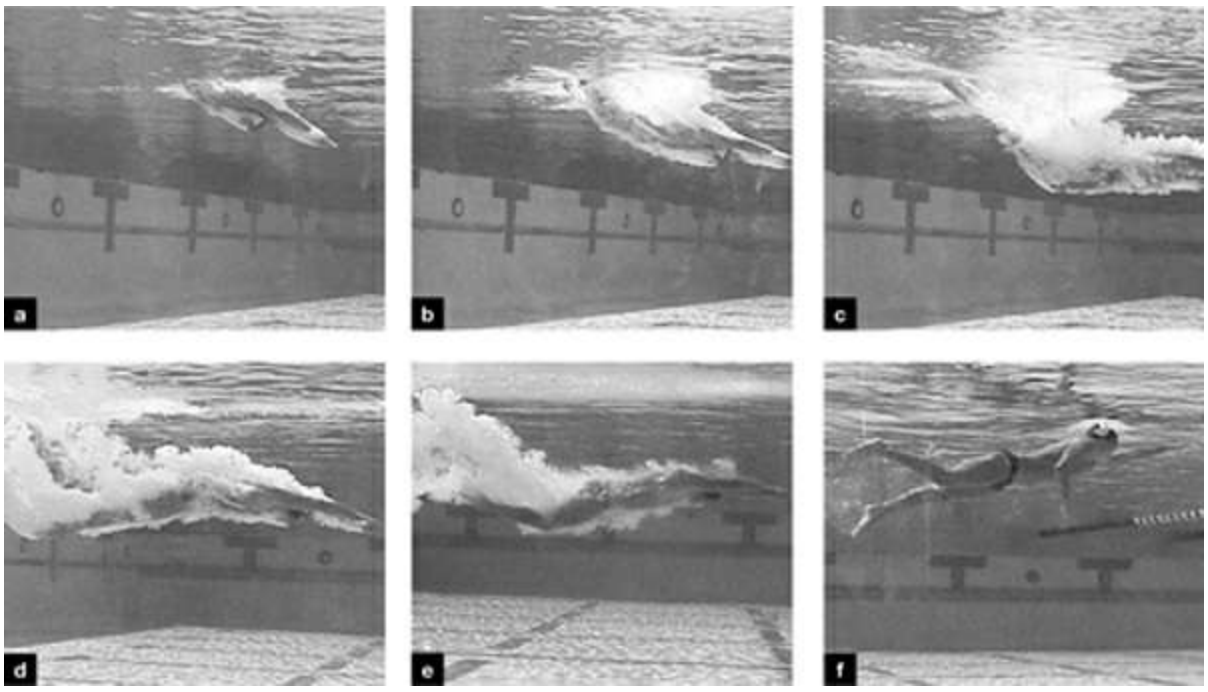
(e) Estiramiento de los brazos para la posición de entrada. Final de la extensión de las piernas.

(f) Vuelo.

(g) Flexión de la cintura.

(h) Comienzo de la entrada con las manos.

(i) Entrada del cuerpo.



M**Figura 8.3.** Una secuencia de fotografías de la entrada y de las partes subacuáticas de la salida de agarre. El nadador es Guillermo Díaz de León, ex campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona.

(a) Entrada en el agua desplazándose hacia abajo y hacia delante.

(b) Arqueado de la espalda durante la entrada. Cambio de trayectoria de hacia abajo a hacia delante.

(c) Preparación del primer batido de delfín de las piernas.

(d) Final del primer batido de delfín.

(e) Final del batido de delfín adicional.

(f) Comienzo del batido de estilo libre y primera brazada.

Los nadadores no necesitan utilizar un largo o potente tirón de los brazos para poner el cuerpo en movimiento. Así no añadirán velocidad ni fuerza al impulso. Sólo necesitan conseguir que el cuerpo se mueva hacia delante y la gravedad se encargará del resto. Se logra esto con un corto tirón hacia arriba contra el borde inferior del poyete, soltándolo después con las manos lo más rápidamente posible.

El impulso desde el poyete

Los nadadores generalmente pasan 0,70-0,90 s impulsando el cuerpo desde el poyete una vez que estén moviéndose (Lewis, 1980; Bloom, Hosler y Disch, 1978). Pueden pasar cerca del tiempo mínimo de este rango si sueltan el borde anterior del poyete inmediatamente cuando el cuerpo empiece a moverse hacia delante. Un rápido tirón empezará a impulsar el cuerpo hacia delante, y una vez moviéndose, será arrastrado hacia abajo y hacia delante por la gravedad hasta que las rodillas estén flexionadas 80º aproximadamente. En este momento, deben extender las piernas al impulsar el cuerpo hacia delante y hacia arriba desde el poyete. Se ejecuta el impulso de las piernas con una extensión potente de las articulaciones de las caderas y de las rodillas, seguida de la extensión de los tobillos. Hutchison está impulsando su cuerpo desde el poyete en las figuras 8.2 c-e.

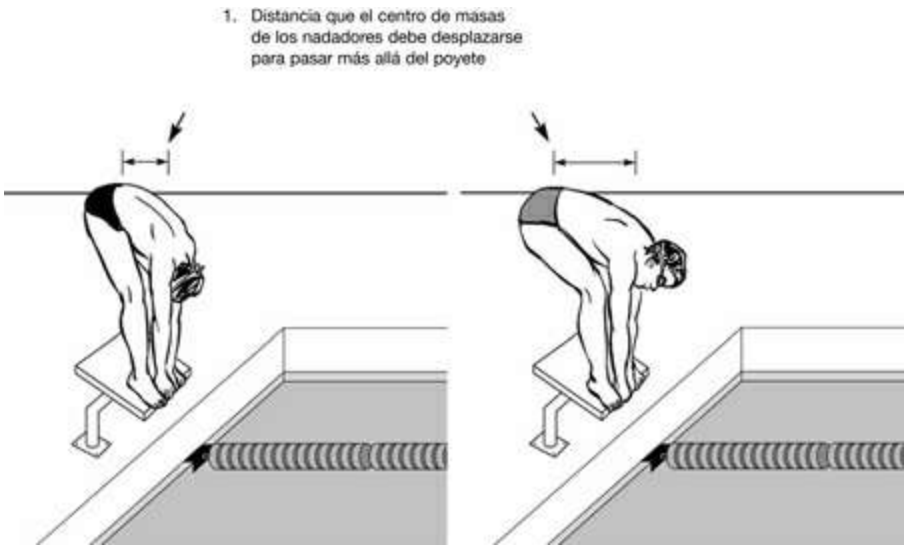


Figura 8.4. Una comparación de la posición del centro de masas en dos posiciones de preparados de la salida de agarre.

Cuando sueltan el poyete, los nadadores deben extender sus brazos hacia delante con una trayectoria semicircular hasta que apunten a la misma zona del agua en la que debe entrar el cuerpo. Los brazos deben flexionarse rápidamente durante la primera mitad del movimiento para llevarlos hacia arriba por debajo del mentón durante la caída hacia delante. Luego deben extenderlos rápidamente hacia delante y hacia abajo mientras extienden las piernas durante la segunda mitad del impulso. La sincronización de brazos y piernas debe ser la misma que para un salto vertical o para recoger un rebote en baloncesto. Si te puedes imaginar saltando hacia arriba para recoger un rebote, debes poder comprender cómo la sincronización del balanceo hacia arriba de los brazos con la extensión de las piernas puede aumentar la distancia. La misma sincronización puede aumentar la distancia que vuelas por encima del agua después de dejar el poyete. Hutchison está extendiendo sus brazos y sus piernas simultáneamente en las figuras 8.2 d-e.

El ángulo del despegue, desde los pies hasta las caderas, debe ser aproximadamente 30º-40º desde el borde superior del poyete, como se ve en la figura 8.2e. Este ángulo les dará a los nadadores la trayectoria en arco que necesitan para una entrada hidrodinámica.

El vuelo

Después de dejar el poyete, los nadadores se desplazarán en un arco, subiendo durante la primera mitad y bajando hacia el agua durante la segunda mitad del vuelo por el aire. El cuerpo debe estar en una posición carpada (con la cintura flexionada) al pasar por el pico del arco para que puedan hacer una entrada hidrodinámica en el agua. Hutchison adopta esta posición carpada preparándose para la entrada en la figura 8.2g.

La posición carpada debe establecerse antes de dejar el poyete o los nadadores no podrán adoptar una posición hidrodinámica con el cuerpo al entrar en el agua. La posición carpada se logra impulsando los brazos hacia delante y hacia abajo, y mirando hacia abajo mientras impulsan el cuerpo desde el poyete. Estas acciones harán que la parte superior del cuerpo se desplace hacia abajo, mientras que las caderas y las piernas siguen subiendo para pasar por el pico del vuelo. Los nadadores deben sincronizar estos movimientos de la cabeza de manera que estén mirando hacia arriba al caer hacia delante, como se ve en las figuras 8.2 c-d, y mirando hacia abajo al extender las piernas, como en la figura 8.2e. Después de pasar el cuerpo por el pico, los nadadores deben llevar las piernas hacia arriba alineadas con el tronco de manera que todo el cuerpo esté en una posición hidrodinámica cuando entra en el agua. Hutchison lo está haciendo en la figura 8.2h.

Los nadadores generalmente pasan 0,30-0,40 s en el aire durante la salida mientras recorren 3-4 m desde el poyete antes de entrar en el agua (Spina, 1995; Lewis, 1980; Hanauer, 1972).

La entrada

Durante la entrada, los pies deben pasar por el mismo agujero en el agua donde entraron inicialmente las manos y la cabeza. Se muestra esta entrada

en la figura 8.2i.

El deslizamiento

La parte de la entrada correspondiente al deslizamiento se ve en la serie de fotografías presentada en la figura 8.3. El cuerpo debe estar en una posición hidrodinámica durante la entrada. Los brazos deben estar totalmente extendidos y juntos, preferiblemente con una mano encima de la otra, y la cabeza entre los dos. Las piernas deben estar completamente extendidas y juntas con los dedos extendidos hacia atrás (en punta) y no debe haber una flexión ni posición carpada de la cintura. El ángulo de la entrada debe ser aproximadamente de 30º-40º con la superficie del agua (Spina, 1995; Counsilman *et al.,* 1988; Beritzhoff, 1974). Este ángulo permite a los nadadores deslizarse dentro del agua con un mínimo de resistencia. Sin embargo, también puede hacer que vayan demasiado profundo en el agua a no ser que cambien la dirección del cuerpo de hacia abajo a hacia delante y hacia arriba casi inmediatamente después de la entrada.

Este cambio de dirección se logra bajando las piernas bruscamente con un movimiento de batido de delfín mientras que al mismo tiempo arquean la espalda y levantan la cabeza y las manos hacia la superficie. La sincronización de estas acciones variará según la rapidez con la que los nadadores desean llegar a la superficie. En las carreras más cortas empezarán a cambiar de dirección cuando entra el cuerpo en el agua, como hace Díaz de León en las figuras 8.3 b-c. Esperarán hasta que el cuerpo esté casi sumergido en las carreras más largas. La única excepción a estas afirmaciones es en braza, cuando los nadadores deslizan más profundamente debajo del agua a propósito para prepararse para sus brazadas subacuáticas.

Este movimiento brusco de las piernas hacia abajo se muestra en las figuras 8.3 c-d. Los nadadores de mariposa normalmente realizan dos o tres batidos de delfín subacuáticos después de entrar en el agua antes de llegar a la superficie. En las carreras de velocidad de estilo libre, muchos nadadores también utilizan dos o tres batidos de delfín después de entrar en el agua

antes de empezar el batido de estilo libre y sus brazadas. Recomiendo hacer esto en las carreras de estilo libre porque el batido de delfín es más propulsor que el batido de estilo libre y, por lo tanto, mantiene al nadador avanzando más rápidamente hacia la superficie durante el deslizamiento después de la salida. Arellano y colaboradores (1996) afirmaron que los nadadores en pruebas de estilo libre eran significativamente más rápidos en casi 0,20 s en una distancia de 10 m después de la salida cuando utilizaban el batido de delfín en lugar del batido de estilo libre.

El batido de delfín subacuático después de la entrada debe ejecutarse de la misma manera que la recomendada a los mariposistas en el capítulo 5. Es decir, el nadador debe utilizar un movimiento de oscilación corporal.

Algunos velocistas de estilo libre y mariposa ahora están avanzando con el batido de delfín durante la mayor parte de los 15 m permitidos después de la salida antes de subir a la superficie y empezar las brazadas. La decisión de si eligen o no quedarse debajo del agua a lo largo de esta distancia debe determinarse según la velocidad de cada nadador individual cuando realiza el batido de delfín. Yo sólo lo recomendaría si los estudios prueban que pueden avanzar más rápidamente con el batido de delfín subacuático que nadando en la superficie.

Independientemente de si deslizan o realizan el batido de delfín, los nadadores deben reducir el arrastre por forma después de la entrada en el agua manteniendo el tronco, la cabeza y los brazos en una posición hidrodinámica. La cabeza debe permanecer hacia abajo entre los brazos. Los brazos deben extenderse por encima de la cabeza y apretarse uno contra el otro con una mano encima de la otra. El tronco debe estar recto, sin flexionar ni arquear la cintura, y las piernas deben estar extendidas y juntas con los dedos de los pies extendidos hacia atrás mientras deslizan.

La propulsión y la salida a la superficie

Los nadadores deben subir diagonalmente hacia la superficie con la

propulsión de las piernas de manera que la alcancen avanzando más rápidamente que subiendo. En las pruebas de estilo libre deben empezar el batido justo antes de empezar esta primera brazada. Así establecerán un ritmo de manera que rompan la superficie nadando el estilo completo. Díaz de León ha empezado su batido y está a la mitad de su primera brazada al romper la cabeza la superficie en la figura 8.3f.

La primera brazada debe empezar cuando los nadadores se acerquen a la superficie y la cabeza debe romperla al completarse la primera brazada. Debe ser un movimiento potente hacia atrás con un brazo en el estilo libre, o con los dos brazos en mariposa. Este tirón debe llevar el cuerpo hacia arriba avanzando por la superficie con la velocidad de la carrera. La cabeza debe permanecer hacia abajo durante la brazada subacuática y no deben mirar hacia arriba hasta que sientan que rompen la superficie.

Los nadadores no deben hacer una pausa para respirar o mirar alrededor a los otros nadadores cuando lleguen a la superficie, sino que deben establecer el ritmo de brazada correcto para la carrera tan pronto como sea posible. Respirar y mirar a su alrededor, dos de los errores más comunes cometidos por los nadadores, reducen su velocidad cuando llegan a la superficie. Por esta razón, es mejor que los nadadores en pruebas de estilo libre y mariposa retrasen la respiración hasta el final del primer ciclo de brazada o, mejor aún, que esperen hasta el segundo ciclo de brazada para respirar. En las carreras de velocidad de 25 y 50 m o yardas deben esperar hasta que hayan realizado varias brazadas antes de respirar.

Por supuesto, estos procedimientos no se aplican a los nadadores en pruebas de braza. Los bracistas deslizarán más tiempo por debajo del agua hasta que se acerquen a la velocidad de la carrera después de entrar en el agua. Luego ejecutarán una brazada sub-acuática y otro deslizamiento corto antes de subir a la superficie con el batido. Deben llevar el cuerpo hacia arriba y hacia delante por la superficie con los brazos mientras que se aseguran romper la superficie antes de que los brazos lleguen a la separación máxima de su primera brazada en la superficie. Las técnicas de los deslizamientos y de las brazadas utilizadas después de entrar en el agua son las mismas que las descritas para la brazada subacuática en braza en el capítulo 7.

Quiero explicar más sobre los movimientos de la cabeza que los nadadores deben utilizar durante la salida de agarre porque ésta es quizá la técnica clave para lograr una entrada hidrodinámica. Como ya se ha mencionado, los nadadores deben empezar a mirar hacia abajo en el instante en que los pies dejan el poyete. Bajar la cabeza establece una trayectoria descendente para la parte superior del cuerpo durante el vuelo, de manera que puedan adoptar la posición carpada al pasar por el pico de la trayectoria en forma de arco y levantar las piernas a tiempo para que el cuerpo entero entre en el agua por el mismo punto. Muchos nadadores no pueden adoptar la posición carpada y entrar en el agua correctamente porque miran hacia arriba y arquean la espalda durante el vuelo.

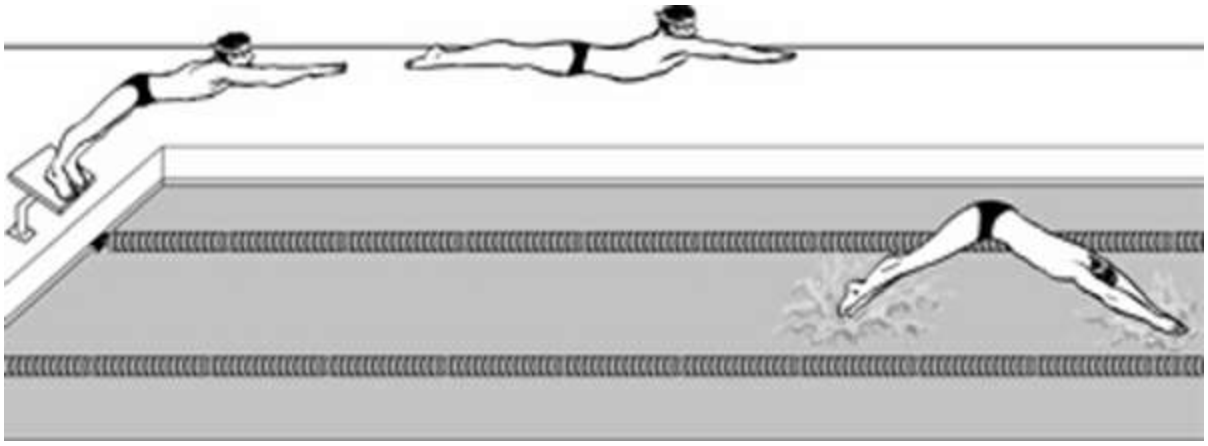


Figura 8.5. Un nadador que mantiene la cabeza hacia arriba y la espalda arqueada demasiado tiempo durante el vuelo por el aire.

La figura 8.5 muestra la entrada de un nadador que está cometiendo estos errores. Mantiene su cabeza hacia arriba y arquea su espalda durante el vuelo por el aire. Como resultado no puede adoptar una posición carpada con el cuerpo hasta que haya pasado por el pico de la trayectoria por encima del agua. Por lo tanto, su cuerpo entra en el agua mientras que todavía está en una posición carpada parcial, haciendo que su tronco y sus pies entren en el agua detrás del punto donde entraron sus brazos. Esto aumenta la resistencia del agua que, a su vez, rápidamente reduce su velocidad justo después de la entrada.

La salida de atletismo

Se ilustra la salida de atletismo en la figura 8.6. Las principales diferencias entre ésta y la salida de agarre están en la posición de preparados y en el ángulo de despegue. Se ilustra la posición de preparados en la figura 8.6a. La diferencia evidente es que un pie está detrás del otro. Se muestra el ángulo de despegue en la figura 8.6d. Obsérvese que es algo más plano que el ángulo de despegue de la salida de agarre.

Mientras esperan la señal de salida, los nadadores tendrán los dedos de un pie por encima del borde anterior y los del otro empujando contra la pendiente del poyete. El pie atrasado debe estar cerca del borde posterior del poyete para utilizar la mayor pendiente como superficie de despegue. La cabeza debe estar hacia abajo y agarrarán el borde anterior del poyete con ambas manos. Cuando suene la señal de salida, tirarán del poyete hacia arriba y hacia atrás con las manos para impulsar el cuerpo hacia delante en dirección al agua. Luego deben soltar las manos y dispararlas hacia delante en la misma trayectoria de arco semicircular descrita para la salida de agarre. Al mismo tiempo deben estar impulsando el cuerpo desde el poyete con las piernas. Deben acelerar el cuerpo hacia delante, primero empujando contra la parte posterior del poyete con el pie atrasado y luego extendiendo inmediatamente la pierna adelantada. El pie atrasado dejará el poyete primero, seguido del pie adelantado.

El vuelo por el aire será necesariamente un poco más plano con la salida de atletismo que con la de agarre tradicional. No obstante, los nadadores deben lograr el mayor arco posible en el vuelo sin aumentar el tiempo necesario para dejar el poyete. Al igual que con la salida tradicional de agarre, los nadadores deben mirar hacia arriba cuando tiran del cuerpo hacia delante y mirar hacia abajo cuando el pie adelantado deja el poyete. También deben adoptar una posición carpada flexionando la cintura durante el vuelo para lograr un mejor ángulo de entrada.

Un área polémica de la salida de atletismo se relaciona con si los nadadores en la posición de preparados deben estar inclinados hacia delante con el peso centrado en el pie adelantado o inclinados hacia atrás con el peso por encima del pie atrasado. Recomiendo esta última posición. Cuando los nadadores utilizan la salida de atletismo, inician el impulso del poyete con el pie atrasado. Por lo tanto tiene sentido tener el peso sobre éste. Si estuviesen inclinados hacia delante, tendrían que cambiar el peso hacia atrás antes de empezar a empujar contra el poyete.

Los estudios realizados por Welcher y George (1998) y Vilas-Boas *et al.* (2000) sugieren que los nadadores son más lentos en dejar el poyete cuando empiezan con el peso sobre el pie atrasado. Pero tienen una mayor velocidad al entrar en el agua, lo que les permite alcanzar a los nadadores que empiezan con el peso sobre el pie adelantado.

El uso de un movimiento de brazos con las salidas de agarre y de atletismo

La investigación ha demostrado que incorporar algún tipo de movimiento de brazos a un salto vertical mejorará el rendimiento en un 10-23% porque permite el uso de la energía elástica (Bosco y Komi, 1979 y 1980). Quizá por esto algunos nadadores han aprendido intuitivamente a combinar un movimiento de brazos con las salidas de agarre y de atletismo en un esfuerzo de mejorar la velocidad horizontal una vez que hayan entrado en el agua. Generalmente utilizan uno de dos métodos. El primero puede caracterizarse como un estilo de *lanzamiento recto de los brazos hacia atrás* en el que balancean los brazos hacia atrás y luego hacia delante después de la señal de salida.

En el segundo método, utilizando un movimiento parecido al recobro de los brazos en mariposa, los nadadores balancean los brazos hacia atrás, hacia arriba y hacia delante en un círculo en el sentido de las agujas del reloj después de la señal de salida. Este método, llamado el *balanceo de brazos de mariposa*, es una variación de la salida con lanzamiento circular de los brazos

hacia atrás que era popular antes de que apareciese la salida de agarre. Los movimientos de los brazos del balanceo de mariposa en sentido de las agujas del reloj funcionan mejor que los movimientos de brazos en sentido contrario a las agujas del reloj del lanzamiento circular hacia atrás, con la salida de agarre y de atletismo. El balanceo de brazos de mariposa permite a los nadadores mantener los brazos en movimiento durante todo el tiempo que están en el poyete, una vez que el cuerpo esté en movimiento. Si utilizan el lanzamiento circular de los brazos hacia atrás, tienen que parar el movimiento hacia atrás de los brazos después de realizar el tirón contra el borde anterior del poyete y hacerlos balancearse hacia delante, lo que incrementa el tiempo que se tarda en dejarlo.

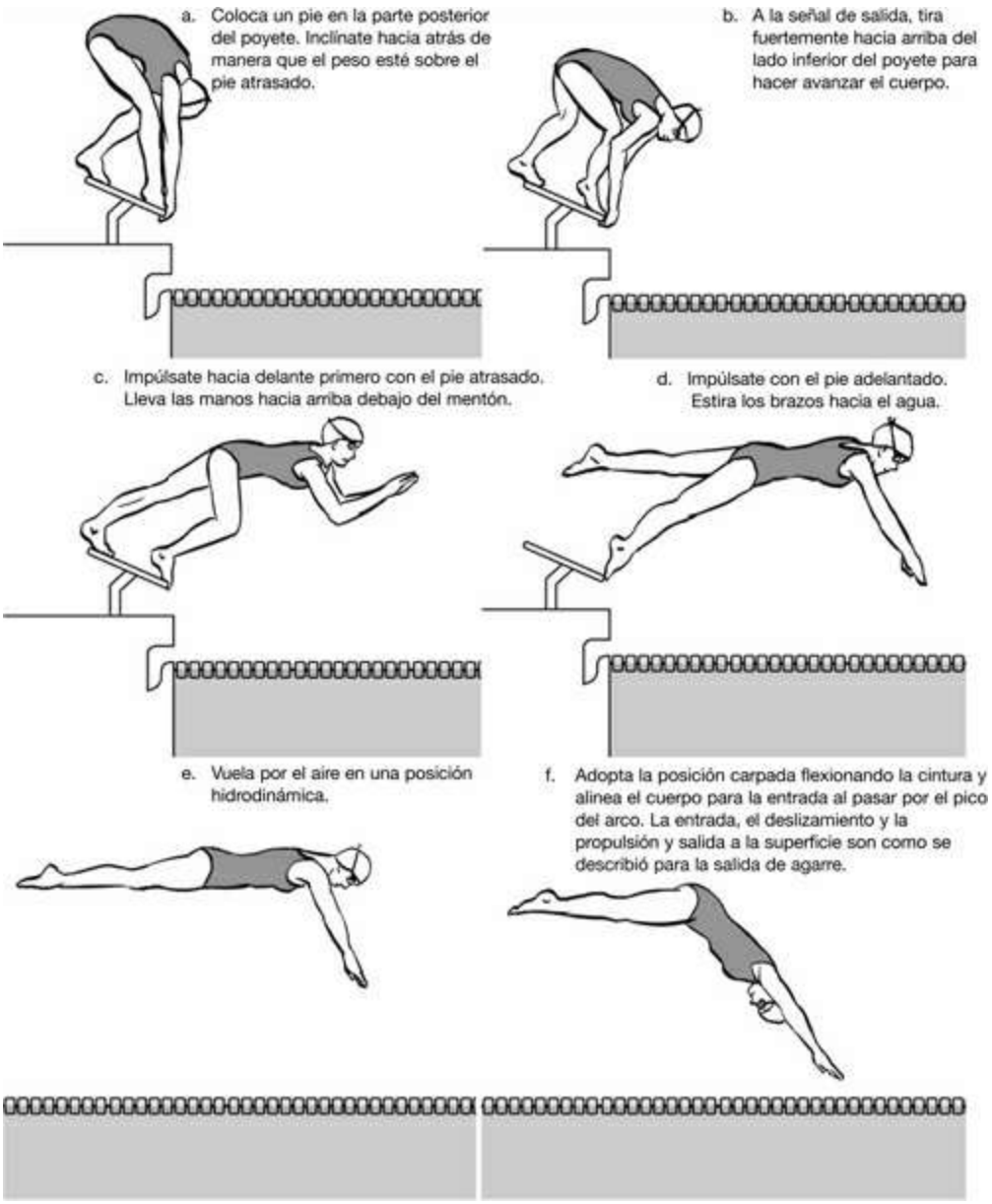


Figura 8.6. La salida de atletismo.

Estudiamos tanto el lanzamiento recto de los brazos hacia atrás como el movimiento de mariposa y los comparamos con las salidas de agarre y de atletismo (Spina, 1995). Un grupo de nadadores competidores experimentados pasó dos semanas aprendiendo a realizar tanto la salida con el lanzamiento hacia atrás como la del balanceo de los brazos de mariposa.

Todos los sujetos estaban acostumbrados a utilizar la salida de agarre o la de atletismo en competición sin movimientos de los brazos. Luego se les cronometró mediante un análisis de vídeo utilizando ambos métodos y su método preferido, la salida de agarre o la de atletismo sin movimientos de brazos. Un análisis estadístico no mostró ninguna diferencia estadísticamente significativa entre los tres métodos de salida hasta una distancia de 11,3 m de la pared de salida. Sin embargo, un análisis adicional reveló varias diferencias entre los tres, durante distintas fases de la salida, que favorecieron los métodos del lanzamiento recto de los brazos hacia atrás y del balanceo de brazos de mariposa.

Las principales ventajas de ambas salidas con movimientos de brazos sobre las salidas tradicionales de agarre y de atletismo sin movimientos de brazos eran que los nadadores volaban una mayor distancia por el aire y entraban en el agua en una posición más hidrodinámica. La distancia para el vuelo con la salida del balanceo de brazos de mariposa era como promedio 3,1 m comparada con 3 m para las salidas de agarre y de atletismo sin movimiento de brazos. Esta diferencia resultó ser significativa. La distancia media de vuelo para la salida con lanzamiento recto de los brazos hacia atrás también era mayor que para las salidas de agarre y de atletismo, aunque no era significativa. También los nadadores tenían mayores ángulos de despegue y de entrada con las salidas con el movimiento de mariposa y con el lanzamiento recto de los brazos hacia atrás, lo que probablemente explica la mayor distancia de vuelo.

A pesar de la evidente sospecha, los nadadores no salían del poyete más lentamente cuando utilizaban cualquiera de los métodos con movimiento de brazos. Aunque sus tiempos hasta los 11,3 m no eran significativamente diferentes con los métodos con movimiento de brazos comparados con las salidas de agarre y de atletismo sin movimiento de brazos, pensamos que los métodos que incorporaban un movimiento de brazos eran potencialmente superiores. Una razón era que nuestro período de entrenamiento era demasiado corto para poder dominar las salidas con los movimientos de brazos correctamente, porque ninguno de los nadadores del estudio las había utilizado antes. Se debe mencionar que varios nadadores seguían practicando las salidas con movimientos de brazos después de terminar el estudio. Al cabo de seis meses, todos eran más rápidos utilizando la salida con

lanzamiento recto de los brazos hacia atrás o con el balanceo de brazos de mariposa que cuando habían utilizado las salidas de agarre o de atletismo sin movimiento de brazos.

Se ilustra la salida con lanzamiento recto de los brazos hacia atrás con la salida tradicional de agarre (con ambos pies hacia delante) en la figura 8.7. La posición de preparados es la misma que se describió anteriormente. Sin embargo, cuando suena la señal de salida los nadadores deben tirar muy vigorosamente hacia arriba del lado inferior del poyete. Al empezar el cuerpo a ir hacia delante, deben soltar el poyete y permitir que el momento del movimiento del tirón hacia atrás lleve los brazos aún más hacia atrás y hacia arriba hasta la altura de los hombros detrás de ellos. Después deben balancear los brazos vigorosamente hacia abajo y hacia delante hasta que señalan el lugar donde pretenden que el cuerpo entre en el agua. Esta salida parece funcionar igualmente bien desde las posiciones de preparados tanto de la salida tradicional de agarre como de la salida de atletismo.

Los dibujos de la figura 8.8 ilustran el balanceo de brazos de mariposa tal y como se usaría con una salida de atletismo. De nuevo, la posición de preparados es la misma que la descrita para la salida tradicional de atletismo. Cuando suena la señal de salida, los nadadores deben tirar hacia arriba del lado inferior del poyete para impulsar el cuerpo hacia delante. Luego sueltan el poyete con las manos y permiten que siga su momento hacia atrás para que los brazos realicen un círculo en el sentido de las agujas del reloj, hacia atrás, hacia arriba, hacia delante y hacia abajo hasta que estén señalando el lugar en el agua donde debe entrar el cuerpo.

Creo que el balanceo de brazos de mariposa tiene el potencial de ser más rápido que el lanzamiento recto de los brazos hacia atrás. Su ventaja reside en el hecho de que los nadadores pueden ganar más momento del movimiento porque mantienen los brazos en movimiento desde el instante en que sueltan el poyete hasta que los extienden delante de ellos. Por lo tanto, pueden alcanzar una velocidad mayor con los brazos que, a su vez, producirá una mayor velocidad horizontal del cuerpo cuando salen del poyete, vuelan por el aire y entran en el agua.

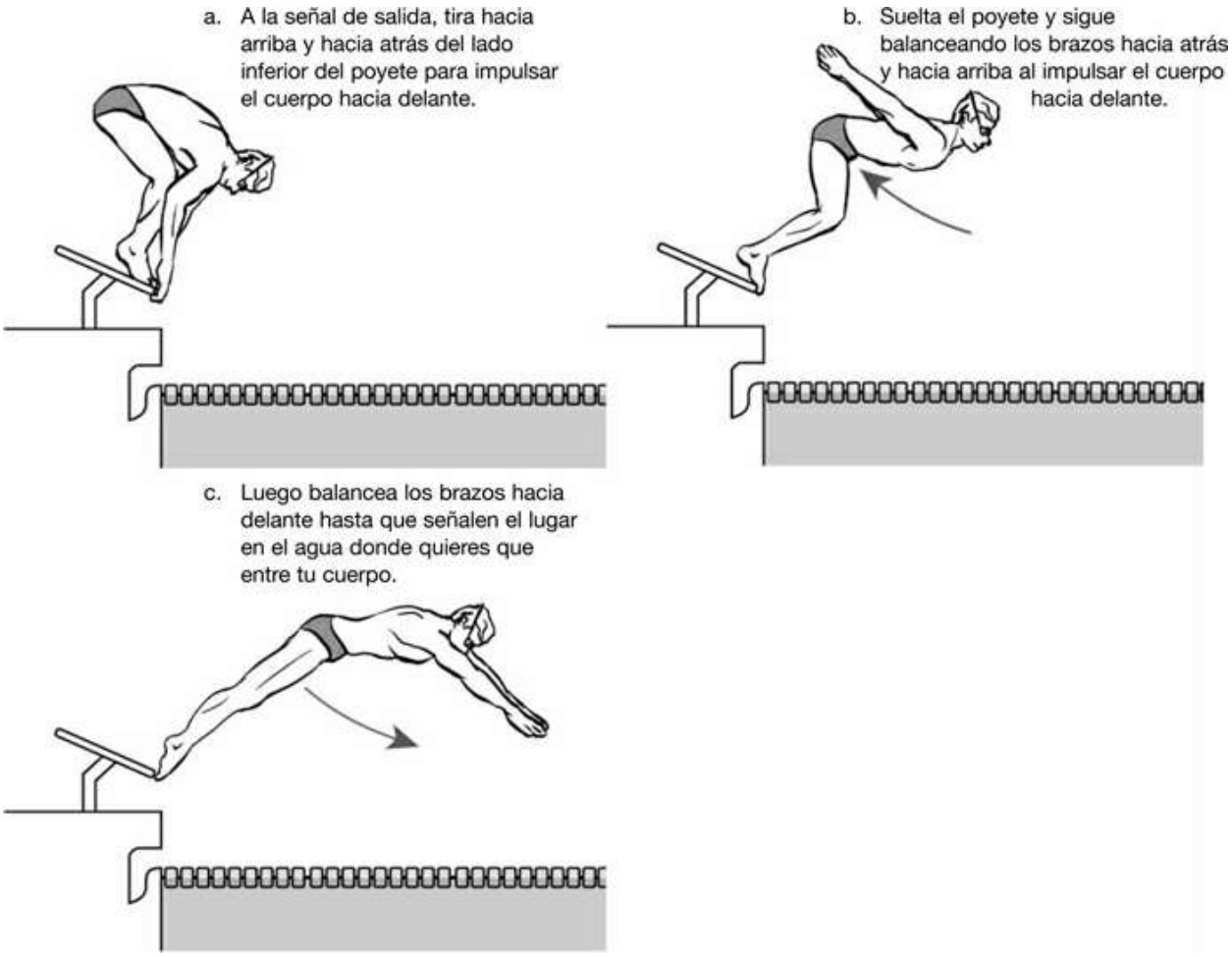


Figura 8.7. La salida con lanzamiento recto de los brazos hacia atrás.

El balanceo de brazos de mariposa es poco ortodoxo y es difícil de aprender. No obstante, creo que puede mejorar la velocidad de la salida de forma significativa en aquellos nadadores que se tomen el tiempo de aprenderlo. Mientras que se puede utilizar con eficacia con la salida tradicional de agarre, el balanceo de brazos de mariposa parece funcionar mejor con la salida de atletismo.

El tiempo de reacción

El tiempo de reacción es el tiempo entre la señal de salida y el primer movimiento en el poyete. Este tiempo puede reducirse mediante un procedimiento sencillo en el que los nadadores se concentran en la señal de salida en lugar de en los movimientos de la salida.

Esta afirmación se basa en una investigación realizada por Henry y Rogers (1960), que afirmaron que concentrándose en la señal de salida en lugar de en los movimientos de la salida se obtenían mejores tiempos de reacción. Creían que se debía al hecho de que el cerebro tarda más en movilizar sus señales neurales cuando se le pide procesar más información. En otras palabras, los nadadores tardarán más en reaccionar después de sonar la señal de salida si están pensando en los múltiples movimientos que ejecutarán durante la salida. En cambio, aquellas señales que conseguirán que los músculos apropiados se contraigan serán movilizadas en menos tiempo si los nadadores sólo se concentran en la señal de salida. Las mediciones realizadas con varios atletas indican que el tiempo de reacción puede acortarse en 0,03-0,06 s si se concentran en la señal de salida en lugar de en los movimientos de la salida.

Para utilizar esta técnica con éxito, los nadadores deben aprender la mecánica de la salida tan exhaustivamente que puedan ejecutarla casi perfectamente sin pensar conscientemente en ella. No serviría de nada reaccionar rápidamente para ejecutar una salida incorrecta. El tiempo de reacción ganado sería perdido varias veces si el vuelo se viera comprometido, o si entrasen y deslizasen por el agua con menos velocidad y una posición del cuerpo poco hidrodinámica. Por consiguiente, los nadadores no deben utilizar esta técnica hasta que aprendan a realizar la salida correctamente. Mientras tanto, pueden mejorar su tiempo de reacción reduciendo el número de autoinstrucciones al mínimo absoluto necesario para ejecutar una salida razonablemente buena. Aunque no reaccionarán tan rápidamente como sea posible, sus tiempos de reacción todavía serán mejores si se concentran sólo en aquellos pocos elementos de la salida que les quedan por dominar en lugar de en la secuencia completa de movimientos.

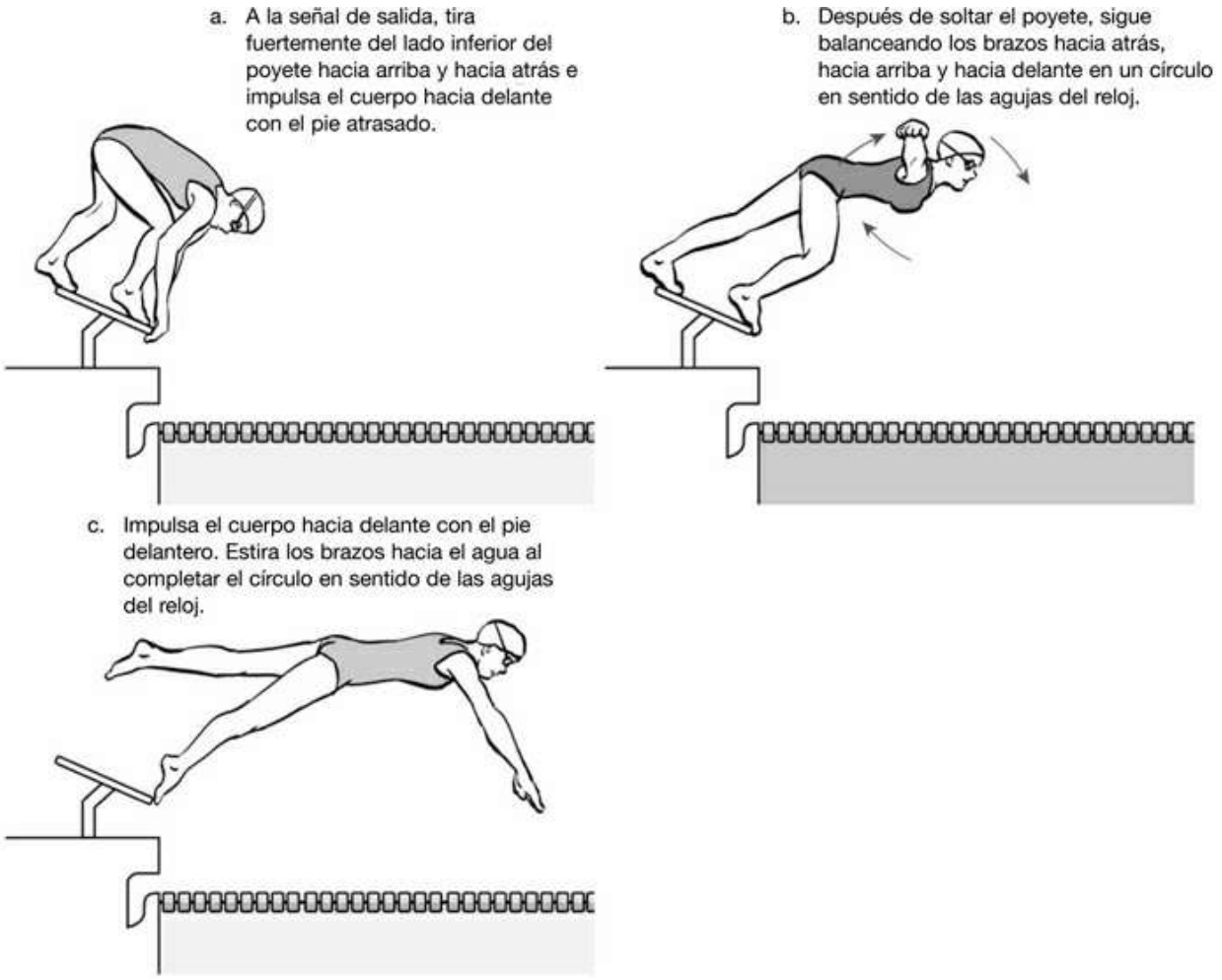


Figura 8.8. La salida con balanceo de brazos de mariposa.

Los ejercicios para practicar la salida

Muchos estudios han encontrado que la entrada y las partes subacuáticas de la salida parecen ser las dos fases que diferencian a los que realizan una salida rápida de los que no lo hacen (Arellano *et al.,* 1996). Por consiguiente, algunos de los mejores ejercicios para la salida se concentran en estos

aspectos. Se describen en las siguientes tres secciones.

Pasar por encima y por debajo de las corcheras

En este ejercicio, los nadadores realizan una salida desde el lado de la piscina por encima de la corchera más cercana, y luego pasan por debajo de las próximas dos corcheras realizando el batido, y suben a la superficie antes de llegar a la cuarta corchera. Éste es un buen ejercicio para enseñar a los nadadores a entrar en el agua correctamente y a cambiar su dirección de hacia abajo a hacia delante rápidamente. Puede que los nadadores jóvenes y los que no tienen una buena salida encuentren difícil pasar limpiamente por encima de la primera corchera, en cuyo caso se debe acercarla a la pared hasta que la puedan pasar fácilmente.

Saltar por encima de la barra

El entrenador debe tender el gancho u otro palo de salvamento delante del poyete y a una corta distancia de él. Debe sostener el palo aproximadamente a la altura de la cintura. Los nadadores entonces tratan de ejecutar la salida por encima del palo y entrar correctamente en el agua. Este ejercicio ayuda a los nadadores a aprender cómo lograr el arco y la posición carpada apropiados durante el salto. Los nadadores también deben trabajar la propulsión y la salida a la superficie con este ejercicio. Por consiguiente, deben realizar dos o tres batidos de delfín por debajo del agua y subir a la superficie con una o dos brazadas.

Pasar por el aro

Se colocan aros en el agua delante del poyete en el lugar en el que los nadadores desean entrar en el agua. Luego tratan de pasar por el aro sin tocarlo. Evidentemente este ejercicio está diseñado para enseñar a los nadadores a hacer entrar el cuerpo entero por el mismo agujero por el que entraron las manos. Al igual que los otros ejercicios, se debe exigir a los nadadores que adopten una buena posición hidrodinámica y que realicen los batidos correctamente mientras están debajo del agua, y que suban correctamente a la superficie. Se deben practicar éste y el ejercicio anterior en agua profunda porque los nadadores tienden a entrar en el agua con un ángulo empinado cuando practican.

Las salidas de relevos

En las pruebas de relevos, las reglas permiten que el segundo, tercero y cuarto nadadores empiecen su salida del poyete antes de que el nadador precedente haya terminado su segmento de la carrera. Sin embargo, una parte del pie del nadador debe permanecer en contacto con el poyete hasta que la mano del nadador precedente haya tocado la pared. Estar ya en movimiento cuando el nadador precedente toca la pared puede proporcionar un ahorro de tiempo de 0,60-1 s en una salida con señal. Por consiguiente, tres nadadores con buena salida de relevos podrían nadar un tiempo 2-3 s más rápido que la suma de sus mejores tiempos con salida plana. Esto podría fácilmente significar la diferencia de dos o más puestos en los campeonatos actuales que son tan reñidos, y dado que se compiten normalmente en cinco relevos, el número de puntos que pueden ganarse con una buena salida es considerable. Las buenas salidas de relevos a menudo también son el factor determinante en las victorias en competiciones de sólo dos equipos. Por esta razón, los nadadores deben practicar las salidas de relevos hasta que puedan regularmente salir del poyete lo antes posible sin ser descalificados.

Las salidas convencionales de agarre y de atletismo no deben ser utilizadas en los relevos excepto por el primer nadador. Es preferible utilizar

una salida con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás porque el momento adicional del movimiento de los brazos proporcionará una mayor velocidad por el aire y por el agua. Se debe realizar un movimiento circular con los brazos hacia arriba, hacia atrás, hacia arriba y luego hacia delante en sentido contrario a las agujas del reloj. Las ilustraciones de la figura 8.9 muestran a un nadador utilizando un movimiento preparatorio de lanzamiento circular de los brazos hacia atrás.

Es crítica una sincronización correcta del movimiento de los brazos de manera que el nadador gane la mayor ventaja posible de estar en movimiento sin dejar el poyete antes de que el nadador precedente haya tocado la pared. Por consiguiente, el nadador debe realizar unos ajustes de acuerdo con la velocidad de llegada y la distancia de la pared del compañero de equipo. En los relevos, la práctica normal es empezar el movimiento de brazos cuando la cabeza del nadador precedente pasa la T de la línea negra que marca la calle en el fondo de la piscina. Sin embargo, una manera más sencilla es que el nadador empiece el movimiento de brazos cuando le queda un recobro de brazo al nadador precedente antes de que toque la pared. Desde este punto, el nadador precedente suele tardar 0,60 s hasta que toca la pared, y generalmente se tarda el mismo tiempo para que los pies del nadador que sale dejen el poyete una vez que haya empezado el lanzamiento circular de los brazos hacia atrás.

La sincronización del movimiento de brazos del nadador con el recobro del brazo del nadador precedente debe coordinarse de la siguiente forma. En carreras de espalda, mariposa y estilo libre, los nadadores deben establecer el ritmo del recobro del compañero de equipo balanceando los brazos hacia delante y hacia atrás según el ritmo de su recobro mientras se acerca a la pared de salida. Una vez que siguen el ritmo, los nadadores deben coordinar el lanzamiento circular hacia atrás con el último recobro de los brazos del nadador precedente, y empezó su movimiento justo después de que la mano del nadador precedente deje el agua. La sincronización debe ser de forma que los nadadores estén completando el movimiento de brazos y extendiendo las piernas cuando los nadadores precedentes tocan la pared.

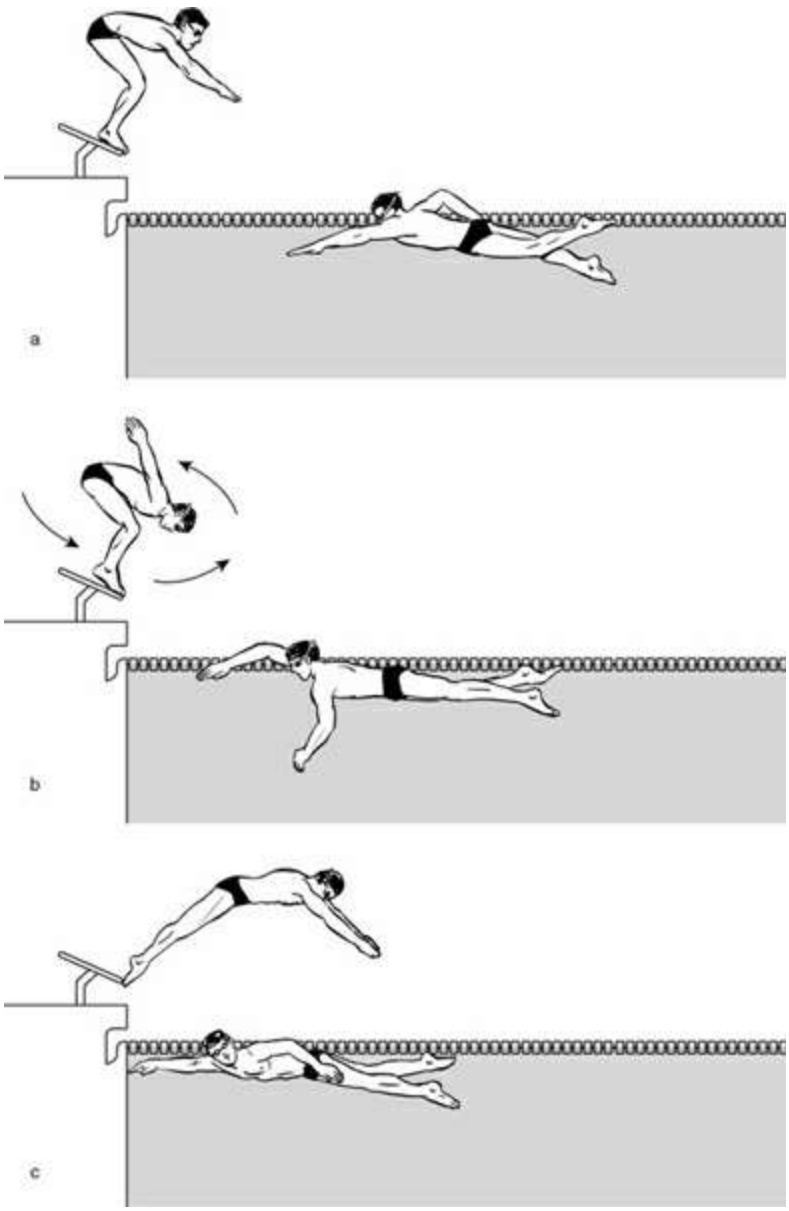


Figura 8.9. Los movimientos del lanzamiento circular de los brazos hacia atrás durante la salida de relevos.

Habrá que ajustar ligeramente la manera de que los mariposistas sincronicen sus salidas de relevos con los bracistas precedentes porque los bracistas realizan sus últimos recobros de los brazos por debajo del agua. Dado que es más difícil ver los brazos de los nadadores cuando están debajo del agua, los mariposistas deben sincronizar su movimiento de brazos con los

movimientos de respiración de los bracistas. Los mariposistas deben esperar hasta que la cabeza de los bracistas llegue a su punto más alto en el ciclo de respiración mientras que toman su última inspiración antes de tocar la pared. En este momento, los brazos de los bracistas estarán por debajo del mentón y listos para estirarse hacia delante y tocar la pared. Por lo tanto, si los mariposistas que salen empiezan el movimiento de brazos en este momento, podrán completar el mismo y extender las piernas en el instante en que los bracistas tocan la pared.

Un avance reciente en las salidas de relevos ha sido la utilización de un método con *paso hacia delante* en el que los nadadores dan uno o dos pasos antes de impulsarse desde el poyete. La investigación sobre el salto vertical ha demostrado que dar uno o dos pasos antes de despegar aumentará considerablemente la altura del salto comparada con la alcanzada sin pasos de aproximación (Enoka, 1971; Healy, 1977; Kayambashi, 1977; Maxwell, Bratton y Fisher, 1980). Seguiría siendo válido aunque se limitasen los pasos de acercamiento a sólo uno o dos (Enoka, 1971; Healy, 1977). Por lo tanto, parece razonable suponer que añadir uno o dos pasos a la salida de relevos podría también mejorar la distancia del vuelo. Aunque la distancia recorrida es más horizontal que vertical en esta última técnica, las técnicas del salto vertical y de la salida de relevos tienen muchas similitudes.

Existen varias versiones de la salida de relevos con paso hacia delante que se utilizan hoy en día. En una versión, los nadadores se colocan en la parte trasera del poyete y dan dos pasos hacia delante para impulsarse desde la parte delantera simultáneamente cuando los nadadores precedentes tocan la pared. Llamaré a este método el método del *doble paso*. En otra versión, los nadadores se colocan en el poyete con un pie por encima del borde anterior y el otro en la parte posterior del poyete en el estilo de la salida de atletismo. Luego dan un paso con la pierna atrasada para realizar el impulso desde el borde anterior con ambas piernas simultáneamente cuando los nadadores precedentes están a punto de tocar la pared. Este estilo lo llamaremos el método del *paso único/impulso desde delante*.

Un tercer método de empezar los relevos con un paso hacia delante implica que los nadadores se coloquen con ambos pies en la parte posterior del poyete. Luego dan un paso hacia delante, y colocan los dedos de un pie

por encima del borde anterior del poyete antes de impulsarse de la misma manera que en la salida de atletismo, al tocar la pared los nadadores precedentes. El nombre dado a este método es la salida de relevos del *paso único/impulso de atletismo*. La salida de relevos del paso único/impulso de atletismo se ilustra en la secuencia de fotografías presentada en la figura 8.10.

Figura 8.10. La salida de relevos del paso único/impulso de atletismo.

(a) Comienzo del cambio de peso hacia delante. Comienzo del lanzamiento circular de los brazos hacia atrás. Comienzo del último recobro del nadador precedente.

(b) Impulso desde el poyete en la salida de atletismo (obsérvese que el pie delantero está en contacto con el borde anterior del poyete cuando el nadador precedente toca la pared).

(c) Entrada en el agua.

McLean y colaboradores (1999) realizaron un estudio exhaustivo de los métodos de salida de relevos con un paso hacia delante. Compararon los tres métodos con un paso hacia delante entre sí y con los métodos convencionales de salida de relevos. Utilizaron mediciones de las varias fases de las salidas para investigar las diferencias entre los cuatro métodos de salida de relevos que podrían hacer que una fuera superior a las otras.

La altura del despegue y las distancias de vuelo solían ser superiores para todos los métodos con un paso hacia delante cuando los compararon con los métodos tradicionales de salidas de relevos. La salida del paso único/impulso de atletismo parecía ser el mejor de los métodos con un paso hacia delante. Cuando se comparó con los otros dos métodos con paso hacia delante y la

salida tradicional de relevos, la altura y la distancia del despegue eran significativamente mayores cuando los nadadores utilizaban el método del paso único/impulso de atletismo. Suponiendo una destreza igual de deslizamiento después de la entrada en el agua, parece razonable que los nadadores se desplazarán no sólo más lejos sino también con más velocidad por el agua si pueden mejorar la distancia del vuelo sin reducir la velocidad del despegue. De hecho, aquellos nadadores que utilizaban la salida de relevos del paso único/impulso de atletismo en realidad mejoraron su velocidad de despegue en un promedio de 0,10 s, y también mejoraron la distancia del despegue.

Aunque la diferencia en la velocidad de despegue llegó al nivel de confianza de 0,02, no fue citada como significativa porque no llegó al nivel de 0,01 preestablecido para demostrar significación en este estudio.

Los autores indicaron un aspecto negativo de las salidas con un paso hacia delante, que era que los sujetos tendían a utilizar los brazos con menos vigor durante los movimientos preparatorios y el despegue. Los autores creían que esto se debía al hecho de que los nadadores no habían tenido tiempo de aprender completamente las salidas de relevos con un paso hacia delante. Presentaron los datos de dos de los sujetos que conocían las salidas de relevos con un paso hacia delante y que las habían estado utilizando regularmente en competición. Dichos nadadores mostraron ángulos de despegue y velocidades de despegue con las salidas con un paso hacia delante que eran considerablemente mejores que los de los otros sujetos.

En la actualidad, la investigación disponible es demasiado escasa para afirmar inequívocamente que las salidas con un paso hacia delante son superiores al método tradicional para hacer la salida de relevos. Sin embargo yo los recomendaría basándome en el estudio de McLean y sus colaboradores (1999) y en mi experiencia personal con los nadadores que he entrenado en el uso del método de salida con un paso hacia delante. También recomendaría que empezasen con ambos pies hacia atrás y que diesen sólo un paso hacia delante (el método del paso único/impulso de atletismo) como el método potencialmente superior a los otros dos métodos de salir en los relevos porque los nadadores encuentran más fácil mantener el momento hacia delante. Pueden empezar a impulsar el cuerpo desde el poyete con la pierna

atrasada justo cuando se coloca la otra pierna por encima de la parte anterior, y, sin pausa, pueden transferir su peso a la pierna delantera y seguir con el impulso. Esto debe incrementar su velocidad horizontal cuando dejan el poyete. Los otros dos métodos con un paso hacia delante hacen que los nadadores paren su movimiento hacia delante momentáneamente porque, en el último paso, tienen que colocar el pie atrasado en el borde anterior del poyete con el pie adelantado antes de poder empezar a impulsar el cuerpo hacia fuera.

A continuación se presenta una descripción de la salida de relevos del paso único/impulso de atletismo que se ilustra en la figura 8.10. Los nadadores deben colocarse en el poyete con ambos pies en la parte más alta de la pendiente en la parte posterior. Sin embargo, si el poyete es más largo de lo normal, deben colocarse a una distancia que permitirá un paso cómodo, y no exagerado, hacia delante.

La sincronización del movimiento de los brazos del nadador y de su paso hacia delante debe ajustarse al último recobro de los brazos del nadador precedente, de la misma manera que se describió anteriormente en esta sección para la salida de relevos tradicional. Se debe realizar el impulso desde el poyete de la misma manera que la salida de atletismo. El nadador da un paso hacia delante con sólo una pierna y luego se impulsa desde el poyete con el estilo de la salida de atletismo, empujando primero con la pierna atrasada, seguido inmediatamente de la extensión de la pierna adelantada.

Se debe advertir a los nadadores que deben mantener el cuerpo bajo y avanzando al dar el paso hacia delante y completar el movimiento de los brazos. Si elevan el cuerpo hacia arriba y hacia atrás o hacen una pausa antes de empezar el impulso desde el poyete, pueden fácilmente perder el momento hacia delante proporcionado por el paso hacia delante.

La salida de espalda

Ahora se han normalizado las reglas de las pruebas en piscina corta y larga de manera que en todas las carreras de espalda los nadadores deben tener los pies enteramente debajo del agua en la posición de preparados y no se les permite doblar los dedos de los pies por encima del rebosadero, si lo hay. Esta regla ha eliminado la salida de espalda de pie que se utilizaba con tanto éxito en Estados Unidos cuando las reglas para pruebas en piscina corta permitían a los nadadores estar de pie en el rebosadero. Ahora, todos los nadadores deben impulsarse desde la pared plana de salida de la piscina, lo que hace más difícil impulsar el cuerpo hacia arriba y por encima del agua con las piernas. Se ilustra la salida de espalda desde la vista por encima de la superficie con una serie de fotografías en la figura 8.11. La vista subacuática se presenta en la figura 8.12. Las partes de la salida que se describirán son: (1) la posición de preparados; (2) el impulso desde la pared; (3) el vuelo; (4) la entrada; (5) el batido de delfín subacuático, y (6) la propulsión y la salida a la superficie. Se ha incluido una descripción del batido de delfín subacuático porque esta técnica es utilizada comúnmente en todo el mundo.

La posición de preparados

Mientras esperan la orden “a sus marcas”, los nadadores deben estar en el agua, mirando a la pared y con ambas manos en la barra o los agarraderos de salida. Los pies deben estar enteramente debajo del agua y en contacto con la pared de salida. La región metatarsiana y los dedos de los pies deben estar contra la pared, y los talones deben estar separados de la misma. Las piernas deben estar flexionadas, y las caderas, dentro del agua.

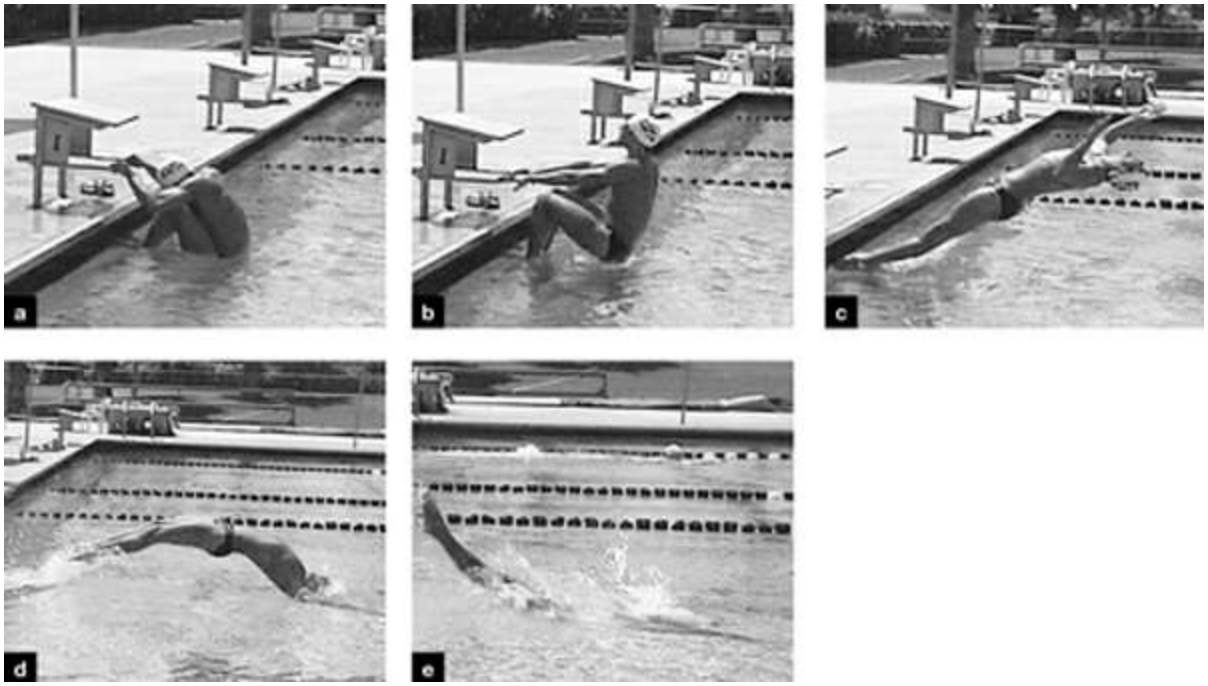


Figura 8.11. Una vista desde la superficie de la salida de espalda. El nadador es Pablo Abal, ex campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona y miembro del equipo olímpico. gentino de natación de 2000.

(a) Posición de preparados.

(b) Comienzo del impulso desde la pared.

(c) Los pies dejan la pared. Los brazos deben estar extendidos detrás de la cabeza en este momento.

(d) Entrada de la parte superior del cuerpo.

(e) Elevación de las piernas para permitir la entrada por el mismo agujero.

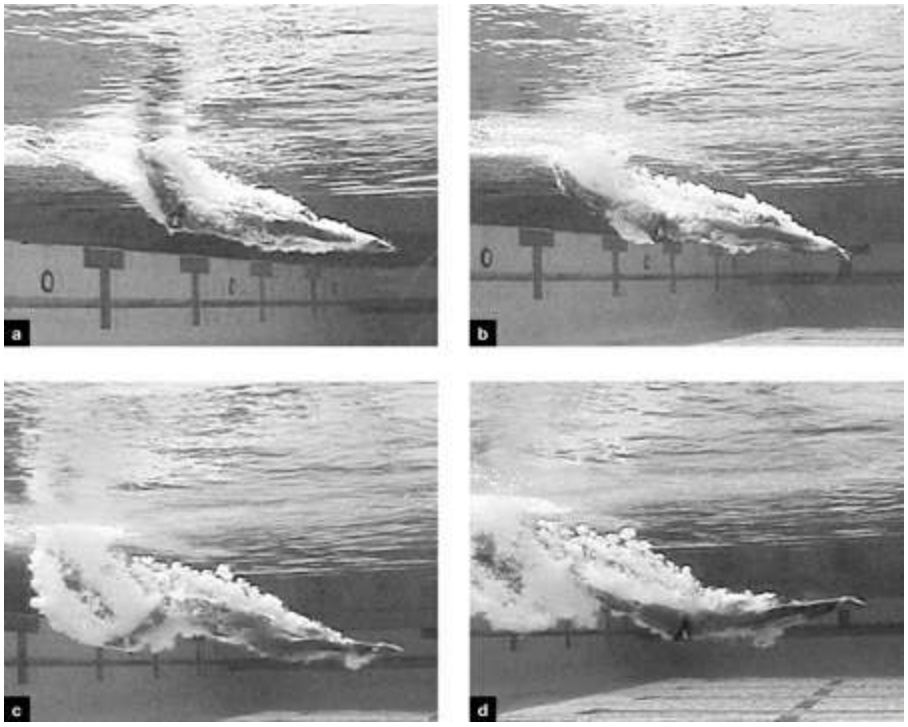


Figura 8.12. Una vista subacuática de la salida de espalda. El nadador es Guillermo Díaz de León, ex campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona.

(a) Entrada del cuerpo (obsérvese la posición carpada en la cintura).

(b) Entrada de las piernas. Comienzo del movimiento descendente del primer batido de delfín.

(c) Comienzo del movimiento ascendente del primer batido de delfín.

(d) Final del primer batido de delfín. Cambio de dirección de hacia abajo a hacia delante.

Deben adoptar una posición de preparados encogida cuando les den la orden “a sus marcas”. En esta posición, la cabeza debe estar hacia abajo y deben mirar el rebosadero delante de ellos. Los codos deben estar flexionados y separados del cuerpo. Las caderas deben situarse lo más altas posible sin que los pies suban por encima de la superficie del agua. Los pies deben estar enteramente debajo del agua con las nalgas cerca de los talones, como se ve en la figura 8.11a.

Algunos nadadores mantienen los pies juntos en la pared mientras que otros prefieren colocarlos en una posición *asimétrica,* con un pie ligeramente por debajo del otro. La investigación no ha determinado si este método es superior al de colocar ambos pies al mismo nivel, así que el mejor consejo es probar ambas colocaciones y escoger la que parece funcionar mejor.

El impulso desde la pared

Cuando suena la señal de salida, los nadadores deben tirar hacia arriba o empujar hacia abajo y hacia atrás contra la barra de salida con las manos (según su localización) de manera que puedan elevar el tronco algo más por encima del agua antes de impulsar el cuerpo desde la pared. Al mismo tiempo, deben lanzar la cabeza hacia arriba y hacia atrás, como si quisieran mirar el otro extremo de la piscina. Una vez que el cuerpo esté en movimiento, deben seguir empujándolo hacia arriba y hacia atrás, separándolo de la pared, extendiendo los brazos hacia delante contra la barra de salida (véase la figura 8.11b). Después de soltar la barra, deben lanzar los brazos hacia arriba y por encima de la cabeza lo más rápidamente posible.

Los nadadores deben empezar a extender las piernas para impulsar el cuerpo desde la pared al pasar los brazos por encima de la cabeza. Se realiza el impulso de las piernas con una potente extensión de las rodillas, seguida de una extensión final de los pies contra la pared. Simultáneamente, los brazos deben estar por encima de la cabeza y extendiéndose. Como se ve en la figura 8.11c, Abal es un poco lento en desplazar los brazos por encima de la cabeza. En este instante deben estar por encima de la cabeza y extendidos.

Existen dos aspectos del impulso desde la pared que me gustaría comentar porque son diferentes de las técnicas que comúnmente se enseñan. El primero se relaciona con el balanceo de los brazos por encima del agua, y el segundo, con la sincronización de la extensión de las piernas cuando los nadadores impulsan el cuerpo desde la pared.

Los nadadores deben lanzar los brazos hacia atrás y por encima de la

cabeza mientras impulsan el cuerpo desde la pared. No deben balancearlos a los lados, como comúnmente se recomienda. Los brazos deben estar por encima de la cabeza en una posición flexionada durante la primera mitad del balanceo y deben extenderse y estirarse hacia atrás para entrar en el agua mientras que los nadadores extienden las piernas. Existen por lo menos tres razones por las que los espaldistas deben balancear los brazos por encima de la cabeza y no hacia los lados.

1. Los brazos llegarán más rápidamente por encima de la cabeza. Por lo tanto, los nadadores tendrán más tiempo para alinear el cuerpo desde las yemas de los dedos hasta la punta de los pies para la entrada.
2. Dado que los nadadores pueden llevar los brazos por encima de la cabeza más rápidamente, podrán extenderlos al estirar las piernas de la misma manera que en un salto vertical, y así añadirán un momento adicional al impulso desde la pared. Con el balanceo a los lados, los brazos estarán desplazándose hacia los lados mientras que extienden las piernas y contribuirán en menor grado a la fuerza del impulso de las piernas.
3. Un balanceo de los brazos por encima de la cabeza fomentará un arco más alto y un cuerpo más arqueado durante el vuelo, lo que debería proporcionar una entrada más hidrodinámica.

Una de las experiencias más perturbadoras que pueden sufrir los espaldistas es cuando los pies resbalan en la pared durante la salida. Desafortunadamente este resbalón es demasiado común porque los nadadores tratan de empujar contra la pared con las piernas demasiado rápidamente después de la señal de salida. Los nadadores estarán tirando el cuerpo hacia arriba, y no impulsándolo hacia atrás, justo después de la señal de salida. Si tratan de impulsar el cuerpo desde la pared con las piernas mientras están tirando del cuerpo hacia arriba, los pies resbalarán hacia abajo por la pared. Si esperan hasta que el cuerpo esté separado de la pared y dirigiéndose hacia atrás antes de empujar con las piernas, estarán empujando hacia atrás con los pies, en lugar de hacia abajo, cuando extienden las piernas y tendrán menos probabilidad de resbalar.

El vuelo

Los nadadores deben volar por el aire recorriendo un arco, con la espalda arqueada, la cabeza hacia atrás y los brazos extendidos por encima de la cabeza. Las piernas también deben estar extendidas y juntas con los tobillos extendidos.

Deben tratar de sacar el cuerpo entero fuera del agua durante el vuelo, aunque será difícil hacerlo porque habrán empezado la salida del agua. No obstante, si los nadadores logran un ángulo de despegue razonablemente alto y arquean suficientemente la espalda durante el vuelo, deben poder impedir que la parte inferior de las piernas y los pies se arrastren por el agua durante la mayor parte del vuelo.

El arqueado de la espalda y los movimientos de la cabeza determinan el éxito del vuelo y de la entrada en el agua. Por lo tanto, quiero profundizar en cómo se deben realizar. Los nadadores deben lanzar la cabeza hacia arriba y hacia atrás al impulsar el cuerpo desde la pared de salida. Deben arquear la espalda y mirar hacia atrás, hacia el otro extremo de la piscina, antes de que los pies dejen la pared para hacer una entrada hidrodinámica. Como ya se mencionó, Abal es un poco lento en hacer esto como se ve en la figura 8.11c. Quizás el error más común cometido por los nadadores es mantener la cabeza hacia arriba y las caderas flexionadas durante el vuelo. Los nadadores seguramente darán un planchazo con la espalda cuando hagan esto. Hay que indicarles que sigan desplazando la cabeza hacia atrás y las caderas hacia arriba mientras el cuerpo vuela por encima del agua.

La entrada

La entrada debe realizarse en una posición hidrodinámica con los brazos extendidos y juntos. La cabeza debe estar entre los brazos, con las piernas y

los pies todavía en una posición extendida. El ángulo de la entrada debe ser de tal forma que las manos entran primero, seguidas de la cabeza, el tronco y finalmente las piernas. De manera ideal, todas las partes del cuerpo deben entrar por el mismo agujero en el agua. Sin embargo, esto es difícil de realizar porque los nadadores estarán cerca del agua durante el vuelo. La mayoría de los espaldistas elevan las piernas durante la entrada para reducir el arrastre. Hacen esto para adoptar una posición carpada al entrar el tronco en el agua, haciendo posible la entrada de las piernas por casi el mismo agujero que las manos. Se logra la elevación de las piernas contrayendo los flexores de las caderas como se ve desde la superficie en la figura 8.11e y desde la vista subacuática en la figura 8.12a.

El batido de delfín subacuático

Después de entrar en el agua, los nadadores deben levantar los brazos ligeramente y bajar las piernas para cambiar la dirección del cuerpo de hacia abajo a hacia delante. A continuación deben realizar un número determinado de rápidos batidos de delfín cualquier distancia hasta los 15 m permitidos por las reglas (véanse las figuras 8.12 b-d). El número de batidos de delfín subacuáticos recomendados para cada carrera y las técnicas de los mismos se presentaron en el capítulo 6. Los espaldistas que pretenden recorrer largas distancias con el batido de delfín subacuático permitirán que el cuerpo baje más en el agua levantando menos los brazos y deslizando un corto período de tiempo antes de empezar el batido de delfín. Los nadadores que sólo van a realizar dos o tres batidos de delfín levantarán los brazos de forma más brusca y bajarán las piernas en preparación para el primer batido de delfín casi inmediatamente después de la entrada de las piernas en el agua.

La propulsión y la salida a la superficie

Los nadadores deben empezar a subir hacia la superficie con una trayectoria

diagonal gradual después de recorrer la distancia deseada debajo del agua. Se deben utilizar los últimos dos o tres batidos de delfín para llevarles gradualmente a la superficie. Deben empezar el batido de espalda justo antes de alcanzar la superficie, después de lo cual, deben realizar una brazada subacuática que les hace romper la superficie, preparados para nadar a la velocidad de la carrera. Deben permanecer en una posición hidrodinámica hasta que lleguen a la superficie. En particular no deben levantar la cabeza de entre los brazos hasta que estén en la superficie.

Por encima de todo, los nadadores no deben subir a la superficie con el batido antes de realizar la primera brazada. Esto les haría desacelerar hasta muy por debajo de la velocidad de la carrera antes de empezar sus brazadas. La primera brazada debe comenzar mientras todavía están debajo del agua, y debe sincronizarse de tal manera que el cuerpo rompa la superficie avanzando a la velocidad de la carrera antes de que se haya completado la fase propulsora de esta brazada.

Los ejercicios para la salida de espalda

Los errores más comunes cometidos por los nadadores cuando realizan la salida de espalda son arrastrar las piernas por el agua durante el vuelo y hacer que el cuerpo entre en el agua por varios sitios simultáneamente. Los siguientes ejercicios están diseñados para ayudar a corregir estos errores.

Realizar la salida por encima de una cuerda

El entrenador debe colocar una cuerda o un trozo de goma entre las corcheras a una corta distancia de la pared de salida de la piscina. Empezando en el agua, los nadadores deben realizar la salida hacia atrás pasando por encima

de la cuerda. Este ejercicio es muy bueno para aprender a arquear la espalda correctamente por encima del agua y a elevar las piernas durante la entrada. Los nadadores deben realizar varios batidos de delfín subacuáticos antes de subir a la superficie para que puedan también trabajar su posición hidrodinámica después de la entrada.

El ejercicio de realizar la entrada hacia atrás

El propósito de este ejercicio es enseñar a los nadadores a arquear la espalda de forma correcta y a elevar las piernas durante la entrada. De hecho, es una versión más fácil de la salida de espalda. Los nadadores no se impulsan con demasiado fuerza y se quedan cerca del agua mientras arquean la espalda correctamente por encima de la superficie y elevan las piernas como es debido durante la entrada.

Los nadadores no utilizan el poyete en este ejercicio. En su lugar se agarran al rebosadero en la posición de preparados para la salida de espalda, con los pies por debajo del agua y los dedos de los pies contra la pared. Desde esta posición, deben ejecutar un suave zambullido hacia atrás por encima del agua. Lo más importante del salto debe ser llevar el cuerpo por un pequeño arco en el que sacan las caderas del agua y meten las manos otra vez en el agua detrás de ellos antes de que los pies dejen la pared. Una vez que dominan esta técnica, deben elevar las piernas en una posición carpada después de que los pies dejan la pared y deben meter las piernas en el agua en esta misma posición carpada. El dibujo de la figura 8.13 muestra la entrada de los brazos durante este ejercicio.

El ejercicio de realizar la salida desde el borde

El propósito de este ejercicio es ayudar a los nadadores a saltar por encima del agua y entrar correctamente. Empiezan en el borde en una posición

agachada con la espalda hacia el agua, similar a la posición de preparados de la salida de espalda. Desde allí deben saltar al agua hacia atrás tratando de conseguir una entrada limpia e hidrodinámica con una buena elevación de las piernas. También se les debe exigir que realicen varios batidos de delfín por debajo del agua para aprender cómo cambiar la velocidad de la entrada de velocidad dirigida hacia abajo a velocidad dirigida hacia delante.

Los virajes

Se describirán los virajes para el estilo libre, espalda, mariposa y braza en esta sección. Además también se explicarán los virajes que utilizan los nadadores para cambiar de un estilo a otro en la prueba individual de estilos.

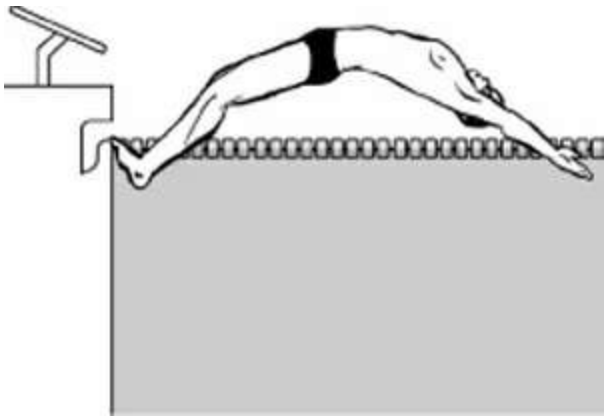


Figura 8.13. El ejercicio de realizar la entrada hacia atrás. Obsérvese la posición de entrada. Las manos están otra vez dentro del agua antes de que los pies dejen la pared.

El viraje de voltereta del estilo libre

La serie de fotografías presentadas en la figura 8.14 muestran a un nadador ejecutando el viraje de voltereta del estilo libre desde la vista subacuática.

El viraje de voltereta del estilo libre es esencialmente un mortal hacia delante con una pequeña rotación hacia el lado, seguido de un impulso desde la pared. El cuerpo rota la distancia que queda hasta conseguir la posición prona al dejar la pared. Se describirá el viraje según las siguientes partes: (1) la aproximación; (2) el viraje; (3) el impulso; (4) el deslizamiento, y (5) la propulsión y la salida a la superficie.

La aproximación

Se ve a Hutchison aproximándose a la pared en la figura 8.14a. Realmente empezará el viraje mientras realiza su última brazada que le lleva a la pared. La mayoría de los nadadores empiezan esta última brazada a 1,70-2,00 m de la pared (Chow *et al.*, 1984). Los velocistas tienden a empezar el viraje antes, probablemente porque están acercándose a la pared más rápidamente.

Los nadadores deben observar la pared a una distancia de varias brazadas con el fin de poder modificar su aproximación para que no pierdan velocidad. Los nadadores deben mantener la velocidad de la carrera durante la aproximación porque pueden sacar ventaja a muchos competidores que desacelerarán anticipando el viraje. Obsérvese cómo Hutchison ha empezado la brazada subacuática con su brazo izquierdo mientras todavía completa la brazada de su brazo derecho. Solapa sus brazadas de esta manera para ganar velocidad adicional al acercarse al viraje.

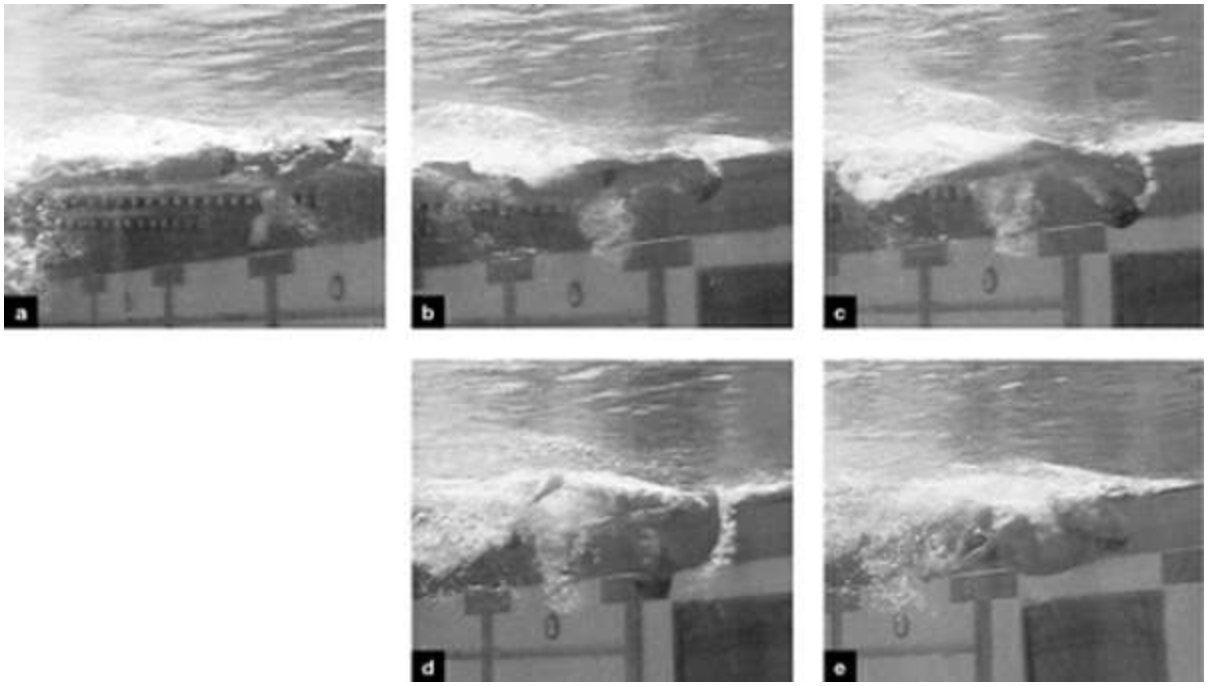


Figura 8.14. Una vista subacuática del viraje de voltereta del estilo libre. El nadador es Craig Hutchison, ex campeón universitario estadounidense de la Universidad Estatal de Arizona y miembro del equipo olímpico de natación de Canadá de 2000.

(a) Aproximación (obsérvese que solapa las brazadas).

(b) Descenso de la cabeza. Comienzo del batido de delfín durante la última brazada (obsérvese que ambos brazos están hacia atrás en los costados).

(c) Final del batido de delfín. En medio del mortal.

(d) Continuación del mortal.

(e) Flexión de las rodillas (obsérvese que ambas manos están por encima de la cabeza con los codos flexionados en preparación para el impulso).

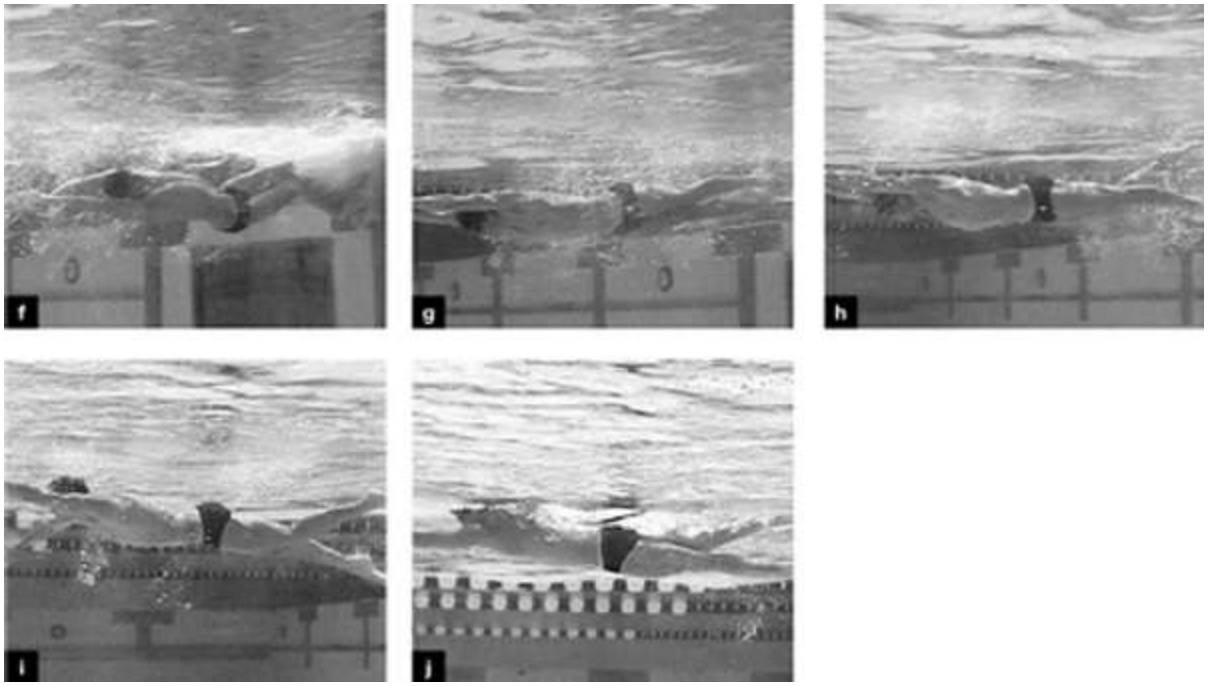
El viraje

La mecánica del viraje se muestra en las figuras

8.14 a-e. Los nadadores dejan el brazo opuesto hacia atrás al lado de la cadera mientras completan la última brazada antes del viraje. Llevan el brazo adelantado hacia atrás a la otra cadera durante la última brazada. Bajan el mentón y empiezan el mortal. Los nadadores deben mirar la pared al principio de esta brazada, pero deben bajar la cabeza y seguir la última brazada hacia atrás una vez que está empezada.

Los nadadores realizarán un pequeño batido de delfín durante la última brazada para ayudar a empujar las caderas hacia arriba por encima del agua durante el viraje. Hutchison hace esto en las figuras 8.14 b-c. Siguen con un mortal casi recto hasta que la cabeza se encuentre entre los brazos. Las rodillas deben estar flexionadas cuando se desplazan por encima del agua para producir un mortal más rápido. Las manos, que estaban hacia atrás al lado de las caderas durante la primera parte del mortal, deben estar giradas con la palma mirando hacia abajo y empujar hacia abajo contra el agua para ayudar a llevar la cabeza hacia la superficie, tal y como se muestra en las figuras 8.14 d-e.

La cabeza debe subir entre los brazos antes de que los pies lleguen a la pared de manera que el cuerpo esté alineado y preparado para el impulso cuando los pies entren en contacto con la pared. Las manos también deben estar por encima de la cabeza con los codos flexionados antes de que los pies entren en contacto con la pared, tal y como se ve en la figura 8.14e. Cuando hacen contacto los pies, deben apoyarse en la pared con los dedos mirando hacia arriba y ligeramente hacia el lado en la misma dirección en la que rota el cuerpo.



(f) Extensión de los brazos y de las piernas durante el impulso (obsérvese la rotación del cuerpo hacia la posición prona).

(g) Final de la rotación a la posición prona.

(h) Comienzo del batido de estilo libre.

(i) Comienzo de la propulsión y salida a la superficie.

(j) Llegada a la superficie. Comienzo de la segunda brazada.

Los nadadores deben estar mayormente en posición supina cuando los pies llegan a la pared. También deben estar rotados aproximadamente un octavo de giro hacia el lado. Este pequeño grado de rotación se logra girando ligeramente la cabeza a un lado al llegar los pies a la pared. Esta acción de la cabeza inicia una rotación del cuerpo que seguirá hacia la posición prona durante el impulso y el deslizamiento. Los nadadores pueden rotar hacia el lado que prefieran. Sin embargo, la mayoría girará la cabeza hacia el lado opuesto al brazo que realiza la última brazada antes del viraje. Por lo tanto, estarán mirando hacia arriba y ligeramente hacia el lado opuesto a este brazo al impulsarse desde la pared.

El impulso

Los pies deben chocar contra la pared a una profundidad de aproximadamente 30-40 cm. Cuando los pies entran en contacto con la pared, las caderas deben estar flexionadas formando un ángulo cercano a los 90º y las rodillas un ángulo mayor de 90º. Los nadadores deben empezar a extender las piernas inmediatamente después de realizar este contacto y rotar el cuerpo hacia una posición prona mientras se impulsan desde la pared y durante el deslizamiento siguiente (véanse las figuras 8.14 f-g). El impulso desde la pared debe ser potente pero graduado. La extensión de las piernas debe empezar gradualmente, con velocidad creciente hasta que los nadadores extiendan las piernas lo más rápido posible justo antes de que los pies dejen la pared. El hecho de aumentar la velocidad y la potencia desde el principio hasta el final del impulso desde la pared permite a los nadadores adoptar una posición hidrodinámica para cuando hayan alcanzado su mayor velocidad de impulso. Por consiguiente, encontrarán menos arrastre al dejar la pared.

Deben extender los brazos y las piernas simultáneamente para añadir ímpetu al impulso. Debe hacerse el impulso horizontalmente, no hacia arriba, para aprovechar la menor resistencia del agua que hay por debajo comparada con la más cercana a la superficie. Se debe realizar el impulso a una profundidad de aproximadamente 0,40 m de manera que los nadadores encuentren menos resistencia durante el deslizamiento (Lyttle *et al.*, 1998). El arrastre es menor en un 15-23% a una profundidad de 0,4-0,6 m comparado con cerca de la superficie (Lyttle *et al.*, 1998).

Quiero hacer algún comentario sobre el impulso gradualmente acelerado que acabo de mencionar. Se cree comúnmente que los nadadores deben impulsarse desde la pared con una extensión explosiva y potente de las piernas. Sin embargo, Blanksby, Gathercole y Marshall (1996) demostraron que una aceleración gradual producía mejores resultados. La velocidad de salida de la pared aumentó en 0,57 m/s desde 2,46 a 3,03 m/s realizando el impulso de esta forma, aunque la fuerza del impulso era más baja en casi 300 N. El gráfico presentado en la figura 8.15 muestra sus resultados.

La figura 8.15 ilustra la velocidad del impulso de dos sujetos: el nadador A, que realizó un impulso rápido y el nadador B, que utilizó un impulso gradualmente acelerado. El nadador A desarrolló una fuerza pico de 1.396 N muy pronto en el impulso, pero logró una velocidad de sólo 2,46 m/s al dejar la pared porque su fuerza de arrastre era de 929 N. En cambio el nadador B desarrolló su fuerza pico después en el impulso y dejó la pared desplazándose a una velocidad de 3,03 m/s aunque su fuerza pico del impulso era sólo de 1.074 N. La diferencia de velocidad cuando dejaron la pared se debe probablemente al hecho de que la fuerza de arrastre del nadador B era de sólo 235 N cuando dejó la pared.

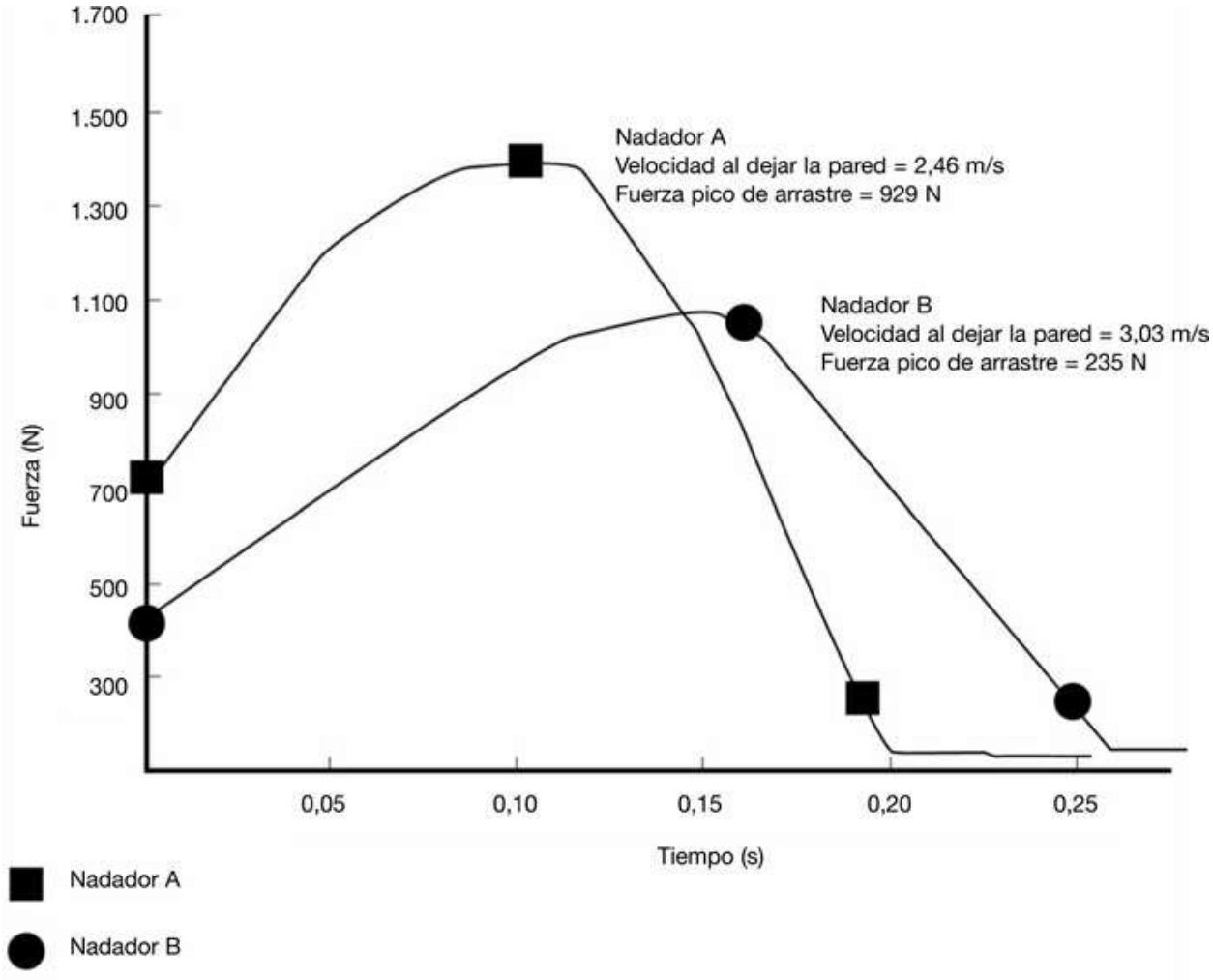


Figura 8.15. Comparación del impulso gradual y del explosivo durante el viraje de voltereta

del estilo libre.

Adaptada de Blanksby, Gathercole y Marshall, 1996.

El deslizamiento

El deslizamiento desde la pared debe realizarse a bastante profundidad para que los nadadores puedan desplazarse por debajo de la turbulencia de la superficie creada durante la aproximación, pero no con demasiada profundidad de manera que no puedan desplazarse con una trayectoria diagonal gradual que les lleve a la superficie a aproximadamente una distancia de tres veces su altura. La velocidad de la subida debe ser de tal magnitud que sólo se necesiten tres o cuatro batidos de estilo libre durante el deslizamiento para llevarles lo bastante cerca de la superficie para realizar la primera brazada.

La parte superior del cuerpo debe adoptar una posición muy hidrodinámica durante el deslizamiento. Es decir, los brazos deben estar extendidos por encima de la cabeza, alineados con el cuerpo y con una mano encima de la otra de manera que el agua se parta por delante en la yema de los dedos. La cabeza debe estar metida entre los brazos.

Los nadadores deben completar la rotación a una posición prona mientras se alejan de la pared. Las piernas deben estar cruzadas con la pierna superior (la más cercana a la superficie) por encima de la inferior, al dejar los pies la pared. Durante el deslizamiento descruzarán las piernas y bajarán la pierna superior y subirán la inferior para ayudar a rotar el cuerpo hacia una posición prona. Hutchison está utilizando sus piernas para ayudar a rotar el cuerpo en las figuras 8.14 f-g.

Realizar batidos durante el deslizamiento. Los nadadores estarán desplazándose más rápidamente que la velocidad de la carrera al alejarse de la pared, pero desacelerarán muy rápidamente poco después. Por

consiguiente, en las carreras de velocidad deben empezar a realizar los batidos casi inmediatamente después de que los pies hayan dejado la pared. Sin embargo, pueden deslizar una corta distancia antes de empezar los batidos en las pruebas de medio fondo y fondo. Realizar batidos durante el deslizamiento ayuda a los nadadores a mantener su velocidad ligeramente por encima de la velocidad de la carrera mientras se desplazan por debajo de la turbulencia de la superficie durante su subida gradual. Se ve a Hutchison empezando su batido de estilo libre en la figura 8.14 h.

Realizar batidos de delfín durante el deslizamiento. Algunos nadadores ahora están utilizando uno o más batidos de delfín subacuáticos después de impulsarse desde la pared porque este batido es tan potente que reduce su tasa de desaceleración más que el batido de estilo libre. Por esta razón sugiero que los velocistas realicen uno o dos batidos de delfín inmediatamente después del impulso desde la pared y antes de empezar el batido de estilo libre y la propulsión y salida a la superficie. Deben empezar el batido de estilo libre inmediatamente después de terminar estos batidos de delfín, y después de uno o dos batidos de estilo libre deben estar lo bastante cerca de la superficie como para comenzar la primera brazada.

Sin embargo, no aconsejaría a los nadadores de pruebas de fondo que utilicen el batido de delfín subacuático durante su deslizamiento a causa del esfuerzo que implica. El batido de delfín requiere un corto pero gran esfuerzo muscular, y en las pruebas más largas, puede no valer la pena en comparación con la pequeña cantidad de propulsión adicional que reciben los nadadores en cada viraje.

La propulsión y la salida a la superficie

El deslizamiento y la subida gradual a la superficie deben hacer que los nadadores de estilo libre lleguen a la superficie a aproximadamente 4 m de la pared de salida (suponiendo que han utilizado hasta dos batidos de delfín). Deben empezar la primera brazada mientras el cuerpo está todavía debajo de la superficie, y esta brazada debe llevar el cuerpo a través de la superficie

avanzando a la velocidad de la carrera antes de que su fase propulsora se haya completado. Hutchison está haciendo esto en las figuras 8.14 i-j. Los nadadores deben sentir cuándo están lo bastante cerca de la superficie como para empezar esta brazada y deben permanecer en una posición hidrodinámica con la cabeza hacia abajo durante la misma. Pueden elevar la cabeza ligeramente a la posición normal de nado después de que salga por la superficie. Sobre todo no deben deslizar ni impulsarse con las piernas hasta la superficie sin empezar esta primera brazada. Si lo hacen, el cuerpo desacelerará hasta muy por debajo de la velocidad de la carrera antes de que llegue a la superficie.

Los nadadores deben realizar la primera brazada hacia la superficie con el brazo opuesto al lado en que respiran en las carreras de velocidad. De esta forma pueden completar esta brazada y la mitad de la siguiente sin respirar. Así será más fácil mantener la velocidad de la carrera al llegar a la superficie y reducirá la tendencia de algunos de retrasar el ritmo de brazadas de la carrera ya que respiran inmediatamente después de llegar a la superficie. Sin embargo, no recomiendo que los nadadores de carreras de medio fondo y de fondo utilicen esta técnica, a causa de sus efectos potenciales para aumentar la fatiga en dichas carreras. Se aconseja a los nadadores de pruebas de medio fondo y de fondo que lleven el cuerpo a través de la superficie con la brazada del brazo del lado por el que respiran. Considerando también que no habrán respirado desde antes de empezar el viraje, aproximadamente unos 3-5 s antes (Thayer y Hay, 1984), puede ser más conveniente que respiren inmediatamente al llegar a la superficie en lugar de retrasar la primera inspiración durante una brazada adicional. Si lo hacen, reducirán las molestias y proporcionarán una inspiración extra en cada largo de la piscina.

Por supuesto que los nadadores deben aprender a realizar esta primera inspiración después del viraje alterando lo menos posible los ritmos de brazada y la alineación corporal. Esto se logra si se realiza la primera inspiración durante la primera brazada después del viraje o durante la segunda después del mismo. Muchos nadadores, especialmente los que no tienen mucha experiencia, tienden a hacer una pausa o lanzar la cabeza hacia el lado cuando realizan la primera inspiración simplemente porque se han visto privados de oxígeno durante tanto tiempo. Lo que deben hacer es concentrarse en alcanzar el ritmo de brazadas de la carrera mientras rotan el

cuerpo y la cabeza suavemente hacia el lado sin levantar ninguno de los dos fuera del agua cuando respiran.

A la luz de la investigación realizada por Ransom (1973), quien indicó que este método era más lento que retrasar la inspiración hasta la segunda brazada, puede no ser conveniente recomendar que los nadadores de medio fondo y fondo respiren inmediatamente al llegar a la superficie. Sin embargo, el diseño de la investigación evidenciaba fallos porque no tenía en cuenta el efecto de la fatiga. Se cronometraron los virajes a la velocidad de la carrera y los sujetos nadaron sólo unos pocos metros antes y después de cada viraje mientras los cronometraban. No se ha demostrado nunca que los tiempos del viraje fuesen más lentos si se respiraba en la primera brazada cuando los nadadores no están realizando carreras de velocidad, ni se ha examinado adecuadamente la posibilidad de que retrasar la primera respiración haga que los nadadores se fatiguen antes.

Errores comunes

Muchos nadadores tienden a cometer uno o más de los siguientes errores durante el viraje de voltereta del estilo libre: (1) realizar la voltereta en una posición carpada; (2) lanzar las piernas por encima del agua; (3) no alinear el cuerpo antes de que los pies lleguen a la pared; (4) subir a la superficie con un ángulo demasiado abrupto; (5) respirar durante la aproximación; (6) deslizar antes de los virajes; (7) realizar el impulso desde la pared en una posición poco hidrodinámica; y (8) deslizar demasiado después del viraje. Ahora comentaré cada uno de estos errores y los métodos que los nadadores pueden utilizar para corregirlos.

1. La voltereta en posición carpada era muy popular porque los entrenadores creían que las piernas se desplazaban más rápidamente por encima del agua cuando estaban estiradas que cuando estaban flexionadas. Por lo tanto, los expertos recomendaban que los nadadores hiciesen el viraje flexionando sólo la cintura mientras mantenían las piernas casi extendidas. De hecho, ocurre lo contrario. Los nadadores pueden girar mucho más rápidamente cuando las

piernas están encogidas (Ward, 1976). Los pies se desplazarán más rápidamente por encima del agua en una posición encogida por la misma razón que los saltadores pueden realizar un mortal más rápidamente en la posición encogida: se reduce el eje de la rotación. Mientras que es cierto que las piernas se arrastrarán por el agua cuando están encogidas, los ahorros del tiempo de la rotación anularán esta desventaja cuando se compara con el método más lento de llevarlas por encima del agua en una posición carpada. Además, con las piernas flexionadas, los pies estarán desplazándose hacia atrás en lugar de hacia abajo al entrar en contacto con la pared. Por lo tanto, los nadadores no experimentarán el ligero retraso necesario para cambiar la dirección de las piernas desde hacia abajo hasta hacia atrás antes de poder impulsarse desde la pared.

2. Otro error común cometido por los nadadores es tratar de aumentar su velocidad de rotación hacia la pared lanzando las piernas vigorosamente por encima del agua. Esto introduce una acción de parada y arranque que retrasa el comienzo de la rotación del cuerpo. Los nadadores esperarán un momento para movilizar el cuerpo antes de lanzar las piernas por encima del agua. Como resultado, los pies normalmente llegan a la pared antes de que puedan alinear el cuerpo para el impulso, causando otra interrupción en este punto. Un análisis del tiempo reveló que los nadadores que no alinean el cuerpo antes de que los pies lleguen a la pared pueden necesitar 0,20-0,40 s adicionales para alinearlo antes de poder realizar el impulso. Los nadadores que tratan de evitar este retraso impulsándose inmediatamente desde la pared lo harán con una posición del cuerpo poco hidrodinámica, y la resistencia adicional del agua que encontrarán desacelerará rápidamente el cuerpo durante el siguiente deslizamiento.

La velocidad de la rotación del cuerpo hacia la pared es controlada por lo rápido que los nadadores pueden rotar la cabeza alineada con el cuerpo, no por lo rápido que pueden desplazar las piernas por encima del agua. Si simplemente encogen el cuerpo y ruedan y levantan la cabeza tan rápidamente como sea posible, no habrá una pausa entre la aproximación y el comienzo de la rotación hacia la pared. Como resultado, las piernas se desplazarán por el agua más rápidamente que si las lanzasen por encima de ella y el cuerpo estará alineado y preparado para el impulso desde la pared en una posición hidrodiná-mica cuando los pies entren en contacto con ella.

3. Muchos nadadores cometen el error de llevar uno de los brazos hacia atrás, hacia la pared, cuando realizan el mortal por encima del agua. Como resultado terminan con este brazo hacia atrás al lado de la cintura cuando llegan los pies a la pared. Luego tienen que retrasar el impulso hasta que lleven este brazo por encima de la cabeza o, lo que es peor, tratan de llevar este brazo hacia delante debajo del agua mientras impulsan el cuerpo desde la pared. Ambos brazos deben permanecer hacia atrás al lado de la cintura mientras los nadadores realizan el mortal por el agua. De esta forma pueden alinear los brazos con el cuerpo antes de que los pies entren en contacto con la pared.

4. Los nadadores deben impulsarse desde la pared de manera que el cuerpo deslice gradualmente hacia la superficie. Tanto la velocidad como la distancia del deslizamiento por el agua se reducirán si el cuerpo sigue un ángulo demasiado abrupto hacia arriba al impulsarse desde la pared. En cambio, si los nadadores se impulsan con una trayectoria diagonal gradual hacia la superficie, pueden separarse de la pared por debajo de la estela turbulenta que crearon mientras realizaban el viraje y estarán avanzando más rápidamente cuando lleguen a la superficie.

La manera más fácil de lograr una subida gradual hacia la superficie es impulsar el cuerpo horizontalmente por debajo de la misma. Cuando hacen esto, el batido y la presión del agua empujando hacia arriba desde debajo del cuerpo les llevarán a la superficie gradualmente de manera que la alcanzan avanzando más rápidamente de lo que están subiendo.

5. Los nadadores nunca deben respirar durante la brazada que los lleva al viraje, ya que les hará retrasar el comienzo del mortal por encima del agua. Me sorprende cuántos nadadores, incluso los de nivel mundial, cometen este error. Es probable que la técnica descrita anteriormente, es decir, la de retrasar la primera respiración después del viraje, sea responsable de que muchos nadadores estén respirando al empezar el mismo. Éstos probablemente empezaron a inspirar rápidamente inmediatamente antes de realizar el viraje para poder conseguir bastante aire para retrasar la respiración hasta empezar la segunda brazada después de él. Respirar justo antes del viraje luego se convirtió en un mal hábito y seguían utilizándolo incluso después de acostumbrarse a respirar más tarde después del viraje.

Quienes cometen este error podrían fácilmente mejorar sus tiempos en 0,10-0,20 s por viraje si no retrasasen el mortal mientras inspiran durante la última brazada antes de realizarlo. Significaría una mejora de 3-4 s en una carrera de 1.500 m en piscina larga y más del doble de este tiempo en carreras de 1.500 m ó 1.650 yardas en piscina corta. Los nadadores siempre deben respirar por última vez en la penúltima brazada antes de comenzar el mortal. Luego deben empezar el mortal en coordinación con la última brazada sin una respiración que les retrasaría la velocidad de rotación.

6. Muchos nadadores realizan la última brazada bastante lejos de la pared y luego deslizan hasta que estén lo bastante cerca como para empezar el mortal. Lo hacen con la impresión errónea de que están ahorrando tiempo empezando el viraje antes en el largo de la piscina. Puede que los nadadores que deslizan hasta el viraje empiecen a girar antes, pero los pies normalmente alcanzarán la pared más tarde que los de los competidores que nadan hasta y a través del viraje. Es porque la velocidad de avance empieza a disminuir en el instante en que dejan de aplicar la fuerza propulsora de la brazada. Por lo tanto, no debe haber ninguna pausa entre el final de la última brazada y el comienzo del mortal hacia la pared. De hecho, el mortal debe empezar antes de que haya terminado la última brazada. Los atletas siempre deben nadar hasta y a través del viraje.

7. Muchos nadadores se impulsan desde la pared con una posición poco hidrodinámica. Los nadadores que cometen este error arquean la espalda y bajan el abdomen, o se impulsan con los brazos separados, con la cabeza hacia arriba o con las piernas separadas. Es fácil ver cómo los nadadores desacelerarán más rápidamente cuando dejan la pared con el cuerpo colocado en una posición tan poco hidrodinámica. Las buenas noticias son que pueden aprender a alinear el cuerpo y mantener las manos y los pies juntos en una posición extendida con sólo un poco de entrenamiento intensivo. Sin embargo, corregir la posición de la cabeza es otra cosa.

Los nadadores casi universalmente se impulsan desde la pared con la cabeza hacia arriba en los entrenamientos para impedir que las gafas se llenen de agua y evitar chocar contra otros nadadores. Pueden hacer esto literalmente miles de veces a la semana, así que no es de extrañar que se vuelva un hábito que se traslada a la competición. Se debe dedicar tiempo a

entrenar a los nadadores a mantener la cabeza hacia abajo entre los brazos en el impulso, especialmente cerca del final de la temporada al acercarse el momento de las competiciones más importantes.

8. Un último problema asociado con los virajes en el estilo libre y en otros estilos es que los nadadores a menudo pierden tiempo deslizando demasiado o demasiado poco después de impulsar el cuerpo desde la pared. En el primer caso, permiten que el cuerpo desacelere por debajo de la velocidad de la carrera durante el deslizamiento de manera que se requieren más tiempo y energía para recuperar esta velocidad una vez que alcanzan la superficie. Los nadadores nunca deben desacelerar por debajo de la velocidad de la carrera sólo para ganar una distancia adicional en el deslizamiento. Se debe aumentar la distancia del deslizamiento mediante una mejor hidrodinámica que les permitirá desplazarse más lejos por debajo del agua antes de que desaceleren hasta la velocidad de la carrera. El batido también puede desempeñar un papel muy importante para mantener la velocidad durante el deslizamiento.

Realizar el batido durante el deslizamiento mantendrá la velocidad hasta que estén lo bastante cerca de la superficie como para empezar la primera brazada. Aunque se debe realizar el impulso desde la pared a una profundidad que les permita deslizar por debajo de la turbulencia de la superficie, los nadadores nunca deben necesitar más de dos o tres batidos para mantener su velocidad durante su aproximación a la superficie. De otra forma casi seguramente desacelerarán por debajo de la velocidad de la carrera, a no ser que estén utilizando el batido de delfín. Incluso entonces los nadadores tendrían que ser excelentes con este batido de delfín o muy malos nadadores de estilo libre para avanzar por debajo del agua con las piernas más rápidamente que cuando nadan en la superficie.

Los nadadores estarán desperdiciando sus esfuerzos si cometen el error de realizar la primera brazada antes de que desaceleren hasta la velocidad de la carrera, porque estarán desplazándose tan rápidamente que los brazos no podrán acelerarlos más. Los nadadores deben empezar su primera brazada cuando sienten que se acercan a la velocidad de la carrera.

Viraje de espalda con voltereta

Los cambios recientes en las reglas han traído como resultado cambios significativos en el viraje de espalda. Los nadadores ya no necesitan tocar la pared con la mano antes de empezar el mortal hacia la pared. Sin embargo, interpretar cuándo deben dejar la posición supina para empezar el viraje y cuándo deben volver a la posición supina después del viraje ha causado muchos problemas a los jueces y también a los nadadores. Por esta razón quiero citar la regla actual de la FINA relacionada con el viraje de espalda antes de describirlo.

> «Cuando se está ejecutando el viraje, el nadador deberá tocar la pared con cualquier parte de su cuerpo. Durante el viraje, los hombros pueden girar sobre la vertical hacia el pecho, después de lo cual un movimiento continuo de un brazo o un movimiento continuo y simultáneo de los dos brazos pueden ser utilizados para iniciar el giro. El nadador debe haber vuelto a una posición sobre la espalda al abandonar la pared».
>
> (Reglamento de la Federación Internacional de Natación, 2005)

La actual interpretación de esta regla es que los nadadores pueden dejar la posición supina después de empezar la penúltima brazada de cada largo. Luego pueden realizar la última brazada mientras estén en una posición prona al realizar el mortal del viraje, siempre que el viraje y la brazada se ejecuten como un movimiento continuo. No se requiere tocar con la mano. Es suficiente que cualquier parte del nadador toque la pared durante el viraje.

Para conseguir un viraje rápido, los espaldistas deben realizar casi dos brazadas completas en posición prona al rotar el cuerpo en el viraje. Pueden desplazarse más rápidamente realizando la brazada por debajo de la línea media del cuerpo como en el estilo libre que cuando realizan la brazada a los lados como en espalda. Esta técnica no infringe las reglas del viraje de espalda, aunque puede parecer que sí a primera vista. Para cumplir las reglas, la última brazada antes del viraje debe empezar con los nadadores en posición supina. No obstante, son libres de rotar a la posición prona inmediatamente

después de iniciar esta brazada. Si rotan lo bastante rápido, pueden estar en posición prona durante el movimiento hacia dentro y el movimiento hacia arriba de esta brazada, y pueden ejecutar otra brazada más en posición prona sin infringir las reglas, siempre que inicien el mortal inmediatamente al llegar a la posición prona y no haya pausa entre la última brazada antes del viraje y la brazada durante el viraje.

El viraje de espalda con voltereta se ilustra desde la vista por encima de la superficie en una serie de fotografías presentadas en la figura 8.16 y desde la vista subacuática en la figura 8.17. Se describirá según las siguientes secciones: (1) la aproximación; (2) la rotación; (3) el viraje; (4) el impulso; (5) el batido de delfín, y (6) la propulsión y la salida a la superficie.

La aproximación

El requisito previo para conseguir un buen viraje de espalda es saber juzgar la distancia a la pared mirando hacia atrás lo mínimo posible. Una forma de que los nadadores puedan juzgar esto es utilizar las banderas de los 5 m para determinar cuándo se aproximan al viraje y luego contar el número de brazadas que necesitan desde las banderas hasta el punto en que empiezan a rotar hacia la posición prona. Para la mayoría de los nadadores adolescentes y absolutos, el viraje debe iniciarse al comienzo de la segunda o tercera brazada después de pasar por debajo de las banderas. Los nadadores deben practicar a la velocidad de la carrera hasta que sepan si pueden iniciar el viraje en la segunda o la tercera brazada sin deslizar hasta la pared.

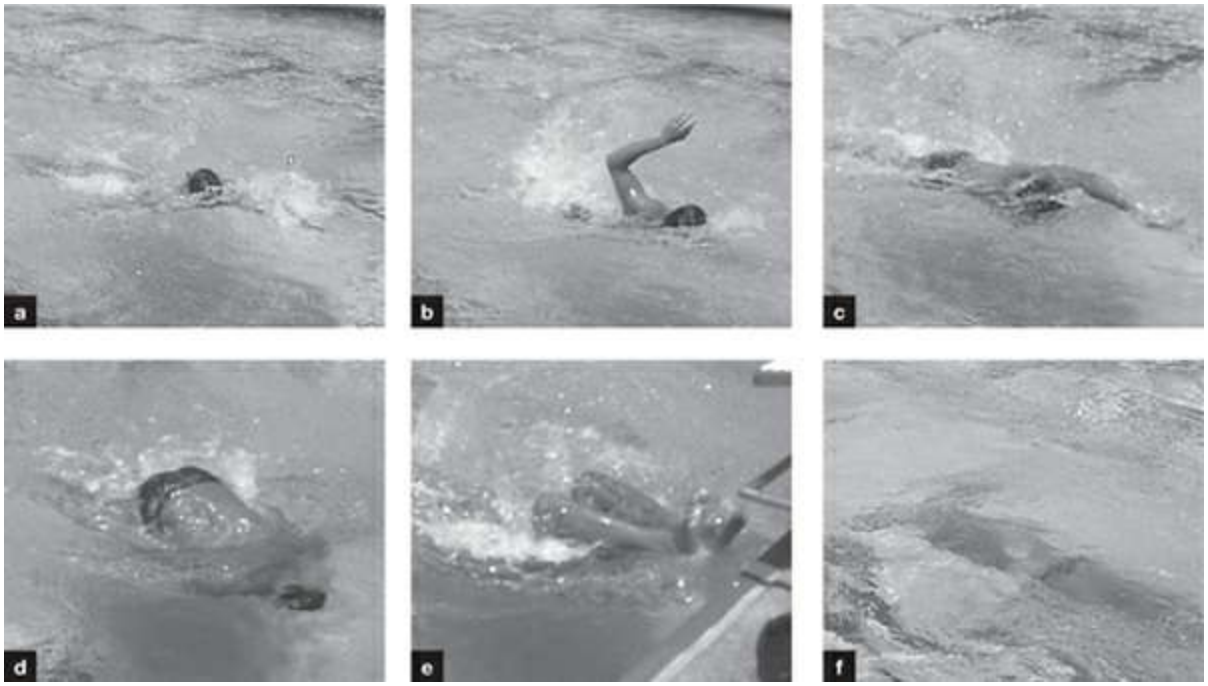


Figura 8.16. Una vista tomada por encima de la superficie del viraje de espalda con voltereta. El nadador es Guillermo Díaz de León.

(a) Última brazada antes del viraje.

(b) Rotación hasta la posición prona (obsérvese el recobro con el codo alto).

(c) Posición prona. Entrada del brazo en el agua.

(d) Comienzo del mortal (obsérvese que la cabeza está hacia abajo). Batido de delfín con las piernas.

(e) Preparación para el impulso desde la pared (obsérvense los pies muy altos en la pared).

(f) Impulso desde la pared mientras permanece en posición supina.

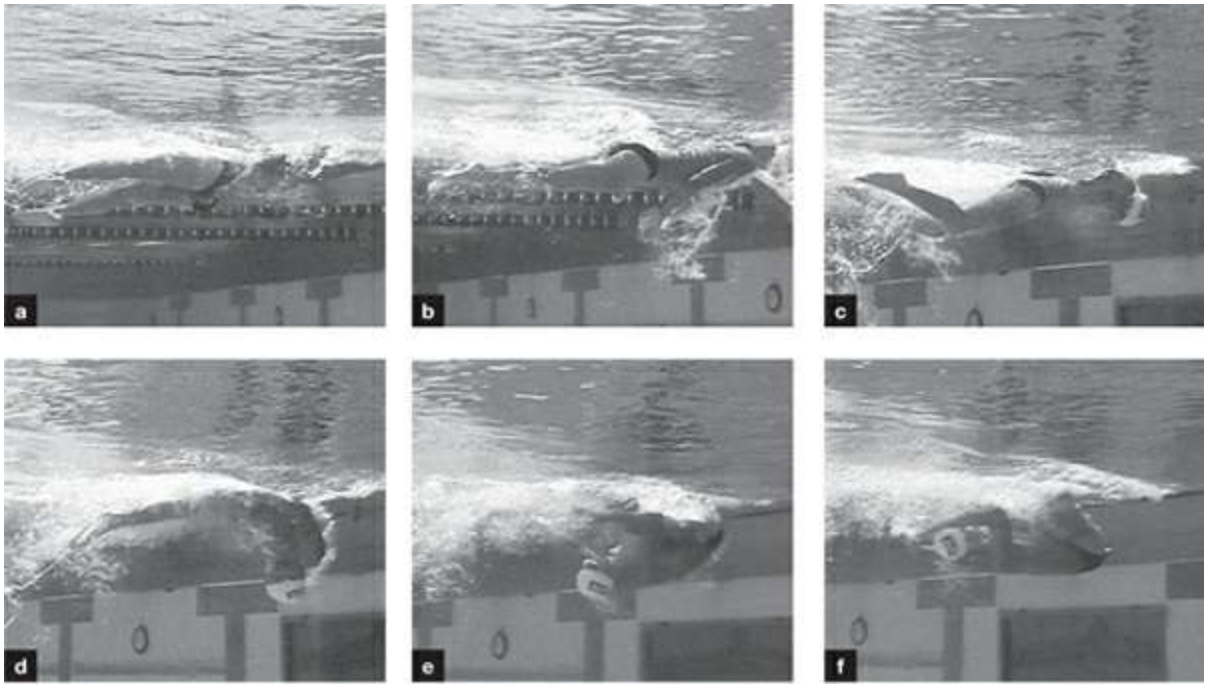


Figura 8.17. Una vista subacuática del viraje de espalda con voltereta. El nadador es Pablo Abal.

(a) Comienzo de la última brazada antes del viraje.

(b) Comienzo de la brazada en posición prona (obsérvese el final de la última brazada con el brazo atrasado).

(c) Final de las brazadas (obsérvese que los brazos están hacia atrás en los costados). Comienzo del mortal.

(d) Final del batido de delfín.

(e) Mortal (obsérvese que las palmas miran hacia abajo para ayudar al momento).

(f) Preparación del impulso desde la pared (obsérvese la posición alineada del cuerpo con los brazos por encima de la cabeza y los codos flexionados).

La rotación

Los nadadores deben empezar el viraje al comenzar la segunda o la tercera brazada después de pasar por debajo de las banderas. Esta brazada debe empezar cuando los nadadores están en una posición supina, pero deben rotar rápidamente a una posición prona una vez en progreso, tal y como muestran las figuras 8.16 a-c. Deben rotar hacia el brazo que realiza la brazada y en dirección contraria al brazo del recobro al adoptar la posición prona. Mientras tanto el brazo que realiza el recobro debe ser llevado por encima del agua y cruzar el cuerpo en la manera del recobro con codo alto del estilo libre (figura 8.16b). Los nadadores deben estar en una posición completamente prona cuando el brazo que realiza la brazada viene por debajo del pecho y el otro brazo está entrando en el agua. Deben respirar mientras rotan a la posición prona.

El viraje

Una vez alcanzada la posición prona, se realiza el viraje como el de voltereta del estilo libre, excepto que, evidentemente, los nadadores se quedan en la posición prona todo el tiempo. Deben empezar la brazada subacuática con el brazo adelantado mientras completan la brazada subacuática con el brazo atrasado. Esto acelerará la rotación hacia la pared (véase la figura 8.17b). Deben bajar la cabeza y comenzar un batido de delfín al completar estas brazadas, también para acelerar la rotación hacia la pared. Cuando se completan las brazadas, deben dejar ambos brazos hacia atrás a los costados mientras terminan el batido de delfín (véanse las figuras 8.17 c-d).

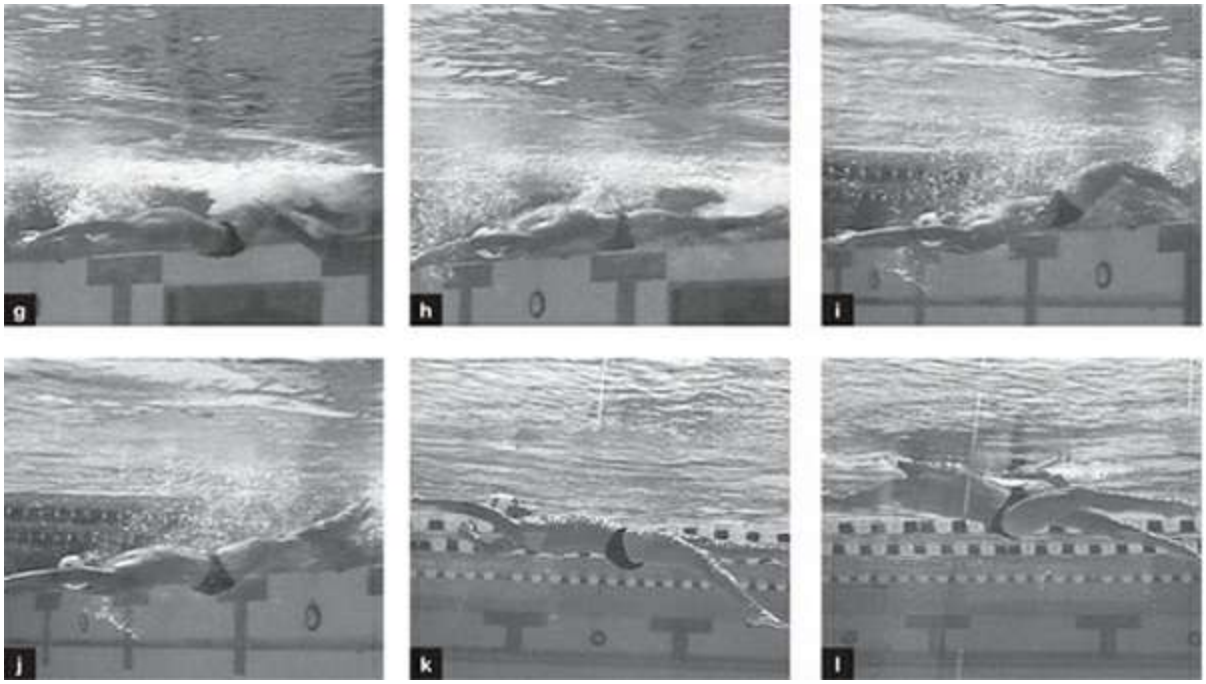


Figura 8.17. (Continuación).

(g) Comienzo del impulso desde la pared con una extensión simultánea de las piernas y los brazos.

(h) Impulso desde la pared mientras permanece en posición supina (obsérvese el ligero ángulo descendente).

(i) Comienzo del primer batido de delfín.

(j) Final del primer batido de delfín.

(k) Comienzo del batido de espalda.

(l) Llegada a la superficie. Comienzo de la segunda brazada.

Los nadadores deben girar las palmas de las manos hacia el fondo de la piscina y utilizarlas para ayudar a llevar la cabeza hacia arriba y los pies por encima (véase la figura 8.17e). Ambas manos deben juntarse por encima de la cabeza antes de que los pies lleguen a la pared. La cabeza debe estar otra vez entre los brazos, los codos deben estar flexionados, y la parte superior del cuerpo y los brazos deben estar alineados para realizar el impulso sin demora

una vez que los pies entren en contacto con la pared. Abal está correctamente alineado antes de que sus pies lleguen a la pared en la figura 8.17f.

Los pies deben colocarse en la pared justo por debajo de la superficie y el cuerpo debe inclinarse hacia abajo desde los pies a la cabeza para que los nadadores puedan efectuar un impulso profundo que les permita realizar varios batidos de delfín vigorosos después de que impulsen el cuerpo desde la pared. Los pies de Abal han entrado en contacto con la pared y está justo empezando a impulsar su cuerpo en la figura 8.17g.

El impulso

Los brazos y las piernas deben extenderse simultáneamente y los nadadores deben impulsar el cuerpo desde la pared mientras están en una posición totalmente supina. Deben impulsarse en una dirección ligeramente descendente para deslizar por debajo de la turbulencia de la superficie y mantener el cuerpo a una mayor profundidad durante el batido de delfín (véase la figura 8.17h). La profundidad durante el impulso y el batido de delfín siguiente debe ser al menos 0,6 m por debajo del agua para reducir el arrastre resistivo en comparación con permanecer cerca de la superficie.

El batido de delfín

Los nadadores dejarán la pared desplazándose más rápidamente que la velocidad de la carrera, pero su velocidad disminuirá rápidamente justo después. El cuerpo debe estar en una posición hidrodinámica desde la cabeza hasta la punta de los pies, y deben deslizar en esta posición durante un corto período de tiempo hasta que sientan que están acercándose a la velocidad de la carrera. En este momento, deben realizar varios batidos de delfín subacuáticos hasta que estén preparados para llegar a la superficie. La técnica del batido de delfín subacuático y las distancias sugeridas que los nadadores

deben recorrer debajo del agua tanto en la prueba de 100 m como de 200 m espalda se presentaron en el capítulo 6. En las figuras 8.17 i-j Abal está realizando el primero de varios batidos de delfín después del viraje.

La propulsión y la salida a la superficie

Cuando están preparados para llegar a la superficie, los nadadores deben subir con un ángulo gradual utilizando una combinación de dos o tres batidos de delfín subacuáticos seguidos de dos o tres batidos de espalda. Cuando sientan que están bastante cerca de la superficie, deben empezar la primera brazada. Esta brazada debe llevarles a la superficie avanzando a la velocidad de la carrera (véanse las figuras 8.17 k-l). La cabeza debe permanecer en una posición hidrodinámica y alineada con el otro brazo hasta que llegue a la superficie. Luego pueden colocar el mentón hacia abajo para nadar en la superficie. No debe haber ninguna demora para establecer la correcta frecuencia de brazada para la carrera una vez alcanzada la superficie.

Los nadadores deben empezar la primera brazada mientras están todavía debajo del agua. Un error común es deslizar hasta la superficie o subir con el batido de las piernas antes de empezar la brazada. Si hacen esto, los nadadores desacelerarán hasta muy por debajo de la velocidad de la carrera cuando llegan a la superficie.

Otro error común es empezar la primera brazada mientras están a demasiada profundidad. Por consiguiente, los nadadores completan la parte sub-acuática de la brazada demasiado pronto y deben realizar el batido en una posición poco hidrodinámica, con un brazo por encima de la cabeza y el otro en el costado, hasta que lleguen a la superficie y puedan realizar el recobro del brazo por encima del agua para empezar su próxima brazada subacuática.

Los virajes abiertos de mariposa y braza

Los virajes utilizados por los nadadores en pruebas de mariposa y braza son casi idénticos entre sí, con la excepción, evidentemente, de que los bracistas ejecutan brazadas subacuáticas mientras que los mariposistas realizan varios batidos de delfín después de dejar la pared. Anteriormente se exigía a los nadadores en pruebas en piscina corta que tocasen la pared con ambas manos simultáneamente y al mismo nivel antes de poder empezar el viraje. Las reglas ahora sólo exigen que los nadadores toquen la pared con ambas manos simultáneamente. Sin embargo, también exigen que mantengan los hombros alineados con la superficie del agua hasta que hayan realizado el toque. Después de éste, los nadadores pueden rotar sobre el lado e impulsarse desde la pared, pero, según las reglas, los hombros deben estar en la vertical o más allá de ella hacia la posición prona cuando los pies dejan la pared. En ambos estilos, deben estar en posición completamente prona desde el comienzo de la primera brazada después del viraje.

Es difícil para los nadadores mantener los hombros alineados con la superficie y aun así tocar la pared con ambas manos simultáneamente y a diferentes niveles, así que probablemente no se gana nada intentándolo. Sin embargo, pueden ahorrar tiempo impulsándose desde la pared de lado, así que esta técnica debe ser parte del viraje.

Las fotografías tomadas por encima de la superficie presentadas en la figura 8.18 muestran a una nadadora de braza mientras ejecuta su viraje. Se muestra la mecánica del viraje desde la vista inferior en la figura 8.19. Se dividirá el viraje en las siguientes fases para facilitar su descripción: (1) la aproximación; (2) el viraje; (3) el impulso, y (4) el deslizamiento, la propulsión y la salida a la superficie. Se incluye una sección adicional sobre los virajes con una pared plana porque muchas piscinas no tienen rebosaderos.

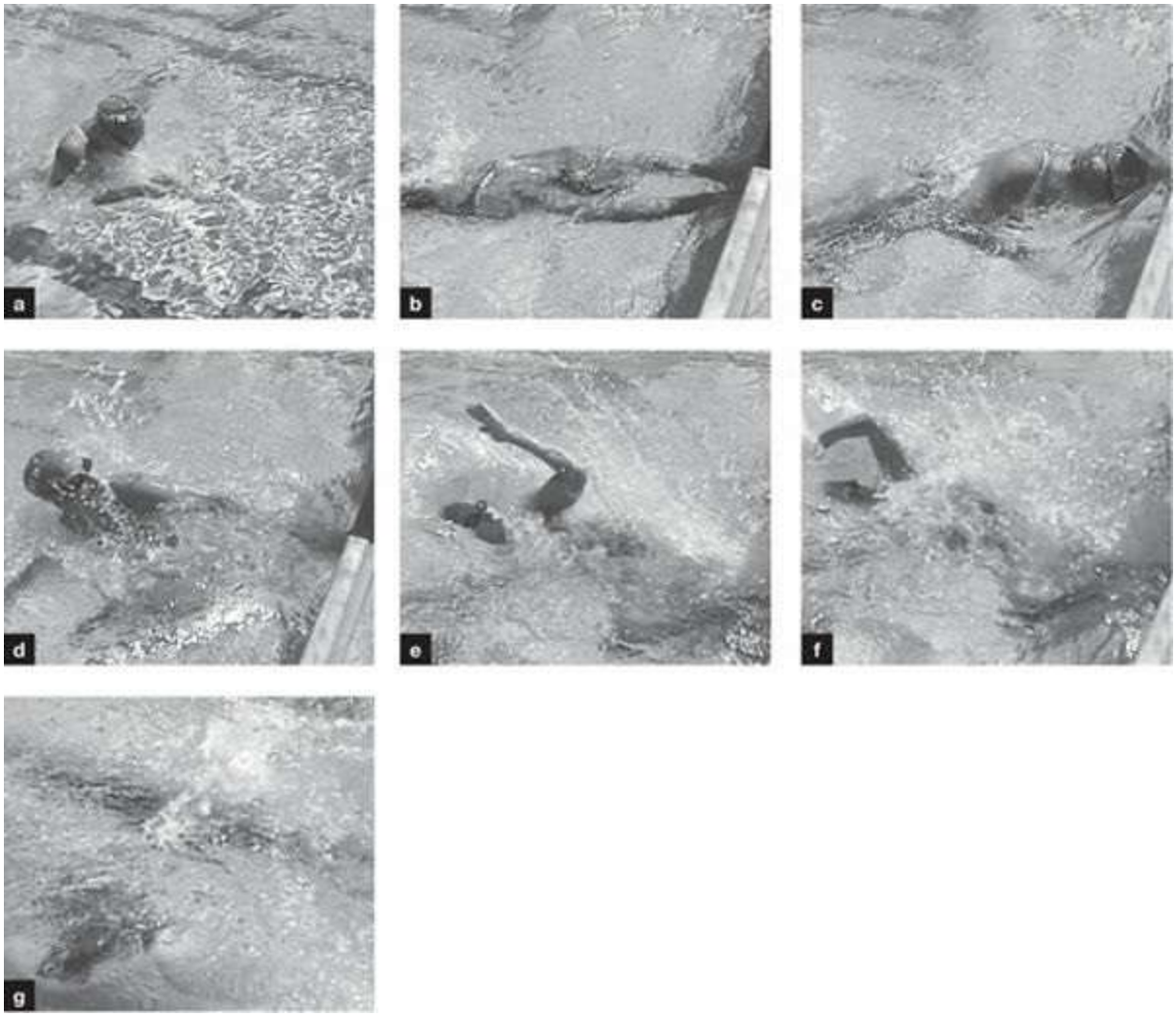


Figura 8.18. Una vista tomada por encima de la superficie del viraje de braza. La nadadora es Anita Nall, ex plusmarquista mundial en los 200 m braza.

(a) Comienzo del último recobro del brazo antes de tocar la pared.

(b) La nadadora toca la pared con los brazos estirados y los hombros al mismo nivel.

(c) La nadadora suelta la pared con un brazo y lo lleva a su costado.

(d) La nadadora impulsa su cuerpo desde la pared y respira.

(e) Lleva el brazo por encima de la cabeza con el codo alto mientras sigue respirando.

(f) Su brazo entra en el agua mientras los pies entran en contacto con la pared.

(g) Sus pies dejan la pared y desliza por debajo del agua mientras rota hacia una posición prona.

La aproximación

La aproximación de braza se muestra en la figura 8.18a. Sin embargo, como ya se ha mencionado, la mecánica de este viraje es casi idéntica para mariposistas y bracistas desde el momento en que las manos tocan la pared hasta que la hayan dejado los pies. Los nadadores deben observar la pared mientras se aproximan para que puedan ajustar sus brazadas de manera que lleguen a ella justo cuando los brazos están extendidos completamente hacia delante durante el recobro. La última patada o batido debe ser realizado de manera vigorosa para que los brazos choquen contra la pared con el mayor momento posible. Idealmente, los nadadores quieren entrar en contacto con ella en el momento en que termina la fase propulsora del batido o de la patada. Si tienen que deslizar hasta la pared, lo deben hacer en una posición lo más hidrodinámica posible para reducir los efectos desaceleradores del arrastre.

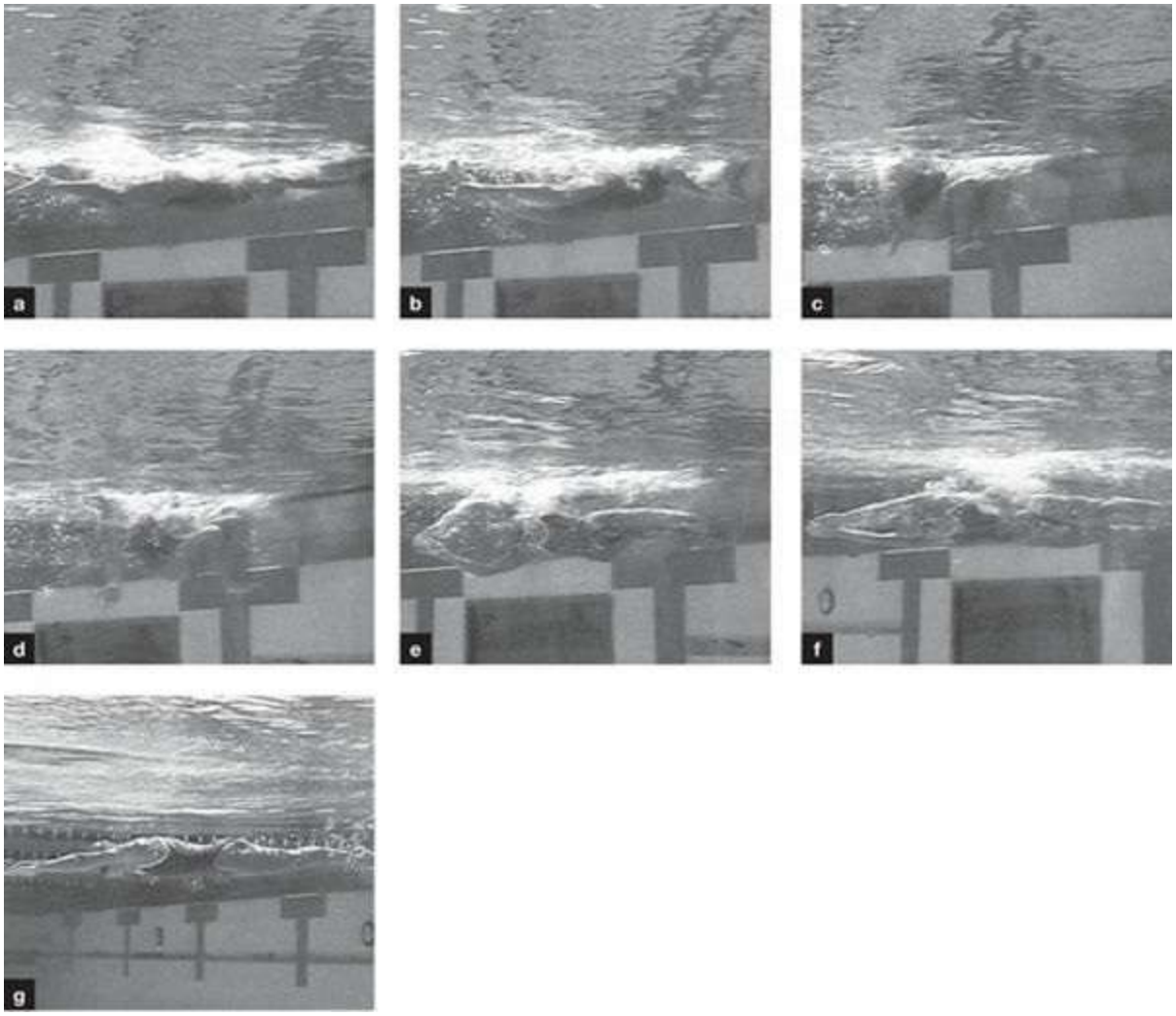


Figura 8.19. Una vista subacuática del viraje de braza. La nadadora es Anita Nall.

(a) La nadadora toca la pared con sus manos y empieza a girar hacia el lado y a subir las piernas desde atrás.

(b) Quita una mano de la pared y la lleva a su costado.

(c) Flexiona las piernas y las encoge cerca del estómago mientras se impulsa desde la pared con el otro brazo.

(d) La nadadora sigue impulsando su cuerpo desde la pared. Empuja hacia arriba con la palma de la mano subacuática para ayudar a llevar la cabeza y los hombros hacia abajo en el agua.

(e) Junta ambas manos por encima de la cabeza y empieza el impulso al llegar los pies a la

pared.

(f) Se impulsa desde la pared con las piernas mientras rota su cuerpo hacia una posición prona.

(g) Desliza en la posición prona hasta que está preparada para empezar su brazada subacuática. La nadadora empezaría a realizar los batidos de delfín si estuviese nadando a mariposa.

El viraje

La acción del viraje en sí se describe más exactamente como una caída hacia atrás. Se ve mejor en las fotografías tomadas por encima de la superficie en la figura 8.18. Después de tocar la pared, los nadadores deben dejarse caer directamente hacia atrás al llevar las piernas hacia arriba por debajo del cuerpo y los pies hacia la pared. Muchos nadadores pierden tiempo rotando el cuerpo de un lado a otro durante estos virajes. Separan la cabeza y el tronco de la pared en una dirección mientras arrastran las caderas y las piernas hacia la pared en la otra. Realizar el viraje de esta forma aumenta considerablemente la distancia que el cuerpo tiene que recorrer hasta la pared y la cantidad de agua que los nadadores tienen que atravesar para hacerlo. Es más rápido y más eficaz dejar caer la cabeza y el tronco hacia atrás en el mismo espacio de agua que utilizaron para llevar las piernas hacia la pared. Lo logran dejando caer la cabeza y el tronco casi directamente hacia atrás al llevar los pies hasta la pared, girando el cuerpo sólo lo suficiente como para permitir que simultáneamente entre de lado. A continuación se presenta una descripción completa de este viraje.

Los nadadores deben tocar la pared con ambas manos simultáneamente. Los hombros deben estar al mismo nivel que la superficie del agua. Nall está tocando la pared en la figura 8.18b. Una vez realizado el toque, deben deslizar una corta distancia hacia la pared flexionando los codos. Al mismo tiempo deben quitar una mano de la pared y dirigirla en la dirección opuesta tan rápidamente como les sea posible. Se logra esto flexionando el codo y llevándolo por el agua hacia las costillas y luego extendiendo el brazo hacia delante, hacia al extremo opuesto de la piscina. Nall está quitando un brazo

de la pared en la figura 8.18c. Utilizará este brazo más tarde para ayudar a llevar su cuerpo hacia abajo en el agua.

Al mismo tiempo que quitan una mano de la pared, los nadadores deben agarrar el rebosadero con la otra (si existe rebosadero) y llevar las caderas y las piernas hacia delante flexionando este brazo. Deben encoger mucho las rodillas y llevarlas directamente por debajo del cuerpo y hasta la pared. Las piernas deben estar juntas y con un pie encima del otro para reducir el arrastre y aumentar la velocidad de aproximación a la pared. La sensación debe ser la de tener las rodillas encogidas contra el vientre, tal y como se muestra en la figura 8.19c.

La cabeza, que estaba por debajo del agua cuando las manos tocaron la pared, debe elevarse del agua y desplazarse casi directamente hacia atrás mientras los nadadores suben las piernas por debajo del cuerpo. Nall está haciendo esto en las figuras 8.18 d-e. Una vez que las piernas pasan por debajo del cuerpo, los nadadores deben impulsarlo desde la pared, extendiendo el brazo que la tocaba. No habrá ninguna parte del cuerpo en contacto con la pared una vez que los nadadores se impulsan desde ella con este brazo. No obstante, el momento desarrollado por el impulso del tronco desde la pared producirá una fuerza opuesta que llevará las piernas hasta ella. Los nadadores no deben agarrarse a la pared hasta que lleguen los pies. Esto sólo retrasará el impulso. Deben respirar mientras impulsan el cuerpo desde la pared.

Los nadadores deben girar el hombro del brazo libre hacia el agua al dejarse caer hacia atrás de manera que entren en ella de lado, como hace Nall en la figura 8.18e. Deben utilizar el brazo que estaba extendido por debajo del agua para ayudar en esta acción girándolo y empujando la palma hacia arriba para ayudar a bajar la cabeza y los hombros dentro del agua. Nall está haciendo esto en la figura 8.19d. El brazo que se utilizó para impulsar el cuerpo desde la pared debe ser llevado por encima del agua de forma similar al recobro con codo alto (figura 8.18e). Los ojos deben seguir este brazo por encima del agua de manera que el brazo y la cabeza entren juntos en el agua. Después de la entrada, el brazo debe desplazarse hacia abajo para juntarse con el otro.

El impulso

Los nadadores deben intentar tener ambas manos por encima de la cabeza y su cuerpo alineado para cuando los pies lleguen a la pared. Entonces pueden impulsarse inmediatamente. Nall ha hecho esto en la figura 8.19e. Sus pies están colocados en la pared con los dedos de los pies apuntando hacia el lado y a una profundidad de aproximadamente 45-50 cm. El impulso debe empezar cuando los nadadores están de lado, después de lo cual deben rotar hacia una posición prona mientras impulsan el cuerpo desde la pared y deslizan después del impulso, como muestran las figuras 8.19 f-g.

El impulso se realiza extendiendo las piernas mientras empujan hacia atrás contra la pared. Los brazos deben extenderse simultáneamente para añadir un ímpetu adicional al impulso de las piernas. Los pies deben dejar la pared con la pierna superior (la más cercana a la superficie) cruzada por encima de la otra. Luego pueden completar la rotación hacia una posición prona bajando la pierna superior por encima de la otra durante el deslizamiento.

El deslizamiento, la propulsión y la salida a la superficie

En este momento, las técnicas del viraje de los nadadores de braza y de mariposa difieren. Los mariposistas realizarán varios batidos de delfín subacuáticos antes de subir a la superficie, mientras que los bracistas realizarán una brazada subacuática y una patada antes de subir a la superficie.

El viraje de braza. Los nadadores de braza deben impulsarse desde la pared con un ángulo ligeramente descendente para que puedan realizar el deslizamiento a mayor profundidad, donde tanto el deslizamiento como la brazada pueden ejecutarse con mayor eficacia. Deben deslizar en una posición hidrodinámica a una profundidad de 0,60 m al menos hasta que estén acercándose a la velocidad de la carrera. En este momento, deben

realizar una brazada subacuática y un segundo deslizamiento muy corto antes de subir gradualmente a la superficie con una patada. La primera brazada en la superficie debe empezar antes de que el cuerpo llegue a ella, pero no se debe permitir que los brazos lleguen a la parte más ancha de esta brazada antes de que la cabeza rompa la superficie. Se presentó esta técnica para realizar la brazada subacuática en el capítulo 7.

El viraje de mariposa. Los nadadores de mariposa deben impulsarse con un ángulo ligeramente descendente si quieren ejecutar varios batidos de delfín subacuáticos antes de llegar a la superficie. Si no, deben impulsarse horizontalmente. Deben impulsarse desde la pared y deslizar a una profundidad de al menos 0,40 m para reducir el arrastre resistivo.

Los mariposistas deben deslizar en una posición hidrodinámica hasta que sientan que se acercan a la velocidad de la carrera. En este momento deben empezar a ejecutar el batido de delfín. La técnica para llegar a la superficie después de varios batidos de delfín subacuáticos es la misma que la que se describió anteriormente. Los nadadores deben empezar un ascenso gradual utilizando dos o tres batidos de delfín para llevar el cuerpo lo bastante cerca de la superficie como para ejecutar la primera brazada. Esta brazada debe hacerles romper la superficie avanzando a la velocidad de la carrera.

Los mariposistas no deben respirar durante aquella primera brazada en las carreras de velocidad. En las pruebas más largas pueden respirar en la primera brazada después del viraje, pero deben asegurarse de hacerlo cerca del final de la parte subacuática de ésta para que la acción de levantar la cabeza no altere el ritmo de brazadas. No deben deslizar a la superficie o subir con las piernas y luego respirar al principio de la primera brazada porque desacelerarían demasiado su velocidad de avance.

Realizar el viraje en una pared plana

Los nadadores no podrán colaborar en el movimiento de las piernas hacia la

pared tirando contra el rebosadero con una mano si no lo hay. Sin embargo, con la excepción de esta diferencia, la mecánica del viraje es muy similar cuando la pared del extremo es plana y no existe un rebosadero para agarrarse.

Los nadadores deben tocar la pared plana con ambas manos simultáneamente, asegurándose de mantener los hombros horizontales con la superficie del agua hasta que realicen el toque. Después de tocar la pared, deben llevar un brazo rápidamente hacia las costillas, como se describió anteriormente. La diferencia entre este viraje y el que se realiza cuando existe un rebosadero reside en lo que hacen con la mano que dejan en la pared. Dado que no tienen rebosadero al que agarrarse, los nadadores deben colocar la palma de esta mano contra la pared con los dedos mirando hacia arriba y diagonalmente hacia el hombro opuesto y dejar que el cuerpo se acerque a la pared flexionando el brazo. Mientras tanto las piernas deben encogerse contra el abdomen. Cuando las piernas pasan por debajo del cuerpo, y antes de que los pies lleguen a la pared, deben impulsarse desde la pared con la palma de la mano extendiendo el codo. Luego se lleva el brazo por encima del agua con el estilo del codo alto y el resto del viraje se ejecuta de la manera que se ha descrito antes.

Errores comunes

A continuación se presentan los errores más comunes cometidos durante los virajes de mariposa y braza: (1) levantar el cuerpo demasiado por encima del agua; (2) rotar el cuerpo hacia la posición prona antes de impulsarse desde la pared; (3) impulsarse demasiado cerca de la superficie, y (4) realizar una respiración doble colgándose de la pared.

1. Los nadadores pierden tiempo cuando levantan el cuerpo y los hombros demasiado por encima del agua durante el viraje y se requiere demasiado trabajo muscular para hacerlo. Los nadadores que cometen este error suelen agarrarse al rebosadero y acercan y suben el cuerpo antes de impulsarse desde la pared. En lugar de esto, deben mantener el cuerpo dentro del agua y

sencillamente atraerlo una corta distancia hacia la pared, hasta que las piernas estén pasando por debajo de ellos y el codo esté bastante flexionado para impulsarlos desde la pared con un poquito de fuerza. Mientras tanto, la cabeza y los hombros deben permanecer en el agua. Ambos deben llevarse hacia arriba y hacia atrás cuando los nadadores se impulsan desde la pared, pero sólo con suficiente altura por encima del agua para que puedan respirar mientras caen hacia atrás.

Como se indicó anteriormente, se lograrán virajes más rápidos si los nadadores caen directamente desde la pared con la cabeza y los hombros cerca de la superficie. Aunque la parte superior del cuerpo se elevará un poco al llevar las piernas hacia la pared, e incluso más aún al empujar hacia atrás con los brazos, los nadadores no deben hacer un esfuerzo adicional para elevar el cuerpo más de lo que ya está elevado en el viraje normal.

2. Los nadadores desacelerarán su descenso si no permanecen de lado al dejarse caer por debajo del agua. Muchos nadadores cometen el error de rotar el cuerpo hacia la posición prona antes de dejar la pared. Rotar hacia esta posición desacelerará el viraje porque se tarda más tiempo en la pared para rotar el cuerpo antes de poder impulsarse. Además, encontrarán más resistencia al caer debajo del agua porque estarán empujando casi la anchura total del tronco hacia abajo por el agua en lugar de entrar de canto. Se ilustra el efecto de este error en la figura 8.20.

Muchos nadadores cometen este error porque colocan los pies en la pared con los dedos apuntando hacia abajo antes de impulsarse. Se les debe entrenar a colocar los pies en la pared con los dedos apuntando hacia el lado y será mucho más probable que se impulsen de canto.

3. Los nadadores se impulsan por la superficie o demasiado cerca de ella porque se agarran demasiado tiempo a la pared con un brazo al llevar las piernas hacia ella. Como resultado, no pueden alinear este brazo con el otro y sumergir completamente la cabeza y el tronco antes de que los pies lleguen a la pared y empiecen a impulsarse. Pueden corregir este error quitando la mano de la pared y desplazándola por encima de la cabeza tan pronto como los pies pasen por debajo del cuerpo.

Además, los nadadores se impulsan desde la superficie porque se agarran con ambos brazos al atraer los pies hacia la pared y luego los lanzan simultáneamente por encima del agua. Algunos expertos han propuesto este método erróneamente como una manera más rápida de realizar el viraje, pero, de hecho, es más lento porque los nadadores deben retrasar el impulso para alinear los brazos con el cuerpo debajo del agua o impulsarse desde la pared con el cuerpo en una posición poco hidrodinámica.

4. El último error es realizar una respiración doble. Muchos nadadores levantan la cabeza y respiran inmediatamente cuando tocan la pared y luego respiran otra vez al dejar caer la cabeza hacia atrás por encima del agua. La primera respiración retrasa el viraje porque se agarran a la pared con ambas manos hasta que lo hayan completado en lugar de quitar una mano de la pared y empezar inmediatamente a subir las piernas. Deben respirar sólo una vez durante cada viraje: cuando dejan caer la cabeza hacia atrás por encima del agua.

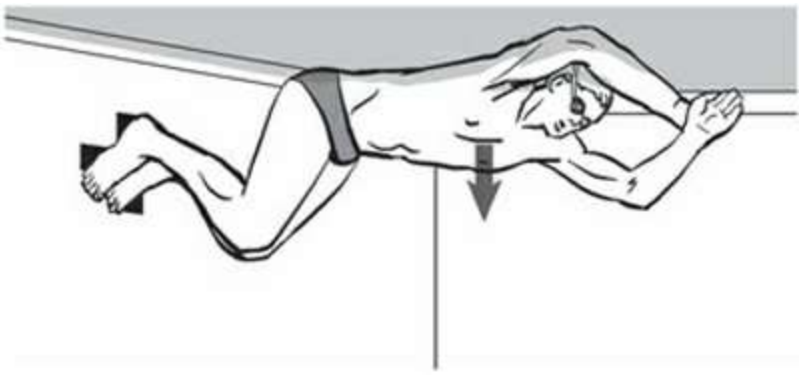


Figura 8.20. El error de dejarse caer debajo del agua en una posición casi prona durante el viraje de mariposa y braza.

Los virajes para la prueba individual de estilos

A menudo se hace caso omiso de los virajes en las pruebas individuales de estilos. Entrenarlos podría mejorar el tiempo de los nadadores en al menos 1 s en las carreras de 200 m y casi 2 s en las de 400 m. Se necesitan los siguientes virajes de cambio de estilo en la prueba individual de estilos: (1) el viraje de mariposa a espalda; (2) el viraje de espalda a braza (el más complejo de los virajes), y (3) el viraje de braza a estilo libre.

El cambio de estilo de mariposa a espalda

Este viraje no es muy diferente del viraje regular de mariposa. Se ilustra en la serie de dibujos presentados en la figura 8.21. Según las reglas, los nadadores deben entrar en contacto con la pared tocándola con ambas manos simultáneamente y con los hombros al mismo nivel (figura 8.21a). Después, el viraje es idéntico al descrito para mariposa hasta que los nadadores estén impulsando el cuerpo desde la pared con la mano. Desde entonces, la manera en que mueven la cabeza y la mano por encima del agua y en que colocan los pies en la pared será un poco diferente que el método descrito para los virajes de mariposa y braza.

Los nadadores de nuevo deben dejarse caer hacia atrás principalmente de canto, pero, en este caso, también ligeramente hacia la posición supina al impulsar el cuerpo desde la pared. Se logra esto llevando el brazo que se utilizó para impulsar el cuerpo desde la pared por encima del agua y detrás de la cabeza. Deben colocar los pies en la pared con los dedos mirando hacia arriba y sólo ligeramente hacia el lado, como se muestra en las figuras 8.21 b-c. Luego deben rotar el cuerpo hacia la posición supina al impulsarlo desde la pared para cumplir las reglas para espalda y tener los hombros más allá de la vertical hacia la espalda cuando los pies dejan la pared. Esta rotación debe completarse poco después de que los pies dejen la pared de manera que estén en una posición completamente supina durante la mayor parte del deslizamiento que sigue. Una vez en posición supina, los nadadores deben realizar varios batidos de delfín subacuáticos antes de subir a la superficie con una trayectoria angular. Deben empezar el batido de espalda al acercarse a la superficie y utilizar el mismo procedimiento descrito para el viraje de

espalda con voltereta.

Este viraje es mucho más rápido que algunos de los otros utilizados por los nadadores. Saltar hacia atrás o dejarse caer directamente hacia atrás son ambos métodos más lentos para cambiar de mariposa a espalda porque los nadadores tardan más en colocar los pies en la pared y en alinear el cuerpo antes del impulso.

El cambio de estilo de espalda a braza

Los nadadores no pueden utilizar el viraje de espalda con voltereta para cambiar de espalda a braza en la prueba individual de estilos porque las reglas indican que deben terminar la parte de espalda en una posición supina y no se considera que hayan terminado aquella parte de la carrera hasta que toquen la pared con la mano. Esto es desafortunado porque el viraje de espalda con voltereta sería ciertamente el método más rápido para lograr el cambio de estilo.

La gran mayoría de los nadadores que compiten en la prueba individual de estilos utilizan uno de cuatro virajes diferentes al realizar el cambio de estilo entre espalda a braza. Algunos prefieren un *viraje abierto*, otros un *viraje con mortal*, y otros utilizan modificaciones del *viraje de Naber* y el *viejo viraje de voltereta de espalda*. El viraje abierto es el más popular, pero probablemente es el más lento.

El viraje abierto. Se muestra una secuencia de dibujos que ilustran el viraje abierto en la figura 8.22. Este viraje puede realizarse con más facilidad cuando existe un rebosadero al que los nadadores pueden agarrarse. Sin embargo, es difícil realizarlo en una pared plana sin rebosadero.

Los nadadores deben utilizar las banderas para juzgar la aproximación a la pared en éste y en los otros virajes de cambio de estilo de espalda a braza.

Los nadadores estiran el brazo hacia atrás en la última brazada y agarran el rebosadero mientras giran hacia el brazo que ha hecho contacto. Después de agarrar el rebosadero, llevan las piernas hacia abajo y hacia delante en dirección a la pared mientras mueven la cabeza y los hombros en la dirección opuesta por encima del agua. Las piernas deben estar encogidas contra el vientre y los nadadores deben permanecer de lado durante todo el viraje. Estas fases del viraje se ilustran en las figuras 8.22 a-b.

El brazo libre, que estaba hacia atrás al lado de la cadera cuando se empezó el viraje, permanece extendido hacia delante con la palma hacia arriba y se utilizará para sumergir la cabeza y el tronco más tarde en el viraje, según muestran las figuras 8.22 b-c.

Una vez que los pies pasan por debajo del cuerpo, los nadadores deben impulsar el cuerpo desde la pared con el brazo de contacto que luego llevan hacia delante por encima del agua con el codo alto de la misma forma que la descrita para el viraje de braza. La cabeza debe seguir este brazo por encima del agua y los nadadores deben sumergirse de canto con un hombro directamente por encima del otro. Deben rotar hacia una posición prona al impulsarse desde la pared. (Se ve el ángulo del impulso en la figura 8.22d). El impulso debe tener un ángulo ligeramente descendente, después de lo cual los nadadores deslizan en una posición hidrodinámica hasta que desaceleren y alcancen aproximadamente la velocidad de la carrera, momento en que realizan la brazada subacuática de braza.

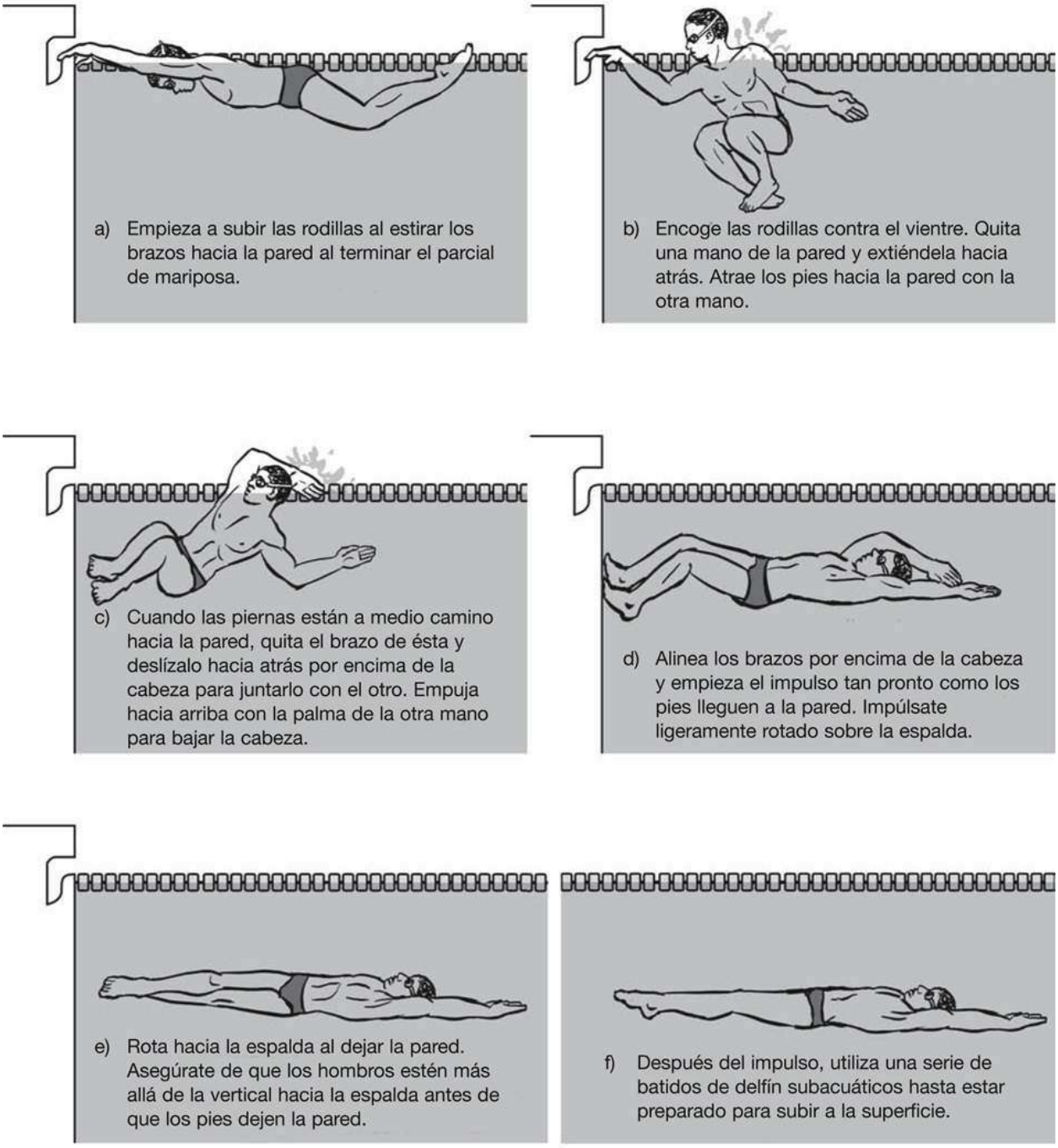


Figura 8.21. El viraje de cambio de estilo de mariposa a espalda utilizado en las pruebas individuales de estilos.

Al igual que los virajes abiertos, los nadadores deben intentar alinear el cuerpo con ambas manos por encima de la cabeza y por debajo del agua antes

de que los pies lleguen a la pared para que puedan impulsarse inmediatamente. Si el cuerpo no está perfectamente alineado cuando los pies lleguen a la pared, deben impulsarse y alinearse simultáneamente.

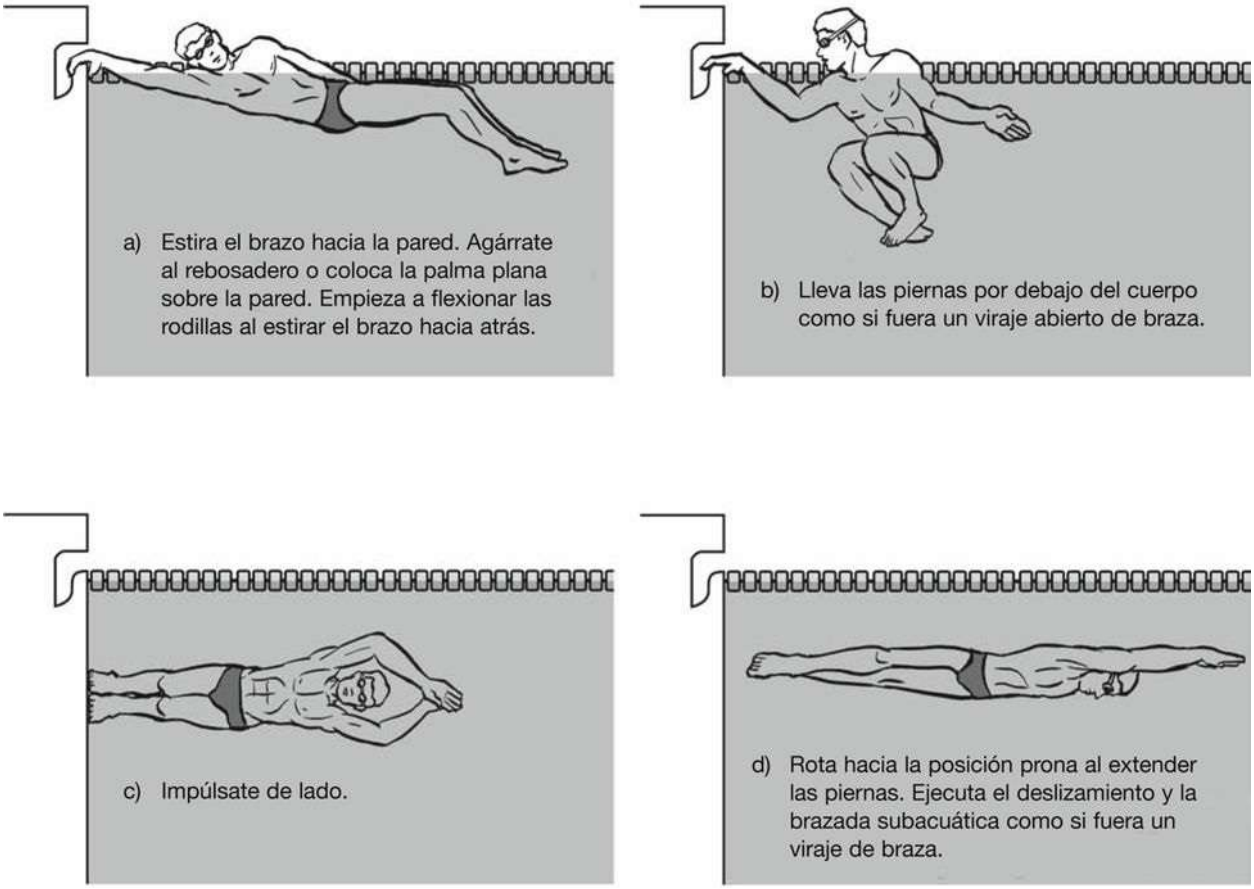


Figura 8.22. El viraje abierto utilizado en el cambio de estilo de espalda a braza.

Cuando se realiza el viraje abierto contra una pared plana sin rebosadero, los nadadores tienen que colocar la palma contra la pared y luego permitir que el brazo flexione durante el deslizamiento hacia ella y mientras bajan las piernas. La mano debe entrar en contacto con la pared al nivel del agua, con los dedos hacia dentro en dirección al cuerpo cuando entren en contacto. Entonces pueden atraerse con este brazo flexionando el codo mientras flexionan las piernas y las llevan por debajo del cuerpo. Cuando las piernas pasan por debajo de las caderas, los nadadores deben extender el brazo de contacto para impulsar el cuerpo desde la pared de la forma descrita para el

viraje de mariposa y braza. Después, la mecánica del viraje será la misma que la descrita para el mismo cambio de estilo cuando existe un rebosadero.

Una ventaja del viraje abierto es que los nadadores pueden realizar una inspiración durante el mismo, que les durará a lo largo del deslizamiento y la brazada subacuática. También parecen mantener más fácilmente el sentido de la orientación con un viraje abierto. La principal desventaja es que el viraje es más lento que los que incorporan acciones de rotación o un mortal. Esto es porque los nadadores tienen que parar el movimiento en la pared para cambiar de dirección con el viraje abierto, mientras pueden mantener el momento por todo el viraje cuando utilizan el mortal.

El viraje con mortal. Este método de cambiar de espalda a braza se ilustra en los dibujos presentados en la figura 8.23.

Al acercarse al viraje, el nadador dibujado en la figura 8.23 salta hacia atrás en dirección a la pared al completar el recobro de su última brazada. Su brazo de contacto se balancea por encima y toca en un punto bastante profundo con la palma plana contra la pared y los dedos apuntando hacia abajo. Entonces empuja hacia arriba y hacia atrás contra la pared con el brazo de contacto para ayudarse a girar el cuerpo durante la primera mitad del mortal. Quita su brazo de contacto de la pared al pasar los pies por encima de la cabeza y luego lleva este brazo rápidamente hacia arriba por debajo del cuerpo para juntarlo con el otro por encima de la cabeza. Lo logra flexionando el brazo de contacto y deslizándolo hacia arriba por debajo del pecho antes de extenderlo hacia delante. Logra colocar este brazo por encima de la cabeza y en contacto con el otro antes de que los pies lleguen a la pared.

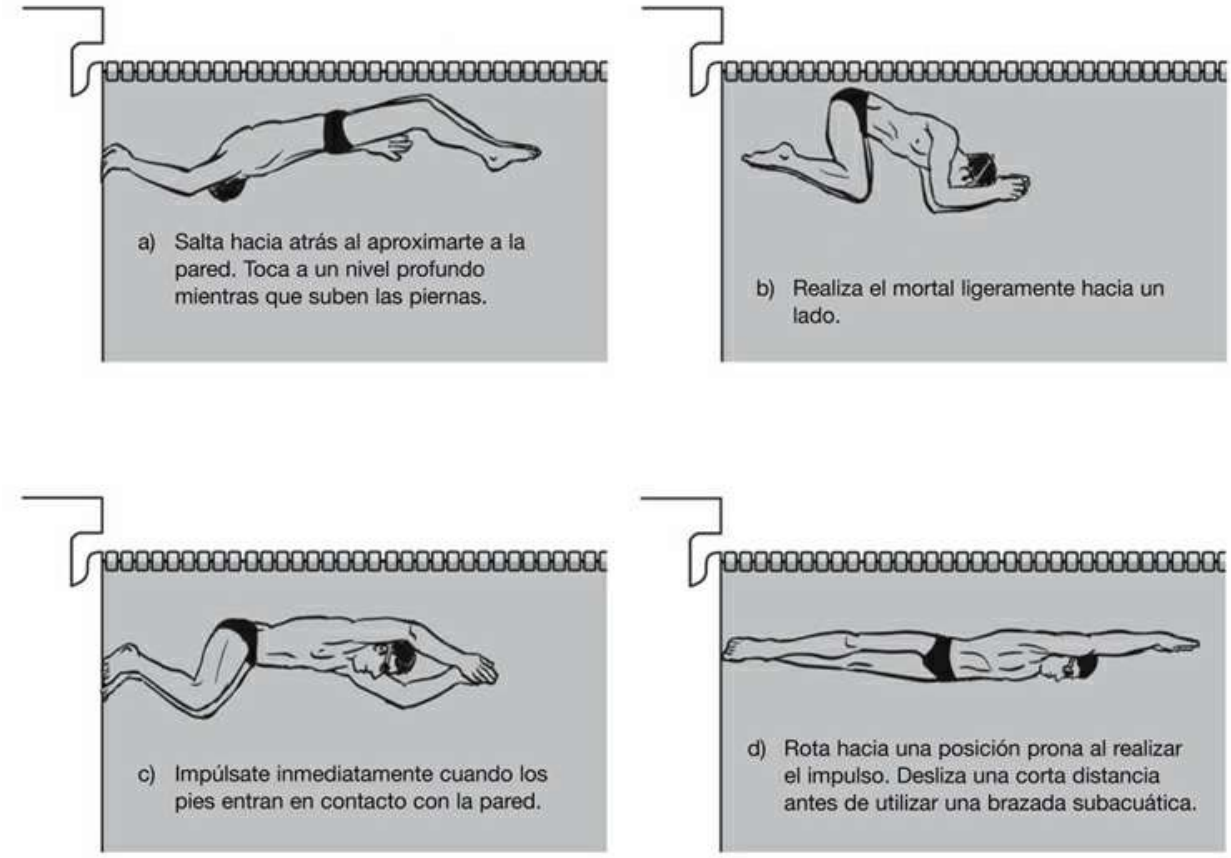


Figura 8.23. El viraje de cambio de estilo con mortal de espalda a braza.

Mientras tanto, el otro brazo, que estaba hacia atrás al lado de la cadera cuando el brazo de contacto tocaba la pared, se utiliza para ayudar a completar la segunda mitad del mortal hacia la pared. Lo logra girando la palma de la mano hacia arriba y empujándola hacia la cabeza para ayudar a alinear la cabeza y el tronco con las piernas para el impulso. La palma de la mano termina justo por encima de la cabeza cuando se haya completado el mortal (figura 8.23b) y luego se baja para alinearse con el otro brazo en preparación para el impulso.

Estirar el brazo hacia atrás en la aproximación hará que el cuerpo se tuerza ligeramente durante el mortal de manera que termine en una posición semi-prona cuando los pies llegan a la pared. Como resultado, coloca los pies en la

pared con los dedos apuntando hacia el lado. Las rodillas están flexionadas en preparación para el impulso (véase la figura 8.23c). Una vez realizado el contacto con los pies, impulsa el cuerpo desde la pared sin demora. Se realiza el impulso parcialmente de lado con los brazos y las piernas extendiéndose simultáneamente. Al igual que en los otros virajes, rota hacia el abdomen mientras se impulsa desde la pared (véase la figura 8.23d). El impulso tiene un ángulo ligeramente descendente para lograr bastante profundidad para realizar la brazada subacuática de braza. Después del impulso, desliza hasta que se acerca a la velocidad de la carrera antes de empezar la brazada.

El viraje modificado de Naber. El gran espaldista John Naber hizo popular un estilo de viraje de espalda. Una combinación del viraje con giro y el viraje abierto permite a los nadadores respirar como en el viraje abierto mientras utilizan un movimiento más rápido de giro durante el mismo. La regla que indica que no hace falta tocar con la mano ha hecho que este viraje sea obsoleto en espalda, pero se puede utilizar eficazmente una modificación en el cambio de estilo de espalda a braza. Se ilustran las técnicas del viraje modificado de Naber en la figura 8.24.

Los nadadores deben entrar en contacto con la pared estirando el brazo hacia atrás por encima de un hombro y detrás del otro. La mano debe tocar la pared a una profundidad de 15-20 cm con la palma plana contra la misma (véase la figura 8.24a). Los nadadores no deben agarrarse al rebosadero si existe. Las piernas deben empezar a flexionarse al estirar los nadadores el brazo hacia la pared de manera que ya están girando cuando entra en contacto la mano. Una vez que hayan tocado la pared, se acercan a ella flexionando el codo del brazo de contacto. Mientras tanto siguen elevando las piernas fuera del agua flexionando las caderas y las rodillas (véase la figura 8.24b). Las rodillas y las caderas deben estar flexionadas lo máximo posible y las piernas apretadas contra el vientre, tanto para pasar limpiamente por encima del agua como para acelerar su giro hacia la pared. Inclinarse hacia atrás mientras se llevan las piernas por encima del agua ayudará a sacarlas de ella. Puede que los talones se arrastren un poco por el agua, aunque los nadadores deben hacer el máximo esfuerzo para evitarlo. Deben girar en sentido de las agujas del reloj si entran en contacto con el brazo derecho, y en sentido contrario, si realiza el contacto la mano izquierda.

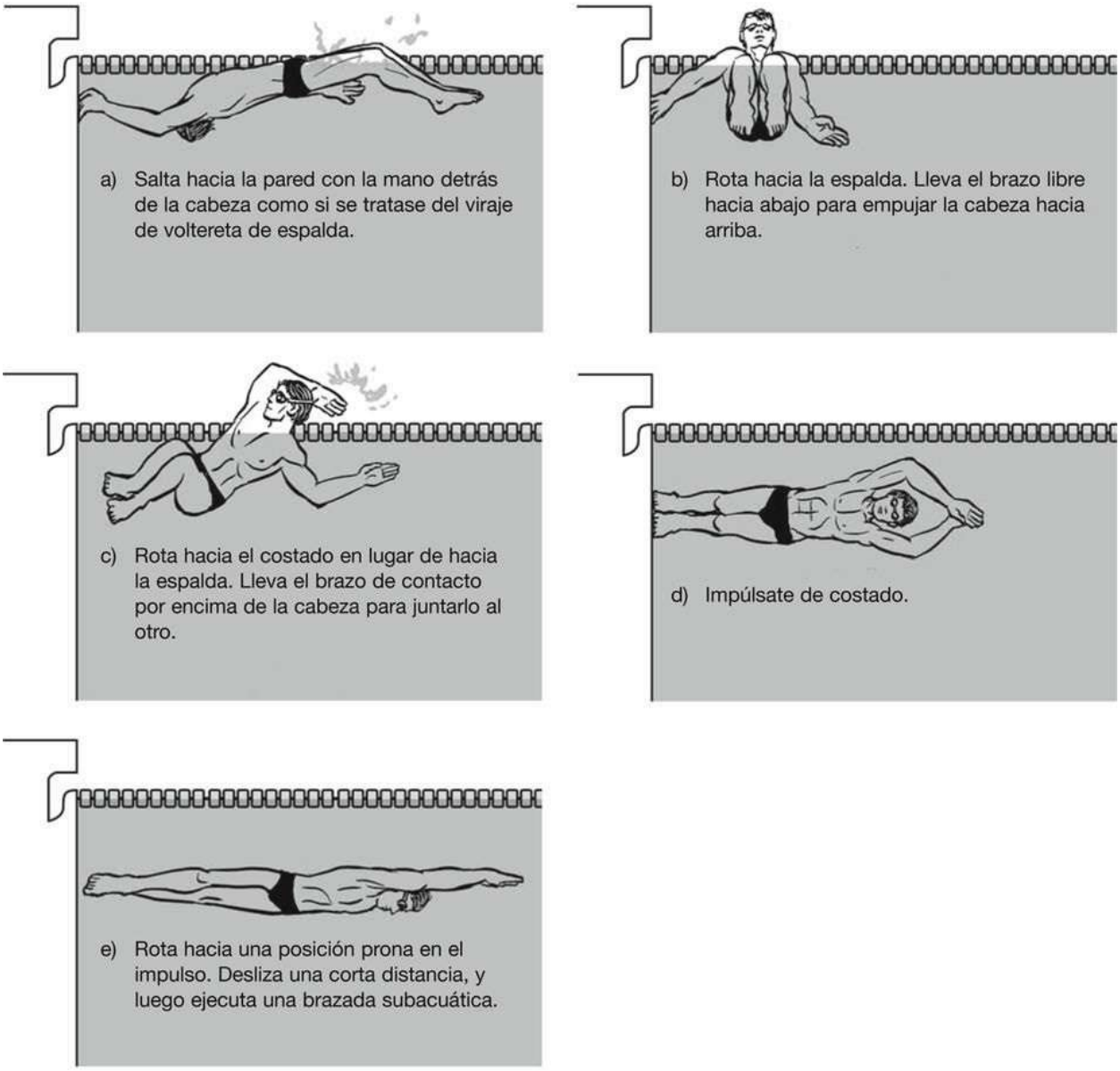


Figura 8.24. El viraje modificado de Naber tal y como se utiliza en el cambio de estilo de espalda a braza.

Los nadadores deben empujar la cabeza en la dirección opuesta a la pared con el brazo de contacto al pasar las piernas por el punto medio del recorrido hacia ella. Luego se lleva este brazo por encima del agua y hacia abajo con el codo elevado para juntarse con el otro en preparación para el impulso (véase la figura 8.24c). Desde allí, el viraje se parece al viraje abierto descrito para

braza. La cabeza sigue el brazo por encima del agua y los nadadores deben dejarse caer por debajo de ella de costado con un hombro directamente encima del otro. La palma de la mano que no estaba en contacto con la pared y que estaba hacia atrás al lado de la cadera cuando se empezó el viraje debe rotar hacia arriba, en dirección a la superficie, y utilizarse para ayudar a sumergir la cabeza cuando el cuerpo también se sumerge. Los nadadores deben impulsarse desde la pared de lado y rotar hacia la posición prona durante el impulso y el deslizamiento siguiente (véanse las figuras 8.24 d-e). Para cumplir las reglas para braza, los nadadores deben estar perfectamente sobre el pecho cuando empiezan la primera brazada en la superficie.

El principal problema que tienen los nadadores cuando aprenden este viraje es una tendencia a girar demasiado hacia el lado. El giro debe realizarse en el plano vertical. Las piernas deben estar flexionadas y encogidas contra el vientre durante el giro para reducir su eje de rotación, y los nadadores deben inclinarse hacia atrás al llevarlas hacia la pared por la misma razón. Cuando impulsan el cuerpo desde la pared con el brazo de contacto, la cabeza y el tronco deben desplazarse casi directamente hacia atrás, hacia el otro extremo de la piscina. No deben girar en un amplio círculo.

El viraje de voltereta modificado. Como se mencionó anteriormente, el viraje de voltereta era el método más rápido de espalda hasta que los recientes cambios en las reglas eliminaron la necesidad de tocar la pared con la mano. Sin embargo, dado que todavía hace falta tocar la pared con la mano en el cambio de estilo de espalda a braza en la prueba individual de estilos, el mismo viraje con voltereta, con algunas ligeras modificaciones, debe ser el método más rápido para cambiar. Se ilustra el viraje de voltereta modificado en la serie de dibujos presentados en la figura 8.25.

El nadador dibujado en la figura 8.25 rota hacia su costado en dirección opuesta al brazo de contacto (pero no más allá de la posición vertical) cuando lo estira detrás de la cabeza hacia la pared durante el último recobro del brazo antes de empezar el viraje. Se toca la pared a bastante profundidad detrás del hombro opuesto con la palma plana contra la misma y los dedos apuntando diagonalmente hacia abajo y hacia el lado. Una vez realizado el toque, sigue rotando hacia la posición prona mientras lleva las piernas por encima del

agua con un mortal hacia la pared (véanse las figuras 8.25 a-c). A diferencia del viraje de voltereta en espalda, el nadador no rota completamente a la posición prona al realizar el mortal sino que, cuando se acercan los pies a la pared, ajusta su posición ligeramente hacia atrás de manera que el cuerpo esté de costado al llegar los pies a la pared y al subir la cabeza a la superficie. Esto le prepara para el impulso de braza (véase la figura 8.25c).

Al rotar el cuerpo hacia la posición prona, lleva el brazo libre hacia atrás por el agua, hacia la pared y hacia arriba para colocarlo por encima de la cabeza. Una vez colocado allí, lo utiliza para ayudar a realizar el viraje empujando hacia abajo con la palma para llevar la cabeza hacia la superficie (figuras 8.25 b-c). El brazo de contacto avanza por debajo del agua a una posición por encima de la cabeza mientras se completa la rotación, de manera que la cabeza esté alineada con los brazos y entre ellos al llegar los pies a la pared (véanse las figuras 8.25 c-d).

Los pies se colocan en la pared mirando hacia el lado mientras se impulsa desde ella también de costado. La rotación hasta la posición completamente prona ocurre cuando está impulsando el cuerpo desde la pared y durante el deslizamiento, después de lo cual ejecuta una brazada subacuática y sube a la superficie con las piernas tal y como se ve en las figuras 8.25 d-e.

El cambio de estilo de braza a estilo libre

Se ilustran las técnicas de este viraje en la serie de dibujos presentados en la figura 8.26. El viraje de cambio de estilo de braza a estilo libre es casi idéntico al viraje descrito para el cambio de estilo de mariposa a espalda hasta que se impulsa el cuerpo desde la pared. La diferencia evidente es que, en este viraje, los nadadores rotarán a una posición prona en lugar de una supina durante el impulso y el deslizamiento siguiente.

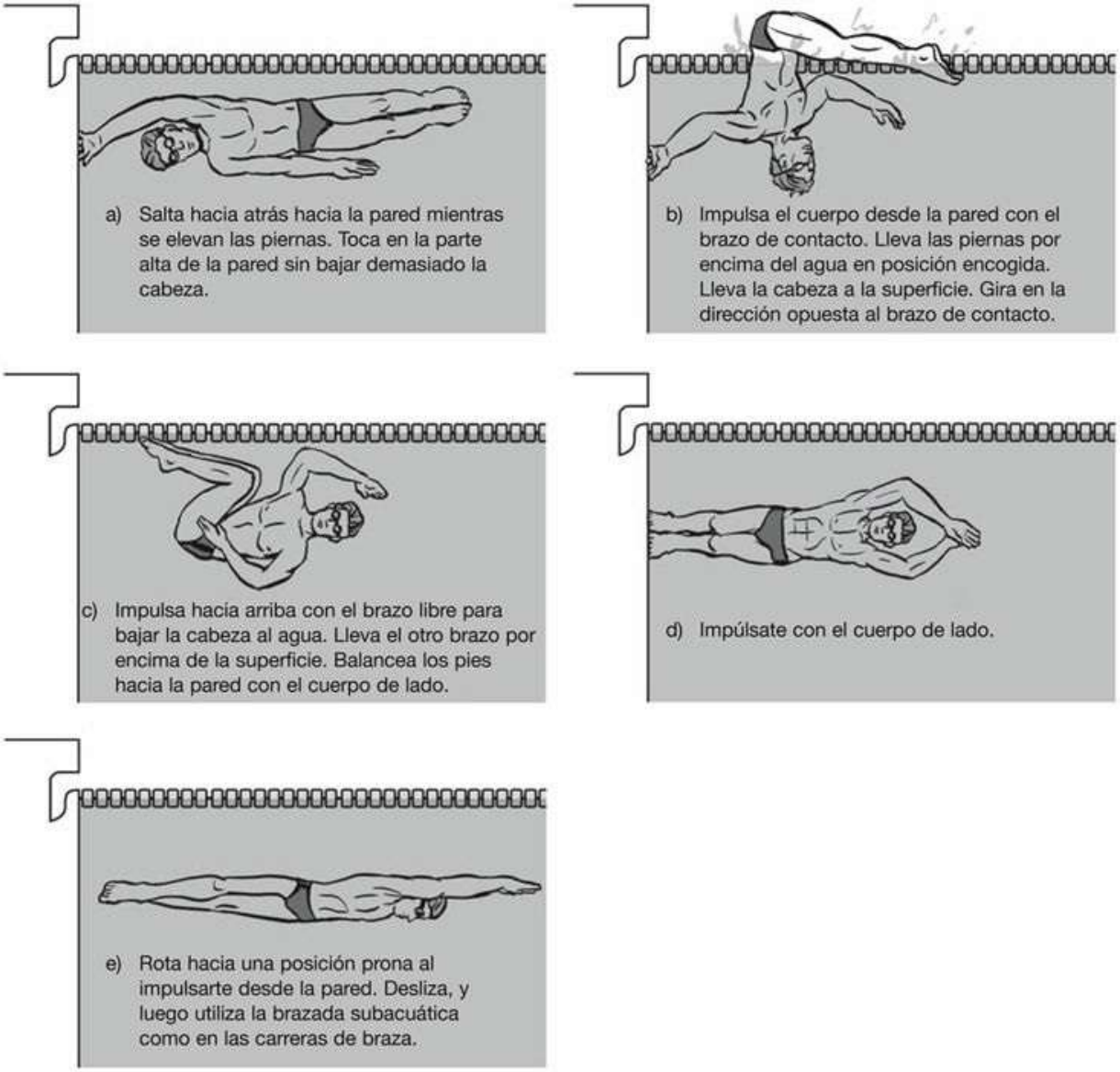


Figura 8.25. El viraje de voltereta modificado tal y como se utiliza en el cambio de estilo de espalda a braza en las pruebas individuales de estilos.

Cuando los pies dejan la pared, y después de deslizar un corto período de tiempo, se deben realizar los batidos y la propulsión y la salida a la superficie de la forma descrita para el viraje de estilo libre. Los nadadores deben realizar uno o dos batidos de delfín, seguidos de dos o tres batidos de estilo libre, hasta que se acerquen a la superficie. En este momento deben realizar una brazada que lleve el cuerpo a romper la superficie avanzando a la

velocidad de la carrera. Los nadadores pueden respirar al terminar la primera brazada en la superficie, siempre que puedan hacerlo sin alterar el ritmo de la brazada de la carrera.

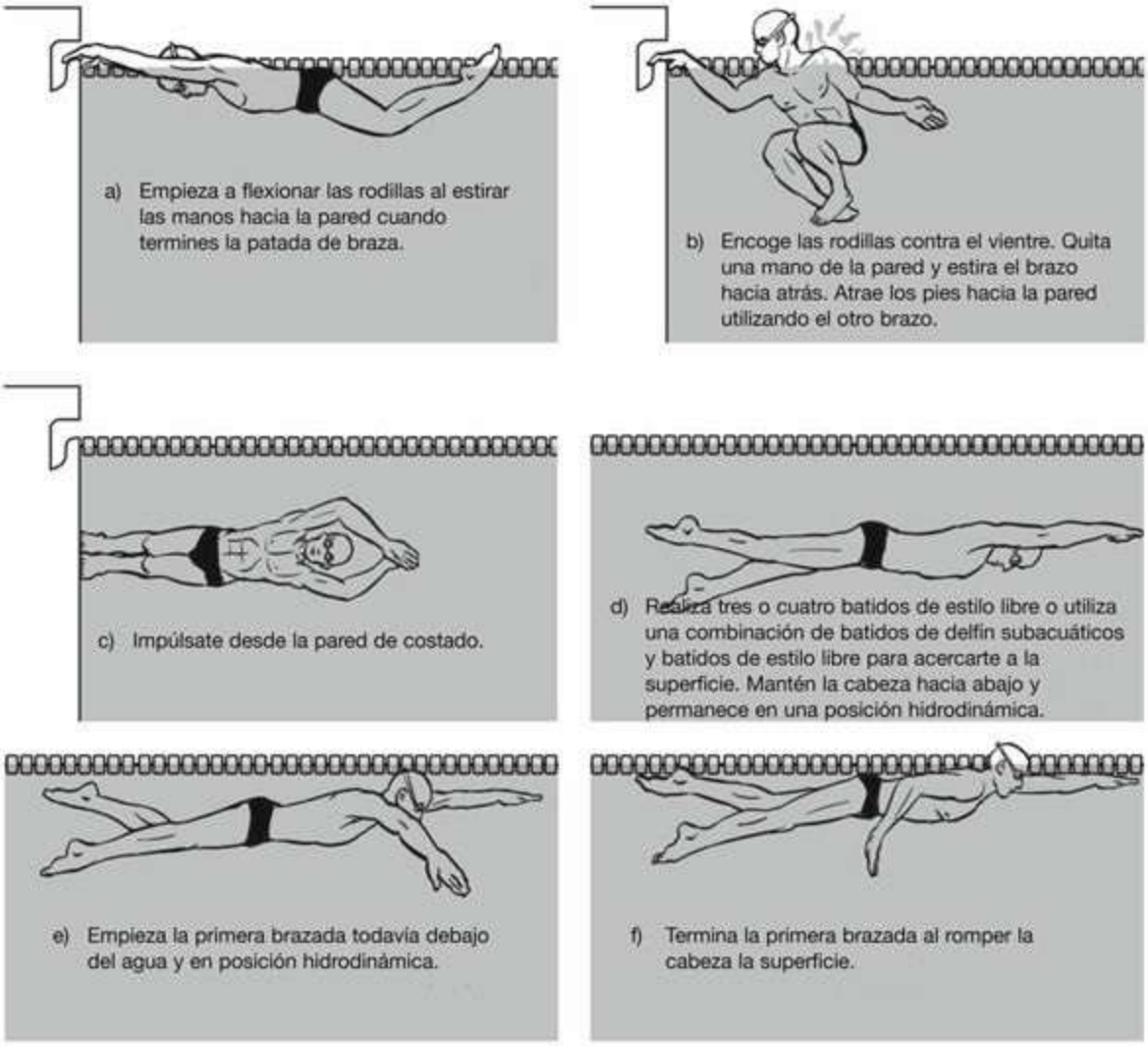


Figura 8.26. El viraje de cambio de estilo entre braza y estilo libre.

Llegadas

Se han perdido muchas carreras porque los nadadores deslizan hasta la meta. También se han perdido carreras porque han realizado más brazadas que las que necesitaban para llegar a la pared. Se deben practicar las técnicas de la llegada hasta que los nadadores puedan acelerar continuamente hasta la pared con un deslizamiento mínimo y ninguna brazada extra.

La llegada de estilo libre

La manera más rápida de terminar una carrera de estilo libre es impulsar la mano directamente a la placa electrónica. Los dibujos presentados en la figura 8.27 muestran a un nadador terminando de esta forma una carrera de estilo libre.

Cuando los nadadores han juzgado que el próximo recobro del brazo llevará la mano a entrar en contacto con la placa, deben acelerar la velocidad de este recobro y llevar el brazo rápidamente por encima del agua con el estilo normal del codo alto. Sin embargo no deben deslizarlo dentro del agua y hacia delante para tocar la placa. En lugar de esto, después de pasar por encima de la cabeza, el brazo debe extenderse rápidamente hacia delante para tocar la placa con las yemas de los dedos al nivel de la superficie. Los nadadores deben también rotar en la dirección opuesta del brazo del recobro para darle un mayor alcance mientras se desplaza hacia la placa. Se logra esto mirando hacia el otro lado y estirando el cuerpo hacia delante en la dirección del brazo del recobro. Al mismo tiempo, deben estar acelerando el cuerpo hacia la pared tan rápidamente como sea posible con la brazada subacuática del otro brazo y con el batido.

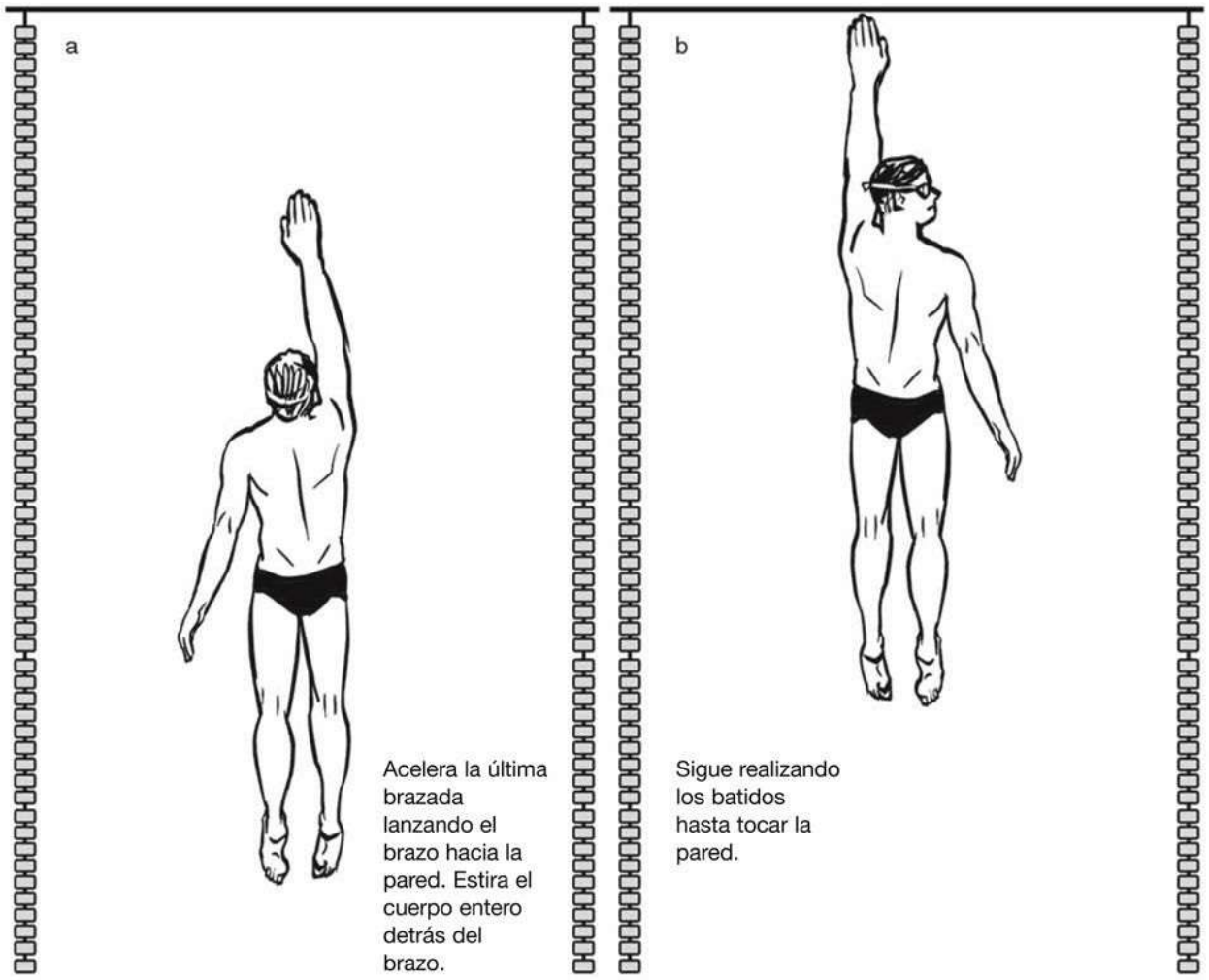


Figura 8.27. La técnica de la llegada en las carreras de estilo libre.

Se debe realizar el toque con los dedos estirados en lugar de con la palma plana porque, evidentemente, las yemas de los dedos pueden llegar a la placa antes que la palma. La cara debe permanecer en el agua, mirando hacia el lado durante este estiramiento. Levantar la cabeza acortará el alcance del brazo y reducirá la velocidad hacia la pared.

Idealmente se debe realizar el toque cuando el brazo esté totalmente extendido. Un toque realizado con el brazo flexionado indica que probablemente los nadadores han efectuado una brazada de más. Esto aumentará el tiempo de la carrera en 0,20-0,30 s. Los nadadores no deben

deslizar hasta la pared si la mano no entra en contacto cuando el brazo está totalmente extendido. Ni deben realizar otra brazada si están menos de la longitud de un brazo de la pared. En lugar de esto, deben seguir estirándose y realizando el batido hasta que la mano llegue a la placa. Realizar el batido llevará la mano a la placa más rápidamente que deslizar o ejecutar otra brazada. De hecho, utilizar un rápido batido de delfín puede incluso aumentar la velocidad de la llegada más que dos o tres batidos de estilo libre cuando hay que estirar el brazo hacia delante para tocar la placa. Evidentemente, como ya se ha mencionado, este consejo sólo es recomendable cuando los nadadores han estimado erróneamente la distancia hacia la pared en menos de la longitud de un brazo. Será más rápido ejecutar otra brazada si se han equivocado en más de esta distancia.

La llegada de mariposa

Se ilustra la técnica de la llegada para el estilo de mariposa en las fotografías presentadas en la figura 8.28. Dado que se necesita el toque de ambas manos, hay que impulsarse hacia delante con ambos brazos simultáneamente, y el cuerpo debe permanecer en una posición prona mientras se estiran hacia delante para tocar la pared.

Las últimas pocas brazadas deben ser las más potentes de la carrera y los nadadores deben acelerar las manos hasta la placa en el último recobro. También deben realizar este recobro con los codos flexionados y lanzar las manos hasta la placa. Así acortarán la distancia que deben recorrer las manos. Los nadadores deben acelerar el batido para impulsar el cuerpo hacia delante a una velocidad mayor de la que tendría si sólo deslizasen los últimos metros o yardas. La cara debe estar en el agua y deben estar estirando cada fibra del cuerpo hacia delante para llegar a la pared lo antes posible.

La llegada de braza

Se muestra una llegada de braza en las fotografías presentadas en la figura 8.29. Los nadadores de este estilo deben también impulsarse hacia la llegada con ambas manos simultáneamente y deben permanecer en una posición prona hasta que toquen la pared. Las últimas pocas brazadas y el recobro final deben acelerarse de forma que los brazos puedan avanzar lo más rápido posible para tocar la pared. No deben respirar durante la última brazada antes de la llegada de manera que puedan acelerar más aún hacia la pared. Ganarán varios centímetros extra de alcance si la cara permanece en el agua al estirar los brazos hacia la placa.

La última patada debe ser muy fuerte para acelerar el cuerpo hacia la pared. Si se quedan un poquito corto, los nadadores deben estirarse hacia la pared. Otra brazada, incluso una parcial, requerirá más tiempo que simplemente estirar y deslizar hacia la pared. Sólo deben realizar una brazada extra si se encuentran tan lejos de la pared que perderán tiempo si deslizan. Sin embargo, pocas veces ocurre que los bracistas se equivocan con la distancia a la llegada en más de unos pocos centímetros.

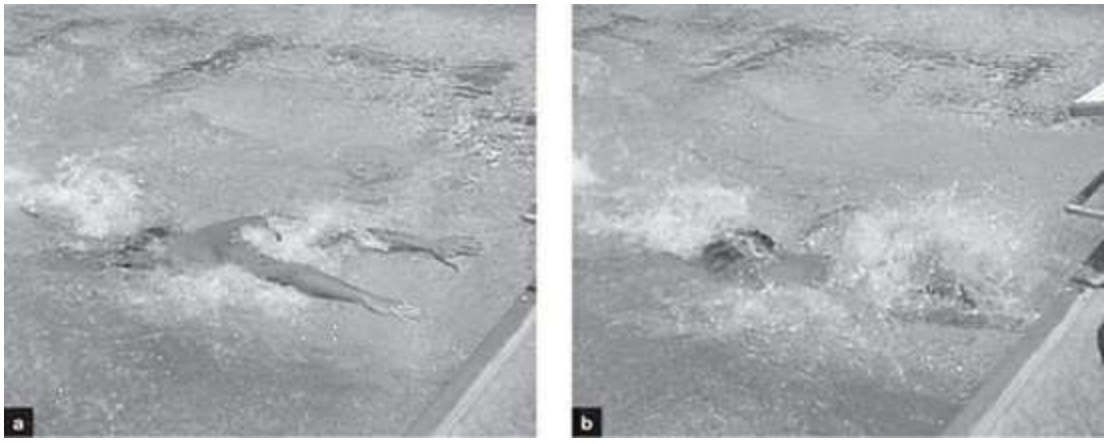


Figura 8.28. El procedimiento para la llegada en las carreras de mariposa. (a) Estirar los

brazos hacia la pared (obsérvese que los brazos están estirados y la cabeza hacia abajo). (b) Tocar cuando se ha completado la extensión (obsérvese que la cabeza permanece por debajo del agua).

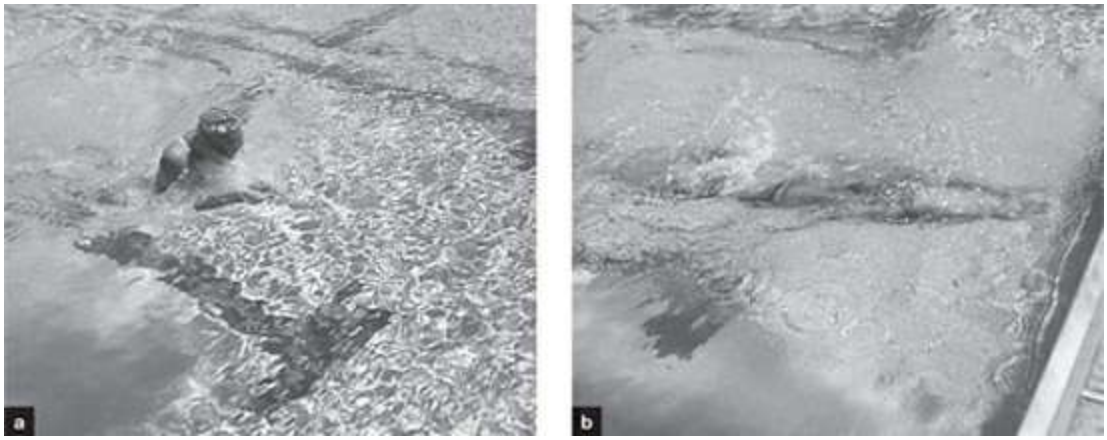


Figura 8.29. Una técnica de llegada para las carreras de braza. (a) Comienzo del último recobro antes de la llegada. (b) El estiramiento hacia la pared (obsérvese que la cabeza está hacia abajo y los hombros al mismo nivel).

La llegada de espalda

En las carreras de espalda, los nadadores deben contar el número de brazadas que necesitarán para cubrir la distancia entre las banderas de 5 m y la pared. Los dos dibujos presentados en la figura 8.30 ilustran la manera en que los nadadores deben terminar las carreras de espalda.

Cuando los espaldistas determinan que un recobro llevará la mano en contacto con la placa, deben acelerar el recobro y lanzar la mano hacia atrás hasta la placa. Se logra este lanzamiento flexionando el brazo hacia delante después de que salga del agua y luego extendiéndolo rápidamente hasta la placa al nivel del agua, no por debajo de ella. Estirar el brazo de esta manera tarda menos que el recobro normal vertical del brazo estirado. El cuerpo debe

estar rotado hacia el brazo que realice el toque para aumentar su alcance y los nadadores deben realizar un estiramiento adicional para llegar. La cabeza debe estirarse hacia la pared y los nadadores deben estar mirando hacia el lado, hacia el brazo de contacto, para ayudar en el estiramiento. Deben realizar una brazada potente con el otro brazo y ejecutar un batido de delfín muy potente para acelerar su velocidad hacia la pared. El contacto con la placa debe hacerse con las yemas de los dedos cerca de la superficie.

Idealmente, la mano debe entrar en contacto con la pared en el instante en que llega a la extensión total. Sin embargo, si se equivocan los nadadores en la distancia, la mejor estrategia es seguir estirándose y realizando el batido de delfín hasta que los dedos contacten con la placa. Evidentemente, este consejo sólo se aplica a las llegadas en que se ha subestimado la distancia en menos de la longitud de un brazo.

La respiración en la llegada

La respiración durante el último acelerón hacia la llegada no debe afectar la velocidad en las carreras de espalda, por razones evidentes. En las carreras de braza, parece ser necesario respirar para mantener el ritmo de brazadas y, por lo tanto, no debe restringirse hasta que se haya ejecutado el impulso hacia la pared. Sin embargo, la situación es muy diferente en las carreras de mariposa y estilo libre. Girar o levantar la cabeza para respirar reducirá definitivamente la velocidad durante el último acelerón. En estas carreras, por lo tanto, los nadadores deben recorrer lo máximo de los últimos 25 m/yardas que pueden tolerar sin respirar. El estrés y la fatiga que puede que experimenten al hacerlo deben ignorarse a causa de la velocidad adicional que pueden lograr. En este momento de la carrera, ya no hay necesidad de conservar la energía. Lo único importante es llegar a la meta lo antes posible.

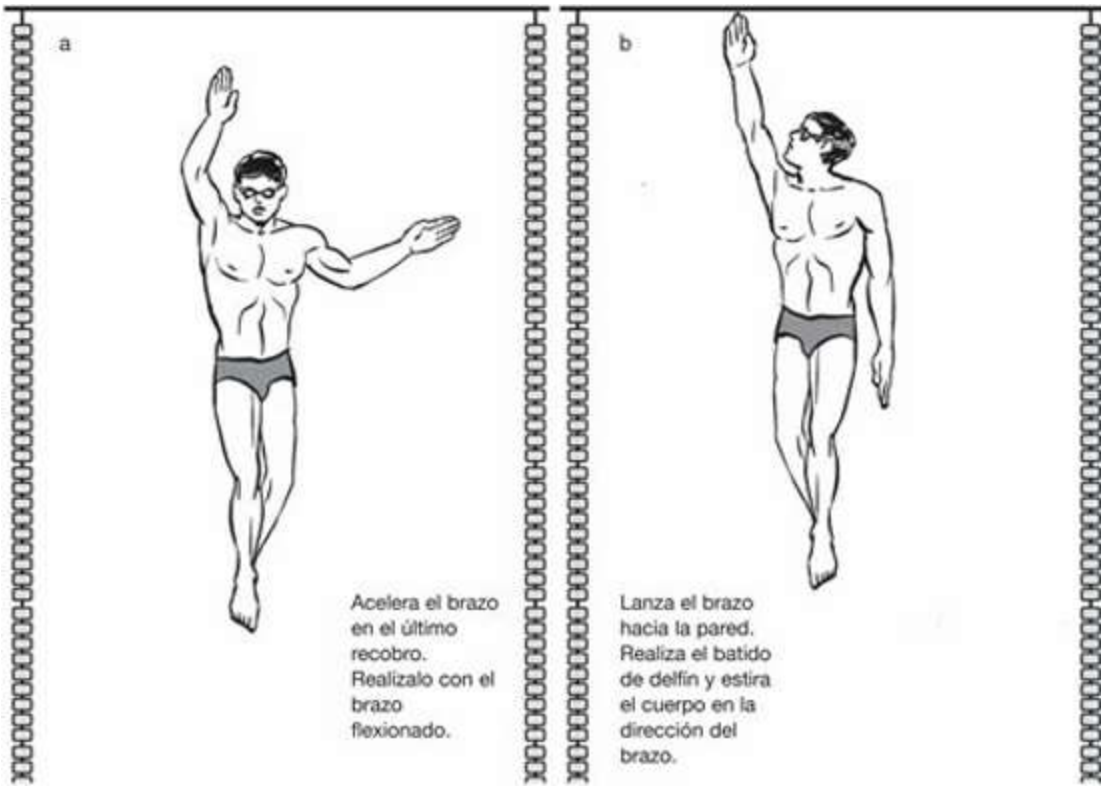


Figura 8.30. El procedimiento para la llegada en las carreras de espalda.

Los mariposistas y los nadadores de estilo libre deben mantener la respiración desde, por lo menos, el momento en que pasan por debajo de las banderas de los 5 metros hasta que terminen la carrera. Con entrenamiento, puede ser posible que mantengan la respiración durante períodos aún mayores sin perder velocidad. Pero los nadadores nunca deben restringir la respiración en el último largo durante tanto tiempo que pierdan velocidad en los últimos metros o yardas de la carrera. Deben practicar mantener la respiración al realizar el acelerón hacia la llegada durante las competiciones y sesiones de entrenamiento hasta que sepan cuánto de la última parte de la carrera pueden nadar rápidamente sin respirar y sin perder velocidad.

Segunda parte

El entrenamiento

Las investigaciones realizadas en la década de los noventa han proporcionado nueva información importante acerca de los temas tratados en la segunda parte. He reescrito algunas secciones completamente para presentar la gran cantidad de material nuevo; solamente he revisado otras para incluir nueva información.

Los primeros dos capítulos, 9 y 10, presentan una revisión de la fisiología del ejercicio en relación con el entrenamiento de nadadores de competición. Estos capítulos proporcionan la información fundamental que apoya los métodos de entrenamiento que se presentan en los capítulos posteriores. El capítulo 9 trata de las reacciones musculares, circulatorias, respiratorias y hormonales al entrenamiento y al ejercicio. Se ha hecho hincapié en la información relacionada con la manera en que se utilizan diferentes tipos de fibras musculares durante el entrenamiento y la competición, para preparar el terreno para la revisión de la teoría del entrenamiento basada en el umbral anaeróbico que se presentó en las ediciones anteriores de este libro.

Se describen los procesos del metabolismo aeróbico y anaeróbico en el capítulo 10, y se detallan los efectos de entrenamiento que mejoran el

rendimiento deportivo en el capítulo 11. Los científicos estaban empezando a estudiar la influencia de uno de estos efectos, la eliminación del ácido láctico de los músculos durante el ejercicio, cuando se realizó la revisión anterior de este libro. Ahora disponemos de una gran cantidad de información adicional sobre este importante efecto del entrenamiento. Por consiguiente, en esta edición se ha ampliado significativamente la presentación del proceso de eliminación del lactato durante el ejercicio y cómo se puede entrenar.

El capítulo 12 describe los principios del entrenamiento. La mayor parte de la información incluida en este capítulo es similar a la que presenté en la edición anterior de este libro, pero aquí he introducido algunos principios adicionales.

Las secciones más ampliadas de esta edición son los capítulos 13, 14 y 15. El entrenamiento de resistencia es el tema del capítulo 13 y el capítulo 14 trata del entrenamiento de velocidad. Quizás el cambio más importante en cuanto al énfasis del entrenamiento se encuentra en las categorías del umbral y de la resistencia con sobrecarga. Se exageró la importancia de entrenarse exactamente al nivel del umbral anaeróbico en las ediciones anteriores de este libro. Ya no creo que entrenarse al nivel del umbral anaeróbico sea la mejor manera de mejorar la resistencia aeróbica. Ni creo que el entrenamiento en el nivel del umbral anaeróbico mejorará la resistencia aeróbica tanto como puede ser mejorada. Presento información nueva que explica por qué ningún único nivel de entrenamiento producirá todas las adaptaciones necesarias para aumentar la resistencia aeróbica. Los deportistas necesitan entrenarse a intensidades tanto más lentas como más rápidas que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico para mejorar su resistencia de forma óptima.

No se comprendía bien el objetivo del entrenamiento de resistencia con sobrecarga cuando escribí la edición anterior de este libro. Los entrenadores no sabían exactamente qué adaptaciones únicas de entrenamiento producía más allá de las que podrían ser desarrolladas por el entrenamiento en el umbral. En esta edición sugiero una posible explicación del valor del entrenamiento de resistencia con sobrecarga que tiene que ver con el efecto único de esta forma de entrenamiento sobre las fibras musculares de contracción rápida.

El capítulo 15 está dedicado al entrenamiento de deportistas para diferentes pruebas. Éste es el capítulo crucial de esta sección porque ofrece sugerencias prácticas sobre cómo utilizar la información de los dos capítulos anteriores sobre la resistencia y el entrenamiento de velocidad con el fin de preparar a los deportistas para la competición. Este capítulo también describe los programas de entrenamiento de varios deportistas de éxito.

El capítulo 16 sobre el seguimiento del entrenamiento también contiene una gran cantidad de información nueva. Describo varios métodos nuevos para realizar análisis de sangre y reexamino la importancia de incluir mediciones de la potencia anaeróbica cuando se interpretan los resultados de dichos análisis. Los entrenadores sabemos desde hace tiempo que simplemente mejorar la velocidad a nivel del umbral anaeróbico no garantiza un mejor rendimiento deportivo. Tenía que considerarse la relación entre los desplazamientos de la curva lactatovelocidad en el umbral anaeróbico y por encima de él. Investigaciones adicionales ahora pueden ayudarnos a interpretar el significado de estos desplaza-mientos. Describo los resultados de estas investigaciones en esta edición.

La información relacionada con el uso de la frecuencia cardíaca para hacer un seguimiento del entrenamiento ha sido actualizada y clarificada en esta edición. Espero que esta información permita a los lectores utilizar este procedimiento útil con más eficacia. Finalmente, he incluido una sección sobre el uso de series repetidas para hacer un seguimiento del entrenamiento. La mayoría de los entrenadores encuentran que las series repetidas son el método más disponible para evaluar las reacciones de los nadadores individuales a sus programas de entrenamiento. Por lo tanto, he sugerido algunas series que pueden utilizar los entrenadores a este fin y muestro cómo se pueden interpretar los resultados de dichas series para evaluar los efectos del entrenamiento.

El capítulo sobre la planificación del entrenamiento, el capítulo 17, también ha sido actualizado y ampliado. Se han descrito los varios tipos de ciclo de entrenamiento en detalle con el propósito de proporcionar a los lectores algunas ideas que pueden utilizar para planificar sus temporadas.

Las investigaciones realizadas desde la década de los noventa han

proporcionado nueva información sobre la puesta a punto, el tema tratado en el capítulo 18, y está incluida en él. Dichas investigaciones se han concentrado en dos áreas. La primera se relaciona con lo que ocurre desde el punto de vista fisiológico durante la puesta a punto, y la segunda tiene que ver con la relación entre la duración de la puesta a punto y la intensidad del entrenamiento que producirá los mejores resultados.

El último capítulo de la segunda parte, el capítulo 19, cubre el tema del sobreentrenamiento. Se incluye una presentación de la base fisiológica del sobreentrenamiento, cómo tratarlo y cómo prevenirlo, como temas principales de dicho capítulo.

9

Las respuestas fisiológicas al entrenamiento

Uno de mis principales objetivos al escribir este libro es proporcionar a los lectores una comprensión básica de la fisiología del ejercicio. Lo hice para que pudiesen comprender la base científica de los métodos actuales de entrenamiento y evaluar los beneficios potenciales de los nuevos métodos que se desarrollarán en los próximos años. Por estas razones, proporcionaré en este capítulo una breve descripción de las respuestas de los sistemas muscular, circulatorio, respiratorio y endocrino al ejercicio y al entrenamiento. En el próximo capítulo repasaré el metabolismo del ejercicio.

El sistema muscular

El cuerpo humano tiene tres tipos de músculo: el músculo liso situado en varios órganos; el músculo cardíaco situado en el corazón, y el músculo esquelético. Estos últimos están unidos a los diferentes huesos del cuerpo, y se encargan de moverlos. Las contracciones de los músculos esqueléticos producen la fuerza que hace posible que los nadadores muevan sus miembros por el agua. Por consiguiente, su función y desarrollo deben ser de gran interés para los entrenadores y deportistas.

La estructura y función de los músculos

Los músculos se contraen cuando reciben mensajes del sistema nervioso central. Dichos mensajes vienen en forma de impulsos eléctricos que viajan a lo largo de las fibras nerviosas a una velocidad de relámpago hasta que llegan a su punto de conexión con la fibra muscular, donde hacen que las fibras se contraigan. Los músculos son grupos de fibras musculares que están conectados a los huesos. Normalmente van de un lado al otro de una articulación. Cuando se contraen o se acortan, tiran del extremo unido a un hueso particular, llamado la *inserción*, hacia el otro extremo, el *origen*, que está unido a otro hueso. A menudo hablamos de los músculos como si se contrajesen totalmente, pero de hecho, sólo algunas de las fibras en cada músculo se contraen en cualquier momento dado. Cuando la carga es pesada un gran número de fibras debe contraerse para mover esta gran cantidad de resistencia. Cuando la carga es ligera, puede que sólo una pequeña parte de las fibras tenga que contraerse para mover la resistencia por un rango de movimientos.

Los músculos están formados por miles de diminutas fibras, de las cuales cada una es una sola célula muscular. Con el grosor aproximado de un pelo humano, las fibras musculares pueden variar en su longitud desde unos pocos milímetros hasta varios centímetros. La figura 9.1 ilustra la estructura de un músculo. Está formado por haces de fibras musculares envueltas en tejido conjuntivo. Los elementos contráctiles de las fibras musculares son las *miofibrillas*, que están formadas por proteínas llamadas *actina* y *miosina*.

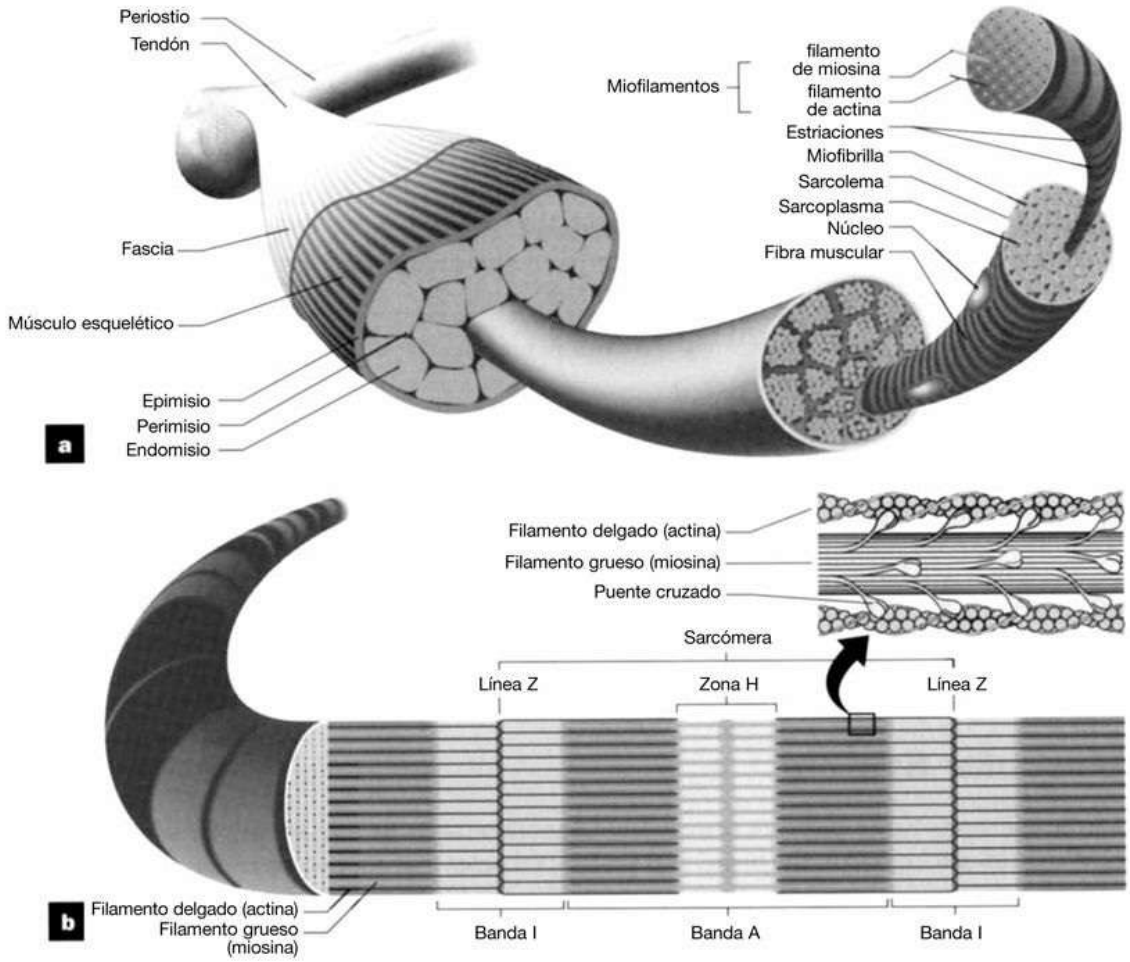


Figura 9.1. (a) La estructura del músculo esquelético. (b) Una fibra muscular y sus miofibrillas.

Adaptada de Behnke, 2001.

Cuando un impulso nervioso de bastante intensidad estimula la fibra muscular y se libera energía desde las sustancias químicas almacenadas en ella, los filamentos de miosina se unen con los filamentos de actina y tiran de ellos hacia dentro, haciendo que la fibra se contraiga.

Las fibras musculares están ordenadas dentro del músculo en *unidades motrices*. Un solo nervio motor sirve cada unidad motriz a través de

ramificaciones que llegan a todas las fibras dentro de la unidad. Por lo tanto, cada fibra muscular tiene una terminación nerviosa que transmite mensajes del sistema central nervioso y le dice cuándo tiene que contraerse. Cualquier impulso que viene por el nervio y sus ramificaciones hará que todas las fibras nerviosas dentro de una unidad motriz se contraigan a la vez. Esto se conoce como la *ley de todo o nada*. Cuando un impulso nervioso con suficiente intensidad llega a una unidad motriz, todas las fibras dentro de esta unidad se contraerán. Ninguna se contraerá si la carga no es lo bastante fuerte. Se ilustra una unidad motriz en la figura 9.2.

El número de unidades motrices que se contraen en cualquier momento dado determina la fuerza contráctil de todo un músculo. Sólo unas pocas unidades motrices (unos pocos cientos de fibras) se contraerán cuando la necesidad de fuerza es baja, como cuando se nada de forma relajada. Se contraerá un número mucho mayor de unidades motrices cuando la necesidad de fuerza es alta, como en las carreras de velocidad. Nuestros cerebros aprenden por experiencia cuánta fuerza se necesita para ejecutar ciertas tareas. Luego nuestro sistema nervioso estimula el número apropiado de unidades motrices para que se contraigan cuando ejecutamos dicha tarea. Este patrón preciso de la estimulación de las fibras musculares se llama *reclutamiento de las unidades motrices*.

Una manera de mantener el trabajo durante un tiempo largo es rotando el esfuerzo entre grupos de unidades motrices de forma que algunas se contraen mientras que otras descansan.

Un cierto número de unidades motrices dentro de un músculo realizará el trabajo hasta que se fatigue. Cuando esto ocurre, dentro de los músculos que han estado descansando otras unidades motrices serán reclutadas para reemplazar a las unidades fatigadas para que se pueda mantener la cantidad de fuerza deseada.

La mayoría de los expertos creen que nunca utilizamos todas las unidades motrices de un músculo en un momento dado, incluso durante los esfuerzos máximos (Wilmore y Costill, 1999). El sistema nervioso nos inhibe de hacerlo porque la fuerza sería tan grande que nos podría romper los huesos. Se deben utilizar las fibras musculares o se atrofiarán. Se debe desarrollar un

trabajo ligero a moderado durante bastante tiempo para que todas las fibras dentro de un músculo particular se turnen y participen en el trabajo. Evidentemente, este tipo de sesión de entrenamiento mejorará la resistencia de las fibras musculares. El segundo aspecto es trabajar cerca del esfuerzo máximo para que el músculo utilice todas o casi todas sus fibras para superar la resistencia. El trabajo de esta intensidad sólo puede mantenerse durante un corto período de tiempo, así que el efecto principal de este tipo de entrenamiento será mejorar la fuerza, la potencia y la capacidad anaeróbica.

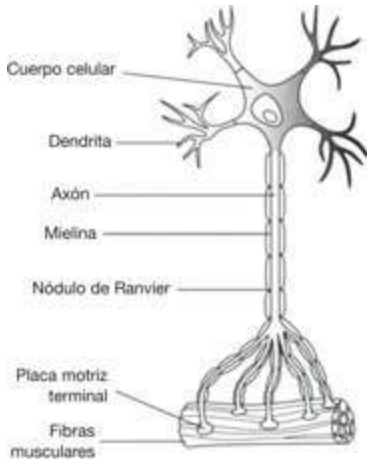


Figura 9.2. Una unidad motriz, formada por una neurona motriz y fibras musculares.

Adaptada de Behnke, 2001.

Un factor que determina nuestra capacidad para mantener un ritmo dado, en otras palabras, nuestra resistencia, es el número de unidades motrices que deben contraerse en cualquier momento dentro de los músculos para mantener esta velocidad. Si se requiere un gran número, quedarán pocas para turnarse y hacer el trabajo más tarde y nos cansaremos antes. Si la tarea requiere un pequeño número de unidades motrices, un mayor número estará disponible para realizar el trabajo más tarde y podremos mantener un cierto ritmo durante más tiempo.

La velocidad con que las fibras pueden ser reclutadas y el número que puede ser estimulado en cualquier momento dado es probablemente un

determinante importante del potencial de un deportista para las pruebas de velocidad. El patrón de reclutamiento también puede afectar la velocidad máxima. El patrón determina si las unidades motrices de muchos músculos diferentes, y las unidades motrices de áreas diferentes dentro de cada músculo, pueden contraerse en una secuencia que proporciona la cantidad correcta de fuerza en la secuencia correcta de contracción. Los patrones de reclutamiento de las unidades motrices probablemente afectan nuestra resistencia también. Es decir, si el patrón de reclutamiento es eficaz, un deportista necesitará menos unidades motrices para mantener una velocidad de natación particular y, por lo tanto, tendrá más disponibles para realizar trabajo más tarde.

Fibras musculares de contracción lenta y contracción rápida

Los seres humanos tienen dos categorías de fibras en los músculos esqueléticos de su cuerpo. Un tipo se conoce por varios términos como fibras de contracción lenta, fibras lentas oxidativas (LO), fibras rojas o fibras del tipo I. El segundo tipo se conoce como fibras de contracción rápida (CR), fibras blancas o fibras del tipo II. Utilizaré los términos de contracción lenta (CL) y de contracción rápida (CR) al hablar de estos dos tipos.

Las fibras de contracción rápida (CR), como sugiere su nombre, se contraen rápidamente (de 30 a 50 veces por segundo). Las fibras de contracción lenta (CL) se contraen a ritmos más lentos (de 10 a 15 veces por segundo). Las fibras musculares de contracción rápida también se acortan más rápidamente. Puede acortarse hasta seis veces la longitud de la fibra por segundo, mientras que las fibras musculares de contracción lenta se acortan a un ritmo de sólo dos veces la longitud de la fibra por segundo (Faulkner *et al.*, 1986).

Otra diferencia importante entre los dos tipos de fibras es su capacidad para el trabajo de resistencia o de potencia. Las fibras musculares de contracción lenta tienen más resistencia porque tienen una mayor capacidad

para el metabolismo aeróbico. Contienen más cantidad de las sustancias que son importantes para el metabolismo aeróbico, y tienen un mayor número de estructuras en las que tiene lugar el metabolismo aeróbico. Tienen más *mioglobina*, la sustancia que transporta el oxígeno a través de la célula muscular. La mioglobina en las fibras musculares de contracción lenta les da su apariencia roja (la mioglobina tiene un pigmento rojizo). Las fibras de contracción rápida son blancas (de hecho un color rosa pálido) porque contienen menos mioglobina.

Otro factor que hace las fibras musculares de contracción lenta más resistentes es que contienen más *mitocondrias*, las estructuras proteicas dentro de las células musculares donde ocurre el metabolismo aeróbico. Las fibras musculares de contracción lenta tienen de dos a cinco veces más mitocondrias que las fibras musculares de contracción rápida. Las fibras de contracción lenta también tienen una mayor concentración de las enzimas aeróbicas que catalizan la liberación de la energía durante el metabolismo aeróbico.

Aunque las fibras musculares de contracción lenta tienen una mayor capacidad para proporcionar energía de forma aeróbica, su capacidad para el metabolismo anaeróbico es limitada. Tienen menores concentraciones de las enzimas anaeróbicas que catalizan la liberación de energía cuando el oxígeno no está disponible. Incluso cuando se les exige proporcionar energía de forma anaeróbica, no lo pueden hacer tan rápidamente como las de contracción rápida.

En cambio, las fibras musculares de contracción rápida tienen una menor capacidad para el metabolismo aeróbico porque contienen menos mioglobina, menos mitocondrias, menos grasa y menos enzimas aeróbicas. Producen más ácido láctico que las fibras musculares de contracción lenta con cargas equivalentes y, por lo tanto, se fatigan más rápidamente. También utilizan su glucógeno más rápidamente.

La mayoría de los músculos contienen una mezcla de fibras de contracción rápida y de contracción lenta. Algunas están compuestas predominantemente por fibras de contracción lenta, y otras contiene una preponderancia de fibras de contracción rápida. Por ejemplo, el músculo sóleo de la pierna contiene

entre un 25% y un 40% más de fibras musculares de contracción lenta que los otros músculos de la pierna. El músculo tríceps del brazo contiene entre un 10% y un 30% más de fibras musculares de contracción rápida que los otros músculos del brazo en el ser humano (Saltin *et al.*, 1977).

Los efectos del entrenamiento en las fibras musculares CL y CR

El entrenamiento de la resistencia aumentará la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y de las de contracción rápida. Las fibras de contracción rápida entrenadas nunca alcanzan el nivel de capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta entrenadas. No obstante, un deportista puede aumentar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida hasta un nivel que sobrepasa la de las fibras musculares de contracción lenta no entrenadas (Saltin *et al.*, 1977). En cambio, el entrenamiento de velocidad y de fuerza aumentará el tamaño y la velocidad contráctil de las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta además de su potencial para la liberación rápida de la energía (Tesch y Larsson, 1982). Sin embargo, las fibras musculares de contracción rápida poseen un mayor potencial que las de contracción lenta para tales aumentos. Apoya esta afirmación el hecho de que las fibras musculares de contracción rápida de una persona entrenada normalmente son más grandes que sus fibras de contracción lenta. Aunque un deportista puede aumentar la velocidad contráctil y la fuerza de las fibras musculares de contracción lenta que han sido entrenadas para la velocidad, nunca alcanzan ni siquiera el nivel de las fibras musculares de contracción rápida no entrenadas.

Los subgrupos de las fibras musculares CR

Los expertos han identificado subgrupos dentro del grupo de fibras

musculares de contracción rápida en los seres humanos. Algunas fibras de este grupo parecen tener el potencial para un mayor metabolismo aeróbico que otras, aunque su capacidad aeróbica no iguala la de las fibras de contracción lenta en este aspecto. El subgrupo de fibras musculares de contracción rápida que tiene una mayor capacidad aeróbica que los otros miembros del grupo de contracción rápida se conoce con varios nombres, como *tipo IIa, de contracción rápida a (CRa)* y fibras *rápidas oxidativas glucolíticas* (FOG). El segundo tipo de fibras musculares de contracción rápida difiere del primer tipo en que tienen una capacidad extremadamente limitada para el metabolismo aeróbico. Los términos utilizados para identificar a este subgrupo son: *tipo IIb, de contracción rápida b* (CRb) y fibras *rápidas glucolíticas* (FG). El tercer grupo ha sido llamado fibras *de contracción rápida c* (CRc), pero un concepto mejor es considerarlo sin clasificar. No parecen incluirse en la categoría de contracción rápida ni de contracción lenta, pero parecen más bien ser fibras en transición entre los dos principales tipos de fibras. Algunos expertos creen que estas fibras CRc pueden hacerse de contracción rápida o de contracción lenta según se entrenan para la resistencia o para la velocidad y la potencia. Otros no aceptan esta hipótesis. Señalan que los estudios longitudinales no han demostrado ningún cambio en el porcentaje de fibras musculares CRc. Utilizaré los términos *CRa*, *CRb* y *CRc* para identificar los subgrupos de fibras musculares de contracción rápida porque la literatura fisiológica utiliza dichos términos con mayor frecuencia.

Las propiedades de los varios grupos y subgrupos de fibras se presentan en la tabla 9.1 Las fibras CRa tienen más capacidad aeróbica que cualquiera de los otros dos subtipos de fibras musculares CR porque contienen más y mayores mitocondrias, más mioglobina y una mayor actividad de las enzimas aeróbicas. También tienen más capilares alrededor de ellas.

En cambio, las fibras musculares CRa pueden contraerse con mayor rapidez y fuerza que las fibras musculares de contracción lenta. Las fibras CRa se acortarán tres o cuatro veces más rápidamente que las de contracción lenta. Pero no pueden acortarse tan rápidamente como las fibras musculares CRb, ni pueden producir la misma cantidad de fuerza y potencia que las fibras CRb. Las fibras CRb pueden acortarse a una velocidad cinco o seis veces más rápida que la de las fibras de contracción lenta (Fitts y Widrick,

1996). Las fibras CRb también se contraen con el doble de potencia que las fibras CRa y con 10 veces la potencia de las fibras de contracción lenta.

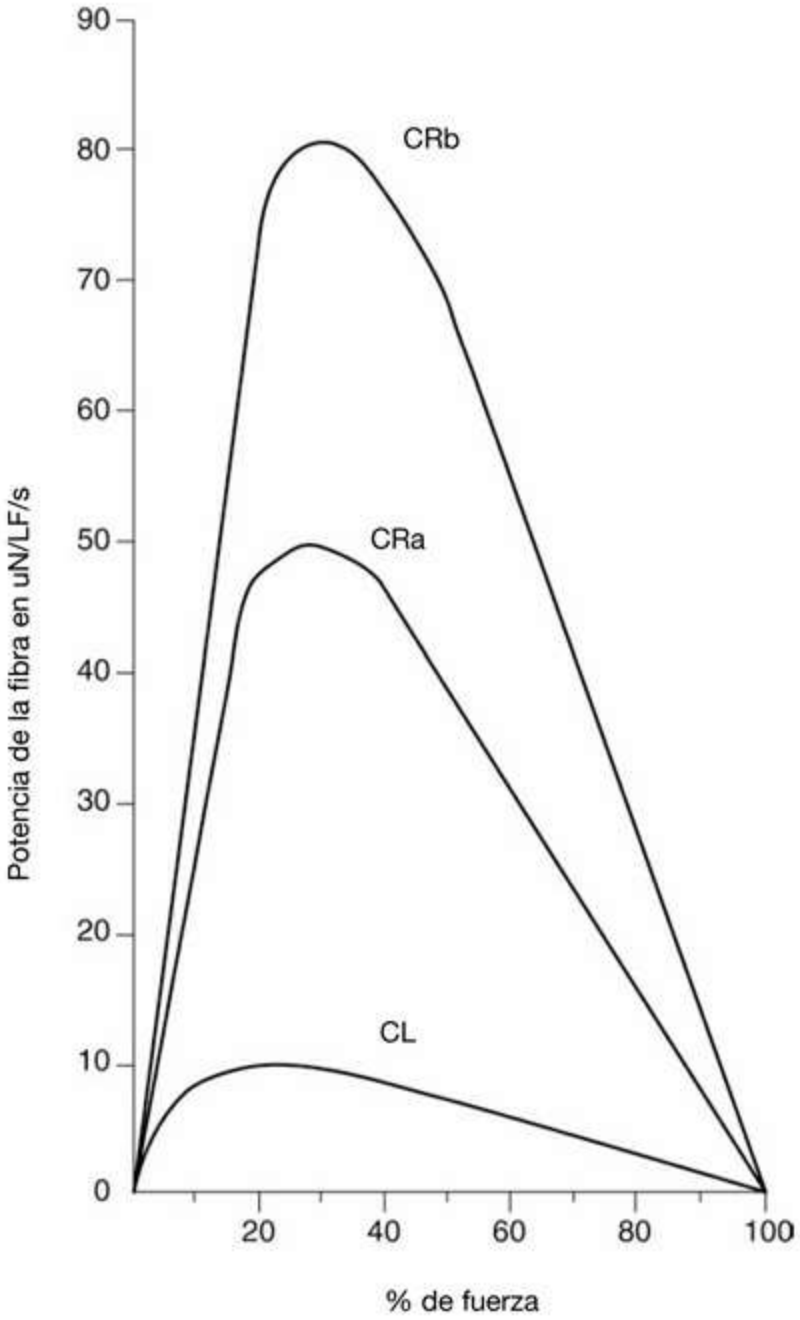


Figura 9.3. La producción de potencia en las fibras musculares CRb, CRa y CL. Las fibras CRb producen más potencia con todos los porcentajes de fuerza máxima porque se contraen

más rápidamente que las otras. Las fibras CRa representan el segundo tipo más potente, y la producción de potencia de las fibras musculares CL está muy por debajo de las categorías de contracción rápida.

Adaptada de Fitts y Widrick, 1996.

Tabla 9.1 Propiedades de las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta

PROPIEDAD	**CRa**	**CRb**	**CL**
Velocidad contráctil	Rápida	Rápida	Más lenta
Capacidad para el metabolismo anaeróbico	Mayor	Mayor	Menor
Capacidad para el metabolismo aeróbico	Menor	La menor	La mayor
Tamaño*	Mayor	Mayor	Más pequeño
Metabolismo aeróbico	Menor	El menor	El mayor
Potencia	Mayor	Mayor	Menor
Mitocondrias	Menor	Las que menos	Las que más
Capilares	Menor	Las que menos	Las que más
Actividad de las enzimas anaeróbicas	Mayor	Mayor	Menor
Actividad de las enzimas aeróbicas	Menor	La menor	La mayor
Actividad de la ATPasa	Mayor	Mayor	Menor
Actividad de PCK	Mayor	Mayor	Menor
Contenido de glucógeno	Ninguna diferencia		
Contenido de ATP	Ninguna diferencia		
Contenido de CP	Mayor	Mayor	Menor
Contenido de grasas	Menor	Menor	Mayor
Contenido de proteínas	Mayor	Mayor	Menor
Contenido de mioglobina	Menor	El menor	El mayor
Contenido de calcio	Mayor	Mayor	El menor
Capacidad de amortiguación	Mayor	Mayor	La menor

* Las fibras CR son más grandes en las personas normales. Esta relación puede cambiar fácilmente con el entrenamiento. Los deportistas de resistencia bien entrenados normalmente tienen fibras CL más grandes, mientras que las fibras CR de deportistas entrenados en velocidad y potencia son aún más grandes que las que se encuentran en la población general.

La razón de la producción de potencia pico para las fibras musculares CRb, CRa y CL es 10:5:1. El gráfico presentado en la figura 9.3 muestra la diferencia en la producción de potencia pico de las fibras musculares de contracción lenta, las CRa y las CRb. El gráfico muestra la potencia pico que cada tipo de fibra muscular puede producir con porcentajes diferentes de su fuerza contráctil máxima.

Los tipos de fibras y la habilidad deportiva

Los músculos de la mayoría de los seres humanos contienen aproximadamente cantidades iguales de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta. Dentro del grupo de fibras de contracción rápida, aproximadamente el 33% de las fibras se clasifican como CRa, el 14% como CRb y el restante 3% como CRc (Saltin *et al.*, 1977). Sin embargo, algunas personas tienen músculos que contienen un número mucho mayor de un tipo de fibras que otro. Por ejemplo, Costill (1978) afirmó que el porcentaje de fibras musculares de contracción lenta en el músculo deltoides puede ser tan alto como el 80% en algunos nadadores y tan bajo como el 20% en otros. Los músculos tanto de hombres como de mujeres pueden contener proporciones extremas de fibras musculares de contracción rápida o de contracción lenta.

La gente ha especulado que el potencial de un deportista para un rendimiento de velocidad o de resistencia sea determinado por el tipo de fibra predominante que contienen sus músculos. Los deportistas con un porcentaje inusualmente alto de fibras musculares de contracción rápida tienen un mayor potencial para el éxito en las pruebas de velocidad porque tienen más fibras que pueden contraerse rápidamente y con gran fuerza. Pero estos deportistas tienen una desventaja en las pruebas de resistencia. Sólo tienen un pequeño número de fibras de contracción lenta y, por lo tanto, tienen una habilidad reducida para proporcionar la energía de forma aeróbica. Por consiguiente, tenderán a fatigarse antes a causa de la acumulación de ácido láctico en sus músculos.

Lo contrario ocurre con los deportistas con un porcentaje inusualmente alto de fibras musculares de contracción lenta. Tienen una ventaja en las pruebas de resistencia, pero están mal equipados para las de velocidad porque tienen menos fibras que pueden proporcionar grandes cantidades de energía de forma rápida.

A pesar de la ventaja evidente que una preponderancia de fibras musculares de contracción lenta o de contracción rápida proporciona para las

pruebas de resistencia o de velocidad respectivamente, las investigaciones no han encontrado una relación alta entre cualquiera de los dos tipos de fibras en los músculos de los nadadores y su rendimiento en pruebas de una cierta distancia (Campbell, Bonen, Kirby y Belcastro, 1979; Komi y Karlsson, 1978). En otras palabras, los nadadores con un alto porcentaje de fibras musculares de contracción rápida no son siempre los nadadores de velocidad más rápidos, ni los nadadores con un alto porcentaje de fibras musculares de contracción lenta son siempre los fondistas más veloces. Esta circunstancia se debe probablemente a que la variedad de las distancias competitivas permite a los nadadores con porcentajes de tipos de fibras menos favorables superar su desventaja mediante factores tales como el entrenamiento, la mecánica de la brazada y la habilidad para las pruebas. La diferencia entre las pruebas de velocidad y las de resistencia no es tan extrema en la natación comparada con otros deportes, especialmente el atletismo. Nuestra prueba más corta, los 50 m estilo libre, requiere 19-25 s para nuestros nadadores masculinos o femeninos más veloces, mientras que los atletas corren la prueba de las 60 yardas en 5-6 s. Igualmente, nuestra prueba más larga, los 1.500 m estilo libre requiere 14-18 min, mientras que en el maratón en atletismo se necesitan varias horas para terminar.

De hecho, puede que un gran porcentaje de las fibras musculares de contracción rápida sea necesario para tener éxito en las pruebas de natación de 50 m. Sin embargo, en todas las demás pruebas los nadadores necesitan tanto velocidad como resistencia. Por lo tanto, los competidores tienen una necesidad casi igual de los dos tipos principales de fibras musculares. Se podría argumentar que los nadadores en las pruebas de 100 y 200 m quizá tienen una ventaja si poseen un alto porcentaje de fibras musculares de contracción rápida, al igual que los nadadores de los 1.500 m con un alto porcentaje de fibras musculares de contracción lenta pueden tener una ligera ventaja. Sin embargo, estas ventajas son tan ligeras que un deportista puede fácilmente superarlas con los factores antes mencionados. Algunas personas han sugerido que los nadadores deben someterse a una biopsia muscular para determinar qué pruebas les convienen más, pero no hay ninguna necesidad de realizar tal procedimiento.

El reclutamiento de las fibras musculares CR y CL durante el ejercicio

Una concepción común pero errónea es que las fibras de contracción lenta se contraen cuando los deportistas nadan despacio y que las fibras de contracción rápida se contraen cuando nadan de prisa. Los diferentes tipos de fibras se contraen según la fuerza muscular requerida para producir un movimiento, no la velocidad del mismo. Las fibras de contracción lenta son las primeras en contraerse, y realizan la mayor parte del trabajo para el músculo cuando la carga es ligera sea cual sea la velocidad del movimiento. Cuando aumenta la carga, se contraerán tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida para superarla, sea el movimiento lento o rápido.

Por consiguiente, las fibras musculares de contracción lenta hacen la mayor parte del trabajo cuando los nadadores nadan despacio porque no necesitan aplicar mucha fuerza contra el agua a estas velocidades. Sin embargo, ambos tipos de fibras se contraen durante la natación más rápida, cuando la demanda de fuerza es mayor. La manera en que el sistema nervioso determina si debe reclutar sólo las fibras musculares de contracción lenta o tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida es muy interesante.

Las unidades motrices contienen sólo fibras musculares de tipo CRa, o sólo fibras musculares de tipo CRb, o sólo fibras musculares de contracción lenta. El nervio que sirve a una unidad motriz particular determina qué tipo de fibra contiene. Los nervios motores que sirven a las unidades motrices de contracción lenta tienen cuerpos celulares pequeños y un pequeño número de fibras musculares, entre 10 y 180 por unidad motriz. Las unidades motrices de contracción rápida tienen grandes nervios motores y más fibras, de 300 a 800 fibras musculares por unidad motriz. Lo que sorprende es que la fuerza de la contracción es similar tanto para las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida. La diferencia en la fuerza generada por las unidades de contracción rápida y las de contracción lenta se debe al número de fibras

musculares contenidas en estas unidades, no a la fuerza generada por las fibras musculares individuales.

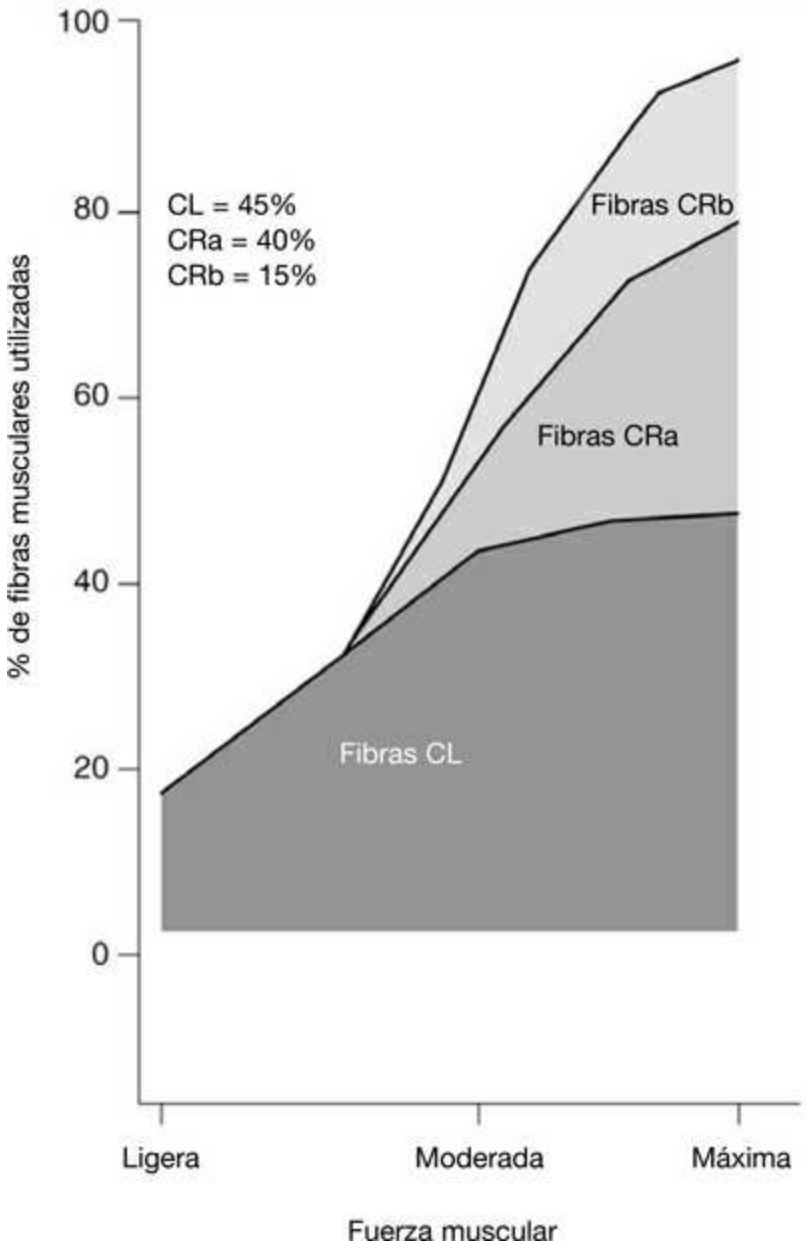


Figura 9.4. El efecto rampa del reclutamiento de las fibras musculares.

Adaptada de Wilmore y Costill, 1999.

El sistema nervioso central estimulará el tipo y el número de unidades motrices apropiados para la cantidad de fuerza requerida para nadar a una velocidad particular. Si la velocidad requiere una pequeña cantidad de fuerza, la frecuencia de los impulsos del sistema nervioso central será más baja y sólo un pequeño número de unidades motrices será estimulado para contraerse en cualquier momento dado. Cuando aumenta el ritmo y, por tanto, la necesidad de fuerza, la frecuencia de la estimulación de los nervios también aumentará de manera que estarán contrayéndose más unidades de contracción lenta. Cuando esta frecuencia llega a un punto crítico, las unidades motrices CRa también serán estimuladas para contraerse. Si la frecuencia sigue aumentando, ocurrirá una contracción de las unidades motrices CRb. El patrón de reclutamiento de las fibras musculares durante el ejercicio se ilustra en la figura 9.4, que muestra el así llamado *efecto rampa* de la contracción muscular. Como se indica, sólo se contraen las unidades de contracción lenta cuando la fuerza requerida es de ligera a moderada. Cada vez más unidades se contraen al llegar la fuerza al máximo. Las unidades motrices de contracción rápida no empiezan a contraerse hasta que la fuerza llegue a moderada. El número de unidades motrices de contracción rápida que se están contrayendo también aumenta al subir la demanda de fuerza. Dentro del grupo de las fibras de contracción rápida, las fibras musculares CRa llevan la mayor parte de la carga hasta que el nivel de fuerza requerido llegue cerca del máximo. Entonces entran a su vez las fibras CRb. Todos los tipos de fibras (pero no todas las unidades motrices) estarán contrayéndose cuando se ejerce la fuerza máxima.

Los investigadores han utilizado biopsias de los músculos para determinar la cantidad de glucógeno perdida de cada tipo de fibra antes y después de ejercicios de diferentes intensidades. El tipo de fibra que ha perdido más de su glucógeno será el que ha proporcionado la mayor parte de la energía durante el esfuerzo del entrenamiento. Los resultados de estos estudios normalmente apoyan el concepto del efecto rampa del reclutamiento de las fibras musculares. Pueden proporcionar una perspectiva adicional sobre la manera en que los nadadores utilizan sus fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta en el entrenamiento y la competición.

El diagrama de barras en la figura 9.5 sacada de un estudio de Houston (1978) muestra el patrón del agotamiento del glucógeno durante días alternos

de entrenamiento de natación de intensidad alta y baja. El día de intensidad baja, los nadadores realizaron 6,1 km a estilo libre a un ritmo moderado. Las distancias de las repeticiones variaban de 50 a 400 m con descansos cortos. El día de intensidad alta, los nadadores realizaron un calentamiento de cinco repeticiones de 200 m con una intensidad baja. Luego nadaron 1,5 km, con repeticiones de 25 m a 100 m a velocidad casi máxima, utilizando el estilo completo y sólo piernas.

Como era de esperar, las pruebas de agotamiento del glucógeno mostraron que tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida se utilizaron en ambos días de entrenamiento. Sin embargo, más fibras de contracción lenta habían agotado o parcialmente agotado su glucógeno el día de intensidad baja, mientras que las fibras musculares tanto de contracción lenta como de contracción rápida habían igualmente agotado su glucógeno durante el día de intensidad alta.

Obsérvese también que las fibras de contracción rápida perdieron más de su glucógeno el día de entrenamiento de intensidad alta. Cuando se usan ambos tipos de fibra muscular, las fibras musculares de contracción rápida agotan su glucógeno más rápidamente porque lo metabolizan con más velocidad. Los resultados de este estudio sugieren que las fibras musculares de contracción rápida agotan su glucógeno primero durante esfuerzos prolongados de más del 70% del máximo. Las fibras musculares de contracción lenta pierden su glucógeno primero durante la natación más lenta.

Los investigadores creen que tanto las unidades motrices de contracción lenta como las CRa en los seres humanos se reclutan para las velocidades de natación que demandan más del 80-85% de la capacidad máxima del nadador para consumir oxígeno (Henriksson, 1992). Esta velocidad es aproximadamente equivalente a nadar entre el 70% y el 75% del esfuerzo máximo. Las fibras musculares CRb no se reclutan en grandes cantidades hasta que los deportistas estén nadando más rápido que las velocidades que producen el consumo máximo de oxígeno.

Es importante conocer la intensidad de trabajo a la que se reclutan los diferentes subtipos de fibras musculares de contracción rápida para el proceso

de entrenamiento porque nos dice a qué velocidad los nadadores tienen que nadar para mejorar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida. Estudios de Harms y Hickson (1983) y de Dudley, Abraham y Terjung (1982) proporcionan algunas perspectivas acerca de este tema. Ambos estudios utilizaron ratas como sujetos en lugar de seres humanos.

Si los seres humanos reclutan sus fibras musculares de forma similar a la manera en que lo hacen las ratas, y tenemos buenas razones para creer que éste es el caso, estos estudios proporcionan una perspectiva importante acerca de las velocidades de entrenamiento que mejorarán la capacidad aeróbica de cada tipo de fibra muscular. Para resumir, los estudios con ratas, si son aplicables a los seres humanos, indican que se reclutan tanto las fibras de contracción lenta como algunas CRa con velocidades de entrenamiento de más del 50% del $\dot{V}O_2$máx. Los deportistas pueden mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta más eficazmente con una velocidad de natación de lenta a moderada. Las velocidades mayores pueden, de hecho, reducir el efecto del entrenamiento. Se necesitan probablemente intensidades de entre el 85% y el 100% del $\dot{V}O_2$máx (consumo máximo de oxígeno) para conseguir el reclutamiento máximo de las fibras musculares CRa y mejorar su capacidad aeróbica. Se requieren probablemente intensidades que correspondan al $\dot{V}O_2$máx o más para producir mejoras máximas en la capacidad aeróbica de las fibras CRb en los seres humanos.

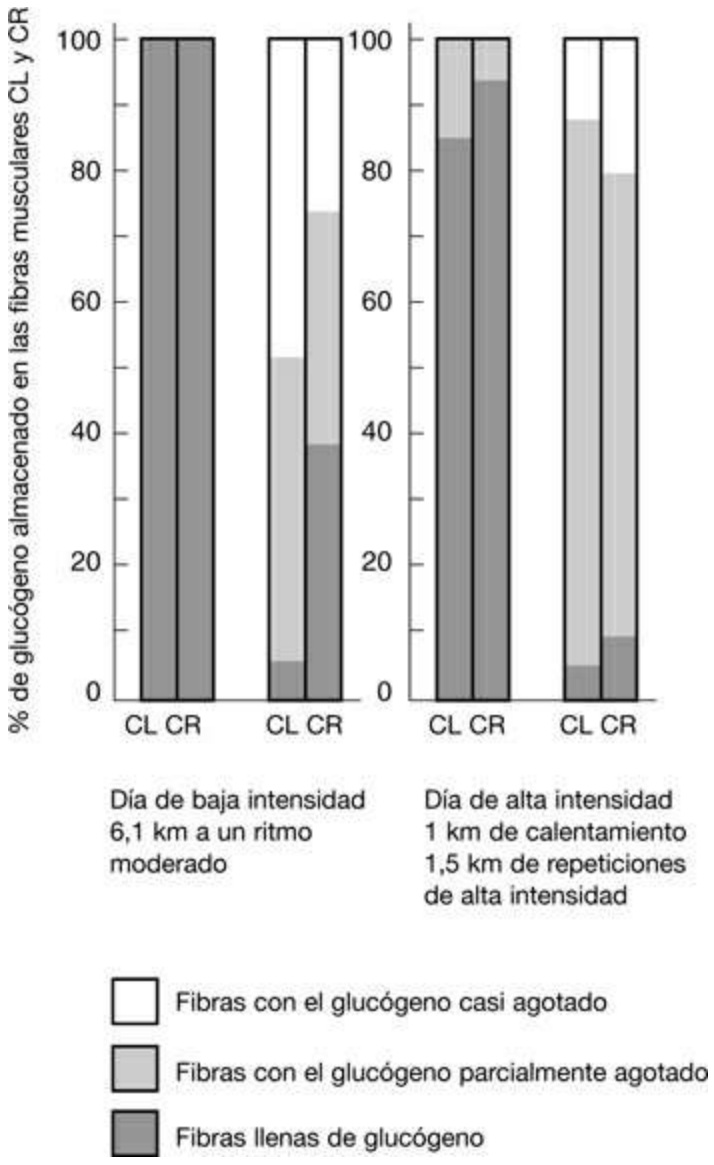


Figura 9.5. Los efectos de la natación de velocidad y de resistencia en la utilización del glucógeno muscular en las fibras musculares CL y CR.

Adaptada de Houston, 1978.

La fuerza no es el único factor que determina cómo se reclutan las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta durante el ejercicio. Otro aspecto interesante es la forma en que un tipo de fibra muscular ayudará a otro cuando llega la fatiga. Durante largos períodos de entrenamiento

estable a velocidad lenta, las fibras de contracción lenta se fatigarán gradualmente, y se reclutarán más fibras de contracción rápida para mantener la velocidad. Por lo tanto, un nadador podría mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida simplemente nadando durante largos períodos de tiempo a velocidades lentas.

¿Se pueden convertir las fibras CR en fibras CL?

La creencia general, pero no universal, de la comunidad científica es que no se pueden cambiar los porcentajes de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta con el entrenamiento (MacDougall *et al.*, 1980). Sin embargo, el entrenamiento de la velocidad puede aumentar la velocidad de contracción y la potencia de las fibras de contracción lenta, y el entrenamiento de la resistencia puede aumentar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida. Al mismo tiempo, los expertos creen que una fibra muscular de contracción lenta nunca se contraerá tan rápidamente ni producirá tanta potencia como una fibra muscular de contracción rápida entrenada en velocidad. De igual manera, una fibra muscular de contracción rápida entrenada para la resistencia nunca poseerá la capacidad de resistencia de una fibra muscular de contracción lenta entrenada para la resistencia.

Probablemente, el entrenamiento no cambia las proporciones de las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta, pero las proporciones de las fibras musculares CRa y CRb sí cambian. El entrenamiento reduce el número de fibras musculares CRb y aumenta el número de fibras CRa. Se cree que el entrenamiento aumenta la cantidad de hemoglobina, el número de mitocondrias y la concentración de las enzimas aeróbicas en las fibras musculares CRb de manera que se convierten en fibras CRa, o por lo menos funcionan como ellas (Saltin *et al.*, 1977).

Algunos estudios recientes sugieren que las fibras musculares CRc pueden ser el vehículo por el que se convierten las fibras CRb en fibras CRa

(Bottinelli *et al.,* 1994). En un estudio se encontró que los músculos de personas entrenadas contenían pocas fibras CRb. Al mismo tiempo, el porcentaje de las fibras CRc aumentó proporcionalmente a la disminución de las fibras CRb (Fitts y Widrick, 1996).

El entrenamiento de resistencia, el entrenamiento de velocidad y el entrenamiento con pesas parecen aumentar el número de fibras musculares CRa en los seres humanos mientras que disminuye el número de fibras CRb. Este cambio tendría un efecto positivo en los nadadores de medio fondo y de fondo. Su resistencia debería mejorar aumentando la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb simplemente porque estas fibras tienen el mayor potencial para mejorar. Como indiqué anteriormente, se debe mejorar más eficazmente la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb nadando series de repeticiones de resistencia a una intensidad alta porque se requieren velocidades altas para activar dichas fibras. Al mismo tiempo, puede que los nadadores también mejoren su capacidad aeróbica nadando un alto kilometraje a una intensidad de baja a moderada. Sin embargo, este método tardará considerablemente más tiempo, y el enfoque puede no ser tan seguro ya que se necesitaría una hora o más para agotar la energía de las fibras de contracción lenta y de las CRa antes de reclutar las CRb.

El otro aspecto de esta historia es pertinente para los velocistas. Un entrenamiento que aumente la resistencia de las fibras musculares de contracción rápida, particularmente las CRb, también puede reducir su velocidad de reacción y su potencia. Fitts, Costill y Gardetto (1989) encontraron una pérdida de velocidad de contracción en las fibras musculares de contracción rápida después de sólo 10 días de entrenamiento de resistencia. Además, varios estudios sugieren que el entrenamiento de resistencia reduce la actividad de ciertas enzimas que controlan las tasas del metabolismo anaeróbico (Sjodin, 1976). El efecto de una disminución de la actividad de estas enzimas sería el de reducir la tasa de liberación de energía anaeróbica en las fibras musculares de contracción rápida, que a su vez impediría a los deportistas generar velocidades rápidas en distancias cortas.

El tema de si el entrenamiento de velocidad puede mejorar la velocidad de contracción de las fibras musculares de contracción lenta sigue sin decidirse. Tanto el entrenamiento de la resistencia como el de la velocidad parecen

aumentar el ritmo de contracción de las fibras de contracción lenta, por lo menos inicialmente. La evidencia sugiere que largos períodos de entrenamiento de la resistencia podrían invertir el proceso y reducir la velocidad de contracción de las fibras musculares de contracción lenta. Fitts y Widrick (1996) indicaron que el entrenamiento continuado de la resistencia produjo una mejora inicial de la velocidad de contracción de las fibras musculares de contracción lenta, seguida de una reducción de la velocidad de la misma.

El sistema circulatorio

La función del sistema circulatorio es transportar la sangre por todo el cuerpo. Esta función es importan-te porque la sangre lleva oxígeno, glucosa y otros nutrientes a los tejidos, y se lleva el ácido láctico, los hidrogeniones y el dióxido de carbono. Por lo tanto, la circulación es un sistema de reparto de las sustancias que los deportistas necesitan en sus músculos para continuar haciendo ejercicio y el sistema de recogida de las sustancias que causarían fatiga si se quedasen en los músculos.

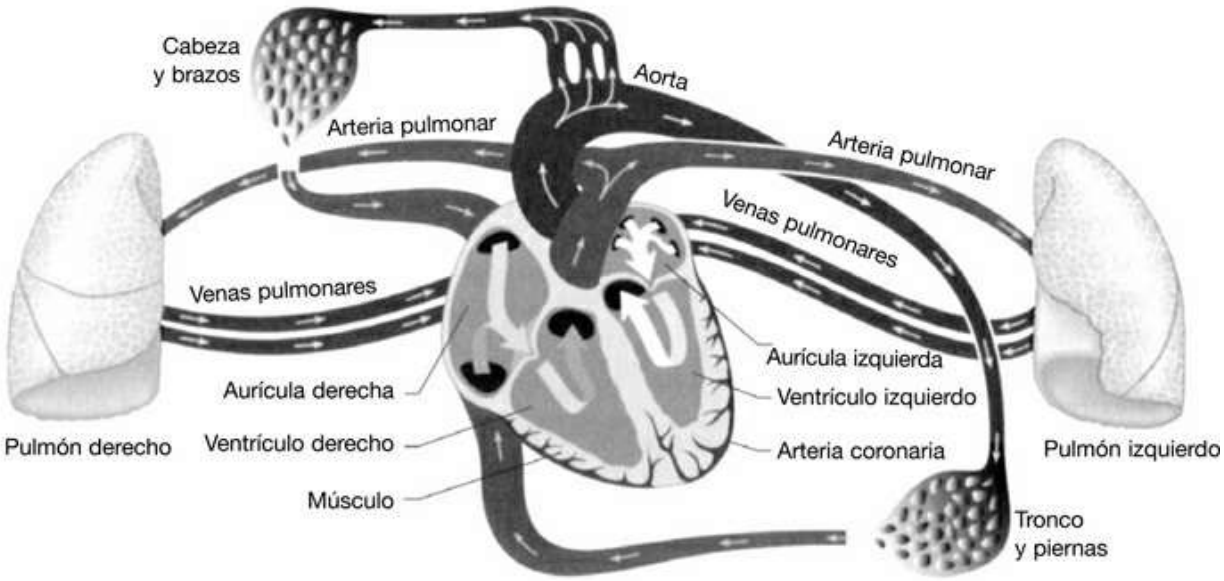


Figura 9.6. La anatomía del corazón y del sistema circulatorio

Reimpresa de Jackson *et al.,* 1999.

El sistema circulatorio es esencialmente como el sistema de filtración de una piscina. La piscina es como los tejidos del cuerpo, principalmente los músculos. El corazón es la bomba. Las arterias y las venas son los tubos que entran y salen de la piscina respectivamente. La sangre es como el agua que es bombeada a la piscina después de ser limpiada y luego retirada de la piscina para ser limpiada de nuevo. Se muestra un dibujo del sistema circulatorio en la figura 9.6.

El lado izquierdo del corazón bombea la sangre hacia los músculos y otros tejidos del cuerpo a través de las *arterias* y las *arteriolas*. Las arterias y las arteriolas son como series de tubos con ramificaciones que se vuelven cada vez más pequeños en diámetro hasta que llegan a su destino en los tejidos. Las arterias son ramificaciones grandes y las arteriolas son los vasos pequeños que salen de ellas. Las arteriolas terminan en *capilares* que son los vasos más pequeños. Los capilares rodean las fibras musculares individuales.

La sangre lleva oxígeno, glucosa y otras sustancias a los capilares. En este momento, la sangre está muy próxima a los músculos, y algunas de estas sustancias difunden desde los capilares a las fibras musculares que rodean. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono, el lactato y los hidrogeniones producidos en los músculos durante el ejercicio difunden y son transportados dentro de los capilares. La sangre luego deja los tejidos a través de los mismos capilares y se desplaza por otra serie de tubos cada vez más grandes, llamados *vénulas* y *venas*, de vuelta al lado derecho del corazón. Desde allí, el corazón bombea la sangre hacia los pulmones a través de las arterias y arteriolas pulmonares, hasta los capilares pulmonares que rodean pequeñas bolsas en los pulmones llamadas *alveolos*. El dióxido de carbono difunde de la sangre a los alveolos cuando llega a los pulmones, desde donde es espirado. Al mismo tiempo, el oxígeno inspirado dentro de los pulmones difunde a los capilares, y la sangre lo transporta de vuelta al lado izquierdo del corazón a través de las vénulas y las venas. Una vez que llegue al corazón, la sangre es bombeada hacia los músculos, y el proceso vuelve a empezar.

El ácido láctico recogido de los músculos será repartido en varios lugares al desplazarse la sangre de vuelta al corazón. Una parte será repartida a otras fibras musculares y al hígado, donde será convertido otra vez en glucógeno para ser utilizado más tarde como fuente de energía. Una parte del resto será recogida por los músculos del corazón y utilizada como combustible o convertida en glucógeno y almacenada para un uso futuro.

Las características más importantes del sistema circulatorio para repartir la sangre a los tejidos y luego recogerla durante el ejercicio son la frecuencia cardíaca, el volumen sistólico y el gasto cardíaco. Las secciones siguientes presentan cada uno de estos temas en detalle.

La frecuencia cardíaca

El número de veces que tu corazón se contrae durante cada minuto es tu frecuencia cardíaca. De hecho, tanto el lado derecho como el izquierdo de tu

corazón (los ventrículos) se contraen simultáneamente, pero estas dos contracciones cuentan como un latido. El ventrículo izquierdo del corazón se llena de sangre de los pulmones durante su período de descanso entre los latidos. Cuando el corazón late, bombea esta sangre, con su oxígeno y nutrientes, hacia los músculos. El ventrículo derecho se llena de la sangre que vuelve de los músculos durante el período de descanso y luego bombea esta sangre, con su dióxido de carbono, a los pulmones.

Las frecuencias cardíacas de reposo están alrededor de 60 a 80 latidos por minuto (lpm) para la mayoría de las personas no entrenadas. Las frecuencias cardíacas de reposo de los deportistas entrenados tienden a ser considerablemente menores, a menudo entre 30 y 50 latidos por minuto, porque la frecuencia cardíaca de reposo se reduce con el entrenamiento. Los músculos cardíacos del corazón se hacen más grandes y más fuertes con el entrenamiento y pueden bombear más sangre con cada latido. Por consiguiente, el corazón requiere menos latidos para proporcionar la cantidad normal de sangre que el deportista necesita en reposo.

Para ser preciso, se debe contar la frecuencia cardíaca en reposo durante 60 segundos. Puedes contar palpando la arteria carótida en el cuello o la arteria radial en la muñeca, o puedes contar los latidos con la mano encima del corazón.

Cada uno de nosotros también tiene una frecuencia cardíaca máxima, que es el número máximo de veces que nuestro corazón latirá cada minuto. Esta frecuencia normalmente está entre 180 y 220 lpm. La herencia probablemente determina la frecuencia cardíaca máxima de un individuo, y el entrenamiento aporta pocos cambios.

La frecuencia cardíaca máxima se reduce con la edad, mostrando una reducción ligera pero estable de un latido por año empezando a la edad de 10 a 15 años. Una regla aproximada para estimar la frecuencia cardíaca máxima es restar la edad de 220. Este método da una estimación aproximada. El rango de frecuencias cardíacas máximas realmente varía considerablemente entre las personas cuando envejecen. Por ejemplo, según la fórmula, la frecuencia cardíaca máxima a la edad de 40 años debe ser 180. Sin embargo, la frecuencia cardíaca máxima entre personas de 40 años varía entre 156 y 204

lpm (Wilmore y Costill, 1999). Por lo tanto, las estimaciones de la frecuencia cardíaca máxima no son lo bastante precisas para utilizarlas en el entrenamiento de nadadores. Cuando se utiliza para hacer un seguimiento del entrenamiento, se debe determinar la frecuencia cardíaca máxima de forma experimental para cada persona.

Una manera de hacerlo es nadar una serie de repeticiones de 100 con un descanso corto (de 5 a 15 segundos). Empezarías a una velocidad que provoca una frecuencia cardíaca moderada y aumentarías tu velocidad en unos pocos segundos con cada repetición hasta que estuvieras nadando más rápidamente pero no experimentarías ningún aumento de la frecuencia cardíaca. Otro método es contar la frecuencia cardíaca durante varios esfuerzos máximos en el entrenamiento a lo largo de varios días. La frecuencia más alta que consigues es tu frecuencia cardíaca máxima. Para reducir la posibilidad de errores, debes haber alcanzado la misma frecuencia máxima varias veces durante el período de prueba. Una frecuencia máxima que logras sólo una vez puede no ser tu verdadera máxima.

Un contador de la frecuencia cardíaca comercializado, llamado pulsómetro, que calcula la frecuencia cardíaca máxima mediante el cálculo del tiempo entre latidos es más preciso que los recuentos que se realizan a lo largo de varios segundos. Este último método dará un resultado que es menor que el verdadero máximo. La frecuencia cardíaca de personas bien entrenadas empezará a reducirse inmediatamente después de que terminen el esfuerzo; por lo tanto, un recuento de la frecuencia cardíaca tomado durante 30 a 60 segundos después del ejercicio será sin duda más lento que la verdadera frecuencia máxima.

Si no se dispone de un pulsómetro para calcular la frecuencia cardíaca máxima, los deportistas deben contar la frecuencia cardíaca durante 10 s inmediatamente después de terminar el esfuerzo máximo. Este recuento tampoco será preciso. El error en esta medida podría ser tan grande como + 6 lpm porque se multiplica el recuento de los 10 s por 6 para conseguir el recuento por minuto. Este error probablemente seguirá siendo menor que el que puede ocurrir si se realiza un recuento durante 30 ó 60 s.

El volumen sistólico

La cantidad de sangre bombeada desde los ventrículos del corazón con cada latido se llama *volumen sistólico*. Un rango de valores normales en reposo es de entre 60 y 130 ml por latido. Estas cantidades pueden aumentar hasta entre 150 y 180 ml por latido durante el ejercicio. Estos valores se refieren sólo a la sangre que es bombeada por el ventrículo izquierdo. Una cantidad igual de sangre será bombeada simultáneamente por el ventrículo derecho.

El volumen sistólico aumenta con el entrenamiento de la resistencia. Muchos factores contribuyen al aumento, incluyendo la fuerza incrementada de las fibras musculares cardíacas, un aumento del tamaño del ventrículo y una disminución de la viscosidad de la sangre. El volumen sistólico de los deportistas es normalmente mayor después del entrenamiento que antes, lo que explica por qué tienen una menor frecuencia cardíaca en reposo. Pueden proporcionar la misma cantidad de sangre al cuerpo bombeando más sangre del corazón con cada latido; por lo tanto, su corazón no tiene que latir tan de prisa. Por las mismas razones, el entrenamiento también reducirá las frecuencias cardíacas de los deportistas de 10 a 15 lpm durante esfuerzos submáximos idénticos en la natación. El entrenamiento también aumentará el volumen sistólico máximo que los deportistas pueden alcanzar. Los valores máximos pueden estar en el rango de 120 a 140 ml por latido para la persona no entrenada, pero pueden aumentar hasta 160 ó 180 ml por latido después del entrenamiento.

El gasto cardíaco

La cantidad de sangre expulsada del corazón durante cada minuto se llama el *gasto cardíaco*. De nuevo, sólo consideramos la cantidad expulsada del ventrículo izquierdo cuando citamos valores de gasto cardíaco. El ventrículo derecho expulsará la misma cantidad de sangre al mismo tiempo.

Se calcula el gasto cardíaco multiplicando la frecuencia cardíaca por el volumen sistólico. El gasto cardíaco normal para una persona en reposo es de entre 5 y 6 l por minuto (l/min). El cuerpo de las mujeres y de los hombres contienen entre 4 y 6 l de sangre; por lo tanto, cada glóbulo rojo normalmente realiza un viaje de ida y vuelta desde los pulmones a los músculos en aproximadamente un minuto cuando el deportista está en reposo.

Los deportistas no entrenados pueden aumentar su gasto cardíaco al cuádruple durante el ejercicio, hasta aproximadamente 20 l/min. Lo logran aumentando su frecuencia cardíaca y el volumen sistólico durante el ejercicio. Los deportistas pueden aumentar su gasto cardíaco más aún que las personas no entrenadas porque el entrenamiento aumenta el volumen sistólico máximo. Durante el ejercicio máximo el gasto cardíaco del deportista será seis o siete veces el valor en reposo. Por consiguiente, cada glóbulo rojo puede viajar desde los pulmones hasta los músculos y de vuelta seis o siete veces por minuto en lugar de sólo una vez. Este mayor gasto cardíaco es importante porque aumenta la cantidad de oxígeno y glucosa sanguínea que la sangre puede repartir a los músculos durante cada minuto y la cantidad de dióxido de carbono y ácido láctico que puede recoger.

El gasto cardíaco en reposo no aumenta con el entrenamiento, pero el corazón se vuelve más eficaz en la forma en que bombea la sangre. Como se mencionó anteriormente, el volumen sistólico aumenta y la frecuencia cardíaca disminuye, de forma que cuando una persona está en reposo el corazón no tiene que trabajar tanto para expulsar los mismos 5 litros de sangre al cuerpo cada minuto.

El entrenamiento no aumenta el gasto cardíaco del deportista durante esfuerzos submáximos similares porque no hace falta. La demanda de oxígeno es la misma, sea una persona entrenada o no entrenada; por lo tanto, no hay necesidad de tener un mayor gasto cardíaco. El volumen sistólico del deportista aumentará durante los esfuerzos submáximos de forma que el corazón no tendrá que latir tan de prisa para proporcionar el mismo gasto cardíaco. Por esta razón, la frecuencia cardíaca de un deportista entrenado disminuye durante el ejercicio submáximo.

Los deportistas pueden aumentar su gasto car-díaco máximo con el

entrenamiento. Valores de gasto cardíaco máximo de 30 y 35 l/min no son inusuales para deportistas de resistencia entrenados. La casilla enumera gastos cardíacos máximos y de reposo típicos calculados para personas entrenadas y no entrenadas.

Valores de los gastos cardíacos típicos de personas entrenadas y no entrenadas

Gasto cardíaco de deportistas entrenados

En reposo:

40 lpm + 125 ml/l = 5.000 ml/min o 5 l/min Durante el ejercicio:

200 lpm + 150 ml/l = 30.000 ml/min o 30 l/min

Gasto cardíaco de personas no entrenadas

En reposo:

73 lpm + 70 ml/l = 5.100 ml/min o 5,1 l/min Durante el ejercicio:

200 lpm + 100 ml/l = 20.000 ml/min o 20 l/min

La relación entre la frecuencia cardíaca, el volumen sistólico y el gasto cardíaco de un deportista determina sobre todo la rapidez de la circulación de la sangre en el cuerpo. Otros aspectos de la función circulatoria también son importantes para la provisión de oxígeno y nutrientes y la recogida de dióxido de carbono y ácido láctico durante el ejercicio. Dichos factores son la cantidad de sangre en el cuerpo, el número de glóbulos rojos, el número de capilares alrededor de los músculos y los pulmones, y la diferencia en el contenido de oxígeno entre las arterias y las venas que están alrededor de las fibras musculares que trabajan. Además, la presión sanguínea y su distribución por el cuerpo desempeñan un papel importante durante el ejercicio. Por consiguiente, el estudiante del entrenamiento también debe estar familiarizado con estas funciones.

Los glóbulos rojos y el volumen sanguíneo

La sangre está formada por *plasma* (la parte líquida) y sustancias sólidas que incluyen los glóbulos rojos (*eritrocitos*), los glóbulos blancos (*leucocitos*) y las plaquetas (*trombocitos*). El plasma, que está compuesto principalmente por agua, representa del 55% al 60% del volumen total sanguíneo. Los glóbulos rojos, los glóbulos blancos y las plaquetas conforman el resto. Los glóbulos rojos representan con mucho la parte principal del material sólido de la sangre, con los glóbulos blancos y las plaquetas representando menos del 1% del total.

Los glóbulos rojos son importantes porque contienen *hemoglobina*, una sustancia proteínica que contiene hierro y que se une con el oxígeno y lo transporta en la sangre. El hierro de la hemoglobina, la parte *hemo*, combina con el oxígeno y lo transporta hasta que se libera a los distintos tejidos.

Un aumento de los glóbulos rojos incrementará la provisión de oxígeno a los músculos e intensificará la resistencia, mientras que una reducción de la concentración normal de hemoglobina en la sangre reducirá el consumo de oxígeno y disminuirá la resistencia. Una reducción de la hemoglobina provoca un trastorno llamado anemia.

La investigación ha sido contradictoria en cuanto a los efectos del entrenamiento sobre los glóbulos rojos. Algunos estudios no han encontrado un aumento, y otros han indicado sólo una pequeña mejora durante el entrenamiento al nivel del mar. El entrenamiento a varias alturas por encima del nivel del mar parece aumentar la hemoglobina más que entrenarse al nivel del mar.

Cuando aumenta el número de glóbulos rojos, el contenido de hemoglobina hace que la sangre se vuelva más densa (más viscosa) y más resistente a la circulación por el cuerpo. Un flujo sanguíneo más lento podría

concebiblemente reducir el ritmo del reparto de oxígeno y nutrientes durante el ejercicio. Por lo tanto, es beneficioso el hecho de que el líquido en la sangre tiende a aumentar relativamente más que la concentración de hemoglobina con el entrenamiento. El líquido adicional impide que la hemoglobina extra vuelva la sangre más densa para que se pueda mantener una circulación rápida. El entrenamiento de la resistencia puede aumentar el volumen sanguíneo en hasta un 10% (Wilmore y Costill, 1999).

Los capilares

El corazón envía la sangre a los músculos por medio de grandes arterias o tubos. Éstas se ramifican en grupos de arterias cada vez más pequeñas llamadas arteriolas. Las arteriolas se ramifican en unidades terminales incluso más pequeñas llamadas capilares. Estos capilares rodean los tejidos del cuerpo. Los que rodean las fibras musculares se llaman, por razones evidentes, *capilares musculares*. Llevan oxígeno muy cerca de los músculos donde puede difundirse a las fibras musculares y ser utilizado para el metabolismo aeróbico. Dichos capilares también recogen el dióxido de carbono y el ácido láctico producido en las células musculares y los llevan a otros lugares. Los capilares en los pulmones se llaman *capilares alveolares* porque rodean las pequeñas bolsas de aire, los alveolos, que son las extremidades de los tubos bronquiolos por los que el aire entra en los pulmones. El oxígeno se difunde de los alveolos a la sangre a través de los capilares para ser transportado de vuelta al corazón y luego a los tejidos del cuerpo. El dióxido de carbono se difunde de los capilares a los alveolos, de donde es expulsado.

El entrenamiento puede aumentar el número de capilares que rodean cada fibra muscular. Los capilares son bastante pequeños y admitirán sólo una molécula de una sustancia particular a la vez. Por lo tanto, un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares permitirá el reparto de más oxígeno y glucosa a los músculos y la recogida de más dióxido de carbono y ácido láctico durante cada minuto de ejercicio.

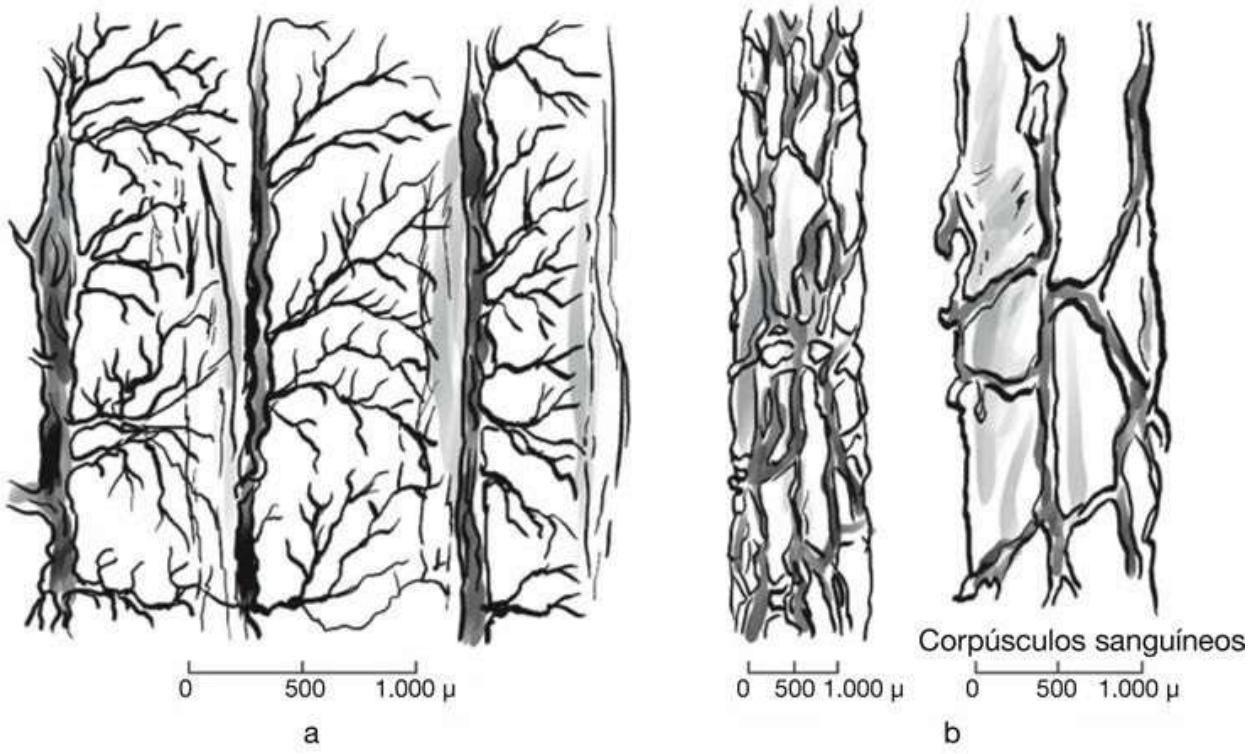


Figura 9.7. La distribución de los capilares alrededor de las fibras musculares.

Los capilares desempeñan un papel importante porque están próximos a las fibras musculares y porque desaceleran el flujo sanguíneo cuando pasa por los músculos. Su proximidad acorta la distancia entre la sangre y las fibras musculares, y la desaceleración de la sangre permite más tiempo para que el oxígeno y la glucosa se difundan de la sangre a los músculos y para que el dióxido de carbono y el ácido láctico se difundan de los músculos a la sangre. Ésta luego fluye de los capilares a las ramas más grandes llamadas vénulas y finalmente a los tubos muy grandes llamados venas, que vierten en el corazón.

Se ilustra la distribución de los capilares alrededor de los músculos en la figura 9.7. Las tres ilustraciones de la figura 9.7a muestran las arteriolas y las vénulas ramificándose de las arterias y venas comunes. Las dos ilustraciones de la parte b muestran la distribución de los capilares alrededor de las fibras musculares individuales, con la sangre entrando en los capilares en el lado arterial y dejándolos en el lado venoso.

El dibujo de la figura 9.8 de la estructura de un solo capilar ilustra cómo los capilares pueden hacerse más eficaces en el reparto del oxígeno y glucosa y la recogida de dióxido de carbono y ácido láctico durante el ejercicio. Un canal preferente rodea el capilar y sirve de paso directo entre la circulación arterial y venosa. Un sistema de varios tubos más pequeños llamados *capilares verdaderos* conecta los lados arterial y venoso. En el cuerpo en reposo, la sangre pasa normalmente por el canal de preferencia, pasando rápidamente por la fibra muscular y liberando sólo una pequeña parte de su oxígeno. Durante el ejercicio, un aumento de la presión sanguínea hará que la sangre fluya por los capilares verdaderos también. Esta circulación aproximará la sangre en una mayor área de la fibra muscular para que pueda difundirse más oxígeno a la fibra y más productos que producen fatiga puedan salir.

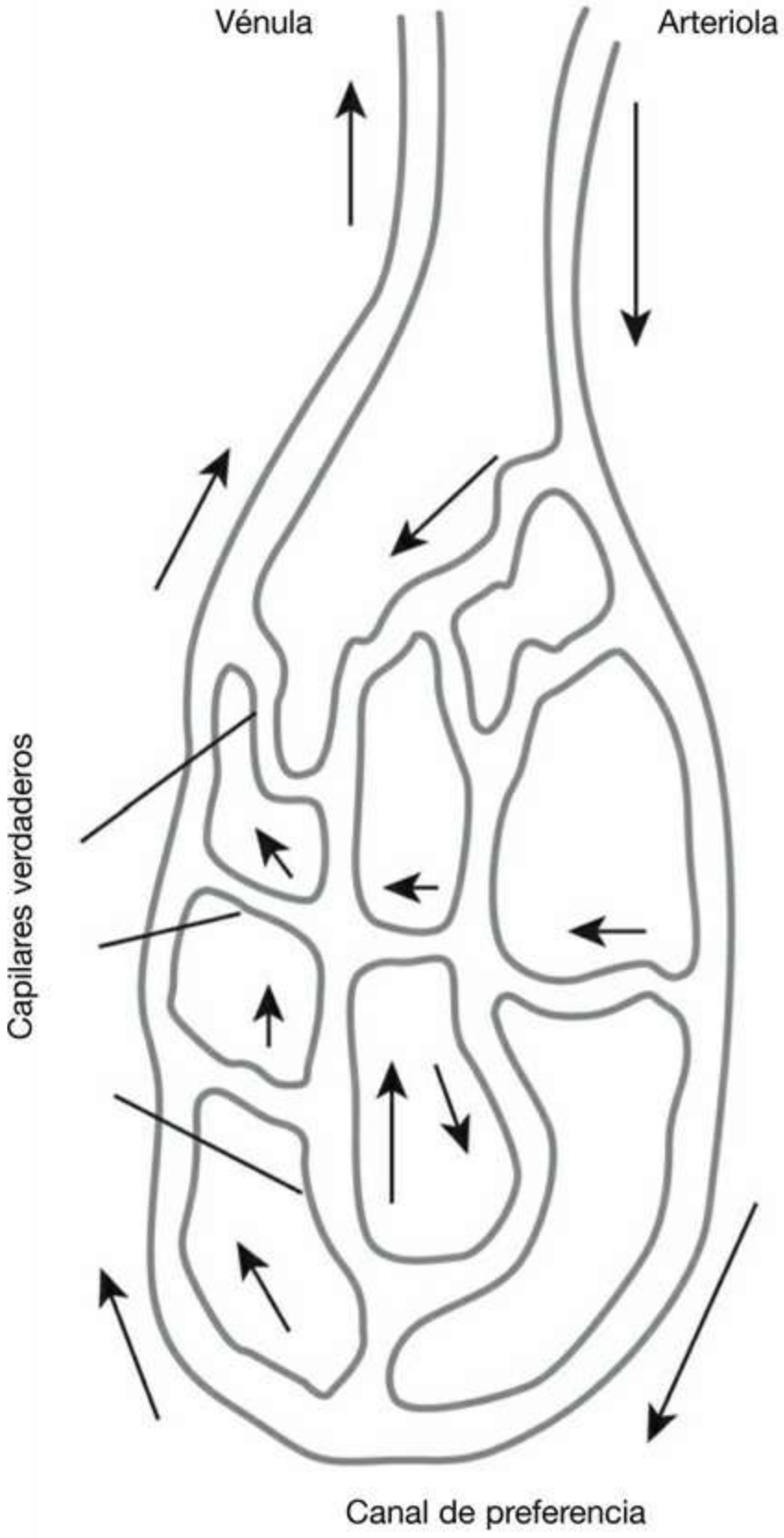

Vénula
Arteriola
Capilares verdaderos
Canal de preferencia

Figura 9.8. La estructura de los capilares alrededor de las fibras musculares.

El entrenamiento puede aumentar el número de capilares alrededor de las fibras musculares. Un gran número de capilares aumentará el área de difusión alrededor de la fibra muscular, permitiendo que recojan más oxígeno y eliminen más dióxido de carbono y ácido láctico.

La diferencia arteriovenosa de oxígeno

Como mencioné anteriormente, una parte del oxígeno de la sangre se difunde a las fibras musculares al pasar la sangre de las arteriolas a las vénulas a través de los capilares que rodean dichas fibras. La diferencia entre el contenido de oxígeno de las arteriolas y el contenido del mismo gas de las vénulas se llama, por razones obvias, la *diferencia arteriovenosa de oxígeno* (dif. a-vO_2). Esta medida nos dice cuánto oxígeno del distribuido a la fibra muscular fue captado por dicha fibra. La cantidad de oxígeno que está en la sangre arterial cuando deja el corazón es normalmente 20 ml de oxígeno por 100 ml de sangre en reposo. Esta sangre normalmente aporta entre 4 y 5 ml de ese oxígeno a los músculos mientras fluye por el cuerpo, de manera que la cantidad de oxígeno existente en la sangre venosa se reduce sólo ligeramente a 15 ó 16 ml por 100 ml de sangre en reposo. La gran cantidad de oxígeno que permanece en la sangre proporciona una *reserva* que los músculos pueden movilizar durante el ejercicio. Durante el ejercicio intenso pueden difundirse a los músculos hasta 15 ml del oxígeno por cada 100 ml de sangre arterial que llega a los capilares, dejando una concentración de sólo 5 ml de oxígeno en el lado venoso. Esto ocurre porque el ejercicio aumenta la utilización del oxígeno dentro de los músculos, que a su vez baja la presión de ese gas en los mismos de manera que existe un mayor diferencial de presión entre la sangre y estos músculos. Por lo tanto, se difunde más oxígeno de los capilares a los músculos al pasar la sangre por ellos.

El entrenamiento de la resistencia a corto plazo (55 días) puede aumentar

la cantidad de oxígeno aportado al músculo por la sangre en aproximadamente un 11%. En un estudio (Saltin, 1973), la cantidad de oxígeno utilizado durante el ejercicio intenso aumentó de 15 ml de oxígeno por 100 ml de sangre a 17 ml de oxígeno. La razón de esta mejora probablemente implica tanto un aumento de los capilares de los músculos como la redistribución de sangre adicional rica en oxígeno a los músculos activos. Las ilustraciones presentadas en la figura 9.9 muestran las diferencias a-vO_2en reposo y durante el ejercicio máximo antes y después del entrenamiento.

La redistribución de la sangre

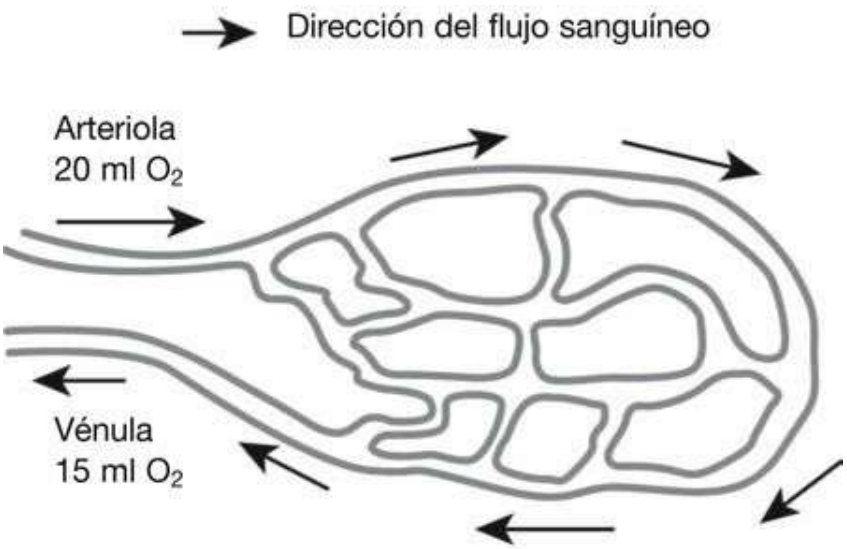
El cuerpo humano contiene entre 4 y 6 l de sangre. En reposo, el volumen sanguíneo total se distribuye por igual a todos los tejidos. Sin embargo, durante el ejercicio, una mayor cantidad de sangre será enviada a los músculos que trabajan mientras disminuye el riego de los músculos que no trabajan y el de otros tejidos. Por ejemplo, en reposo sólo del 15% al 20% del volumen sanguíneo total va a los músculos esqueléticos, mientras que durante el ejercicio esta cantidad aumenta al 85% o al 90% del total (Fox y Mathews, 1981). Este proceso, llamado *la redistribución de la sangre*, tiene el efecto de proporcionar más sangre donde se necesita para que mayor parte de su oxígeno y otros nutrientes puedan estar disponibles para los músculos que trabajan y puedan ser recogidos más productos que producen la fatiga.

La redistribución de la sangre ocurre porque las arterias que riegan los músculos que trabajan se dilatan (se agrandan) y las que sirven las zonas inactivas del cuerpo se constriñen (se contraen). Cuando esto ocurre, mayores cantidades de sangre fluyen por las arterias más grandes donde la presión y la resistencia al flujo son menores, mientras que menos sangre fluirá por las zonas restringidas. El entrenamiento puede mejorar la eficacia de la redistribución de la sangre.

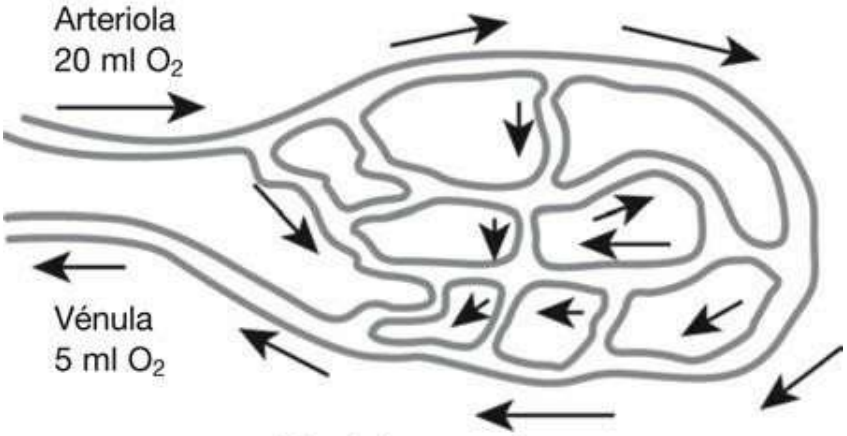
La presión sanguínea

Ninguna presentación del sistema circulatorio estaría completa sin una descripción de los efectos del ejercicio sobre la presión sanguínea. La sangre que fluye a través de los vasos ejerce una presión sobre las paredes de los mismos. Esta presión se mide por el número de milímetros de subida que la sangre causa en una columna de mercurio (Hg). Se necesitan dos medidas para identificar la fuerza del flujo sanguíneo: (1) la presión cuando el corazón late y (2) la presión cuando descansa entre los latidos. La presión en los vasos cuando late el corazón se llama *sistólica* porque el nombre científico del latido del corazón es sístole. La presión entre latidos se llama *diastólica* porque el período de descanso del corazón se llama *diástole*. Las presiones sistólica y diastólica típicas de la sangre son 120 y 80 mm Hg, respectivamente.

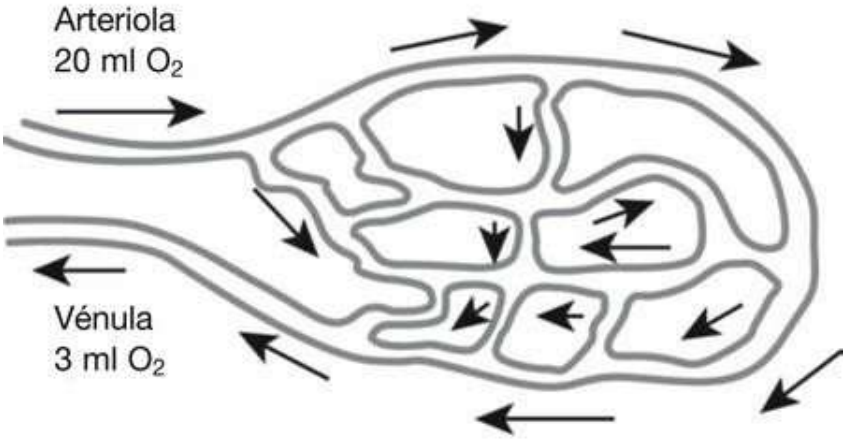
La presión sistólica de la sangre aumenta en proporción a la intensidad del trabajo porque hay una mayor cantidad de sangre presente en los vasos en cualquier momento dado. Esta cantidad de sangre podría aumentar a niveles que podrían causar la rotura de los vasos si no fuesen elásticos. Son capaces de estirarse al entrar más sangre para reducir la presión. No obstante, la presión sistólica aumentará a niveles por encima de 200 mm Hg cuando el trabajo es muy intenso. Sin embargo, este aumento en la presión es pequeño con relación al aumento del 500% al 700% del flujo sanguíneo que ocurre durante el esfuerzo máximo. La presión diastólica no aumenta tanto porque la cantidad de sangre que hay en los vasos disminuye un poco entre latidos. En condiciones normales la presión diastólica sólo aumenta a 100 ó 110 mm Hg durante el ejercicio.



En reposo



Ejercicio antes de entrenarse



Ejercicio después de entrenarse

Figura 9.9. La diferencia a-vO_2en reposo, durante el ejercicio antes de entrenarse y durante el ejercicio después de entrenarse.

El entrenamiento de la resistencia disminuye tanto la presión sistólica como la diastólica en 6 a 10 mm Hg en reposo y una cantidad similar durante el ejercicio submáximo. Esta reducción en la presión probablemente ocurre porque la elasticidad de los vasos sanguíneos aumenta a causa de la expansión y contracción constantes que se producen durante el entrenamiento.

A lo largo de los años, muchos investigadores han tratado de predecir el éxito deportivo y realizar un seguimiento de los efectos del ejercicio y del entrenamiento con mediciones de la presión sanguínea. Carlile (1963) afirmó que el entrenamiento de la natación causaba un aumento medio de 10 mm Hg en la presión sistólica en reposo y una disminución de 5 a 9 mm Hg en la presión diastólica en reposo. La razón del aumento de la presión sistólica fue difícil de interpretar, pero el autor creía que podría haber reflejado un volumen sistólico incrementado con cada latido que no guardaba proporción con la mayor elasticidad de los vasos sanguíneos. Por lo tanto, ocurría un aumento neto de la presión sanguínea cada vez que latía el corazón. Era más fácil comprender la disminución de la presión diastólica. La disminución probablemente reflejaba la mayor elasticidad de los vasos sanguíneos, que reducía la presión en ellos cuando el corazón no estaba latiendo. La mayoría de los aumentos de la presión sistólica y de las disminuciones de la presión diastólica tuvieron lugar durante las primeras 6 semanas del entrenamiento.

Otros expertos han sugerido que repentinas elevaciones sin aparente explicación en las presiones sistólica y diastólica pueden estar asociadas con el sobreentrenamiento (Costill, 1986). Estos aumentos pueden ser una señal de que la elasticidad de los vasos haya disminuido o no haya logrado ajustarse al nivel del flujo sanguíneo aumentado durante el ejercicio.

A pesar de estas observaciones, las medidas de la presión sanguínea no han sido particularmente fiables para medir la respuesta al ejercicio y al entrenamiento. Las respuestas de la presión sanguínea al ejercicio y al

entrenamiento parecen variar considerablemente de una persona a otra y, por lo tanto, no han sido indicadores particularmente fiables del rendimiento (Cureton, 1951; Costill, 1967).

El sistema respiratorio

Las dos funciones principales del sistema respiratorio son proporcionar el oxígeno al cuerpo y eliminar el dióxido de carbono. Este proceso hace posible la vida. No podríamos vivir más de unos pocos minutos sin oxígeno. Una función menos conocida pero igualmente importante de la respiración es regular el equilibrio ácido-base de la sangre.

El sistema respiratorio está formado por los pulmones y un conjunto de tubos ramificados que transportan el aire y el oxígeno desde fuera del cuerpo hasta la sangre circulante. Durante la inspiración, tomamos aire del exterior por la boca y la nariz, que pasa por la faringe o la garganta hasta los pulmones a través de dos tubos grandes llamados *bronquios*. Dentro de los pulmones, el aire se desplaza por un sistema aún más pequeño de tubos ramificados llamados *bronquiolos* hasta que llega a las pequeñas bolsas llamadas *alveolos*. Los capilares rodean los alveolos. La figura 9.10 ilustra la anatomía del sistema respiratorio.

La fase de la inspiración en la respiración nos permite tomar oxígeno como componente del aire que entra en nuestro cuerpo. Una parte de este oxígeno permanece en nuestro cuerpo cuando espiramos el aire. Con el aire que expulsamos durante la fase de espiración también expulsamos dióxido de carbono y un poco de vapor de agua que ha producido nuestro cuerpo.

Tomamos aire a través de la boca y de la nariz. Se desplaza por la faringe y a través de los bronquios, los bronquiolos y finalmente los alveolos, donde infla estas pequeñas bolsas elásticas. Desde allí, una parte del oxígeno en este aire se difunde desde los alveolos a la sangre circulante a través de los

capilares pulmonares. Al mismo tiempo, el dióxido de carbono producido en los músculos se difunde en dirección opuesta, es decir, sale de los capilares y entra en los alveolos. Luego el dióxido de carbono es transportado a través de los bronquiolos y finalmente espirado al aire desde la boca y la nariz.

El término para la cantidad de aire que es intercambiado con cada respiración es el *volumen corriente*. La cantidad de aire intercambiado por minuto se llama el *volumen minuto*. El volumen corriente medio es de entre 500 y 700 ml de aire por respiración, y respiramos de 12 a 15 veces por minuto. El volumen minuto medio es, por lo tanto, de 6 a 10 l de aire.

Con el entrenamiento, los deportistas tienden a adoptar un ritmo de respiración que proporciona el mayor volumen minuto con el menor esfuerzo respiratorio durante el ejercicio submáximo. Aprenden cómo ajustar la relación entre su ritmo respiratorio y el volumen corriente naturalmente durante el ejercicio y no requieren ningún entrenamiento especial que implique ejercicios de respiración profunda ni ejercicios de respiración restringida para lograr este propósito. Aprenden a respirar más lenta y profundamente durante el ejercicio pero no tan lenta y profundamente que aumentan innecesariamente el trabajo de la respiración. Los nadadores aprenden esta destreza particularmente bien porque tienen que regular su respiración para acoplarla a su ritmo de brazada.

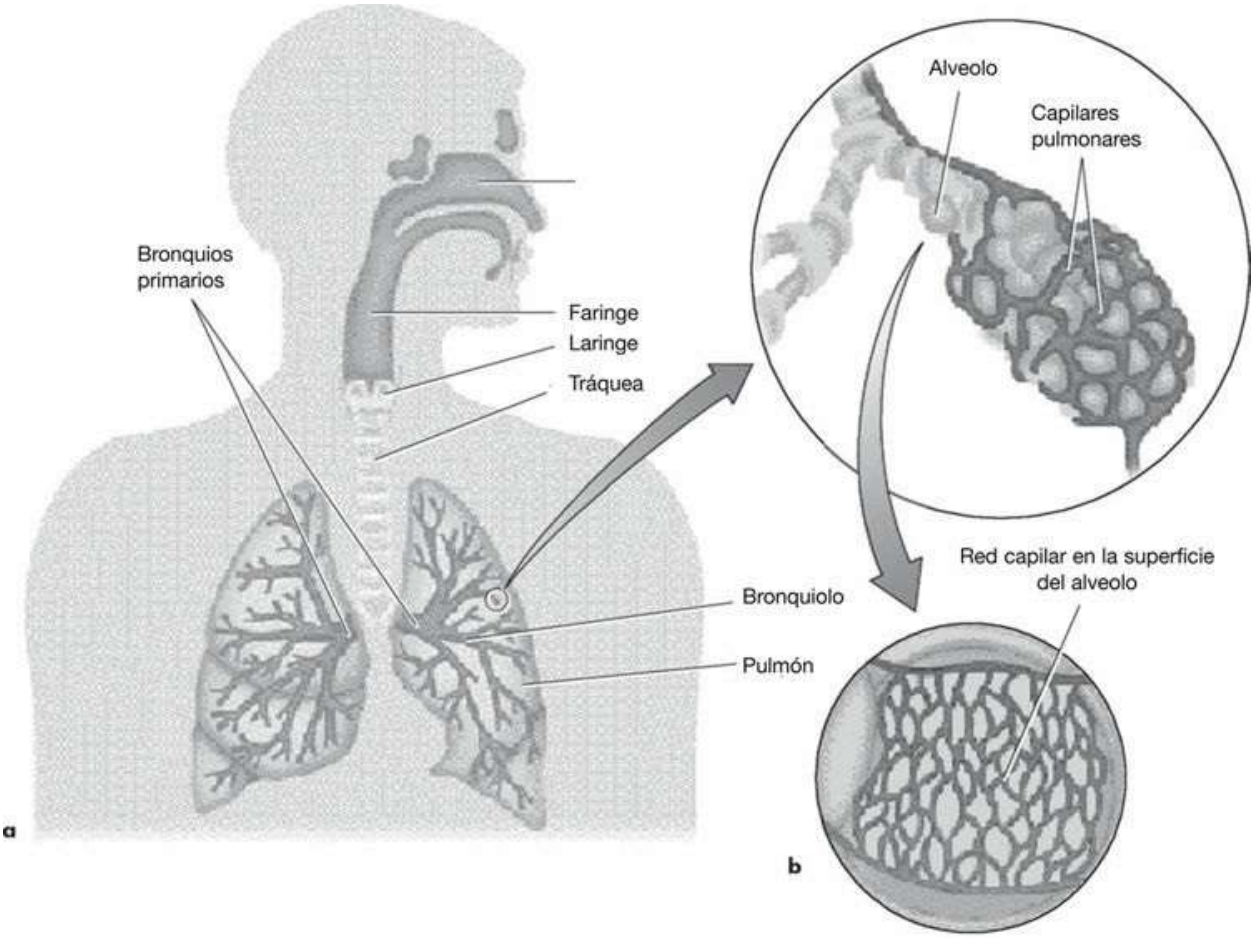


Figura 9.10. (a) La anatomía del sistema respiratorio. (b) Una vista ampliada del alveolo, que muestra las regiones del intercambio de gases entre el alveolo y la sangre pulmonar en los capilares.

Reimpresa de Wilmore y Costill, 1999

El aire que respiramos está formado por un 21% de oxígeno y un 79% de nitrógeno, con una cantidad mínima de dióxido de carbono (0,03%). En reposo, inspiramos y espiramos entre 7 y 9 l de aire durante cada minuto. Dado que el 21% de este aire es oxígeno, entran entre 1,5 y 1,9 l de oxígeno en nuestro cuerpo cada minuto. Sin embargo sólo extraemos entre 0,25 y 0,30 l de esta cantidad para ser utilizados en el cuerpo. Espiramos el resto con el dióxido de carbono que se difundió a los pulmones desde la sangre circulante.

El consumo de oxígeno y el rendimiento en la natación

El consumo de oxígeno se refiere a la cantidad de oxígeno utilizado durante el ejercicio. Esta cantidad es equivalente a la cantidad de oxígeno tomada durante el ejercicio menos la cantidad espirada. Normalmente se expresa el consumo de oxígeno por el número de litros o mililitros de oxígeno utilizados por el cuerpo durante cada minuto de ejercicio. Por ejemplo, si una persona inspira 10 l de oxígeno y espira 6 l en 1 minuto, el consumo de oxígeno sería 4 l por minuto.

La cantidad de oxígeno utilizado por los músculos cada minuto estará directamente relacionada con la intensidad del ejercicio hasta que se alcance una tasa máxima. Esta tasa máxima será de entre 2 y 3 l por minuto para la mujer u hombre medio no deportista, respectivamente. La tasa puede ser tan alta como 4 a 6 l por minuto para los deportistas de resistencia tanto hombres como mujeres. El término para la cantidad máxima de oxígeno que una persona puede consumir durante 1 minuto de ejercicio es el *consumo máximo de oxígeno*, más comúnmente conocido como $\dot{V}O_2máx$. Los valores del $\dot{V}O_2máx$ representan una expresión directa de la capacidad de una persona para proporcionar energía para la contracción muscular mediante el metabolismo aeróbico. La relación entre el consumo de oxígeno y el rendimiento en las pruebas de resistencia es tan importante que tenemos que verla detalladamente.

El consumo máximo de oxígeno

Calculamos el consumo máximo de oxígeno, $\dot{V}O_2máx$, midiendo el consumo de oxígeno durante intervalos repetidos de ejercicio a velocidades progresivamente más rápidas hasta que el deportista llegue a una meseta en la que un incremento adicional de velocidad no causa un incremento del

consumo de oxígeno. Cuando esto ocurre, el deportista ha alcanzado su capacidad máxima para consumir oxígeno.

Un aspecto del $\dot{V}O_2$máx que es difícil de comprender para muchas personas es que los deportistas lo alcanzarán cuando estén nadando más lentamente que su velocidad máxima. Los deportistas pueden seguir incrementando su velocidad incluso después de haber alcanzado su capacidad máxima para consumir oxígeno a causa de su capacidad para utilizar el metabolismo anaeróbico. La capacidad anaeróbica hace posible que continúen proporcionando energía a sus músculos aunque no haya bastante oxígeno disponible para metabolizar las fuentes químicas de esta energía. Sin embargo, sólo lo podrán hacer durante un corto período de tiempo, porque las sustancias químicas que no fueron completamente metabolizadas, principalmente el ácido láctico y más específicamente los hidrogeniones de este compuesto, se acumularán en los músculos y cambiarán su pH de neutro a ácido, lo que reducirá la velocidad y la fuerza de la contracción muscular y, a su vez, la velocidad nadando.

Durante el ejercicio submáximo, el consumo de oxígeno aumentará desde su ritmo de reposo de aproximadamente 0,25 l/min a algún nivel que mantendrá la energía contráctil que necesitan los músculos. Normalmente se tardará de 1 a 3 minutos para llegar a este nivel de mayor consumo de oxígeno porque la necesidad de más oxígeno debe crearse primero en los músculos antes de que se produzcan los ajustes respiratorios y circulatorios que proporcionarán más cantidad de este gas.

Durante este período del ajuste se produce un *déficit de oxígeno*. Éste representa el oxígeno que fue necesitado pero no estaba disponible durante los primeros minutos del ejercicio. El deportista puede pagar el déficit durante el resto del ejercicio si la intensidad del trabajo es baja. Para pagar el déficit durante un corto período de tiempo, el cuerpo puede facilitar más oxígeno que lo que necesita para proporcionar la energía para el trabajo. La cantidad de oxígeno consumida durante el período de ejercicio más el déficit de oxígeno se llama la *necesidad de oxígeno* para la tarea particular.

Si la demanda de oxígeno es mayor que la cantidad que el deportista puede proporcionar durante el ejercicio, ésta seguirá aumentando. El

deportista la pagará después del ejercicio manteniendo un alto nivel de consumo de oxígeno durante un corto período de tiempo. Este período de consumo adicional de oxígeno después del ejercicio se ha conocido como la *deuda de oxígeno*. Aunque este término es comúnmente utilizado por los miembros de la comunidad deportiva, se ha vuelto obsoleto en la comunidad científica porque las técnicas sofisticadas de evaluación han demostrado que el consumo elevado de oxígeno después del ejercicio no se corresponde directamente con el déficit de oxígeno que ocurrió en los primeros minutos del mismo. Presentaré las recientes interpretaciones de la deuda de oxígeno más adelante en este capítulo. Por el momento quiero volver al tema del consumo de oxígeno.

El gráfico presentado en la figura 9.11 muestra un patrón típico del consumo de oxígeno durante el ejercicio. Una vez empezado el ejercicio, la cantidad de oxígeno consumido aumenta durante los primeros 2 minutos del trabajo hasta que llegue a un nivel que proporciona el oxígeno que el deportista necesita para realizar el trabajo. El gráfico también muestra el déficit de oxígeno que ocurrió durante estos minutos. Sin embargo, obsérvese que el déficit de oxígeno siguió creciendo durante el período de ejercicio porque se necesitaba más oxígeno de lo que po-día proporcionarse. En este caso, la *necesidad de oxígeno* del ejercicio estaba por encima de 5 l O_2/min de trabajo, mientras que la cantidad máxima que el deportista podría consumir era ligeramente inferior a 4 l O_2/min. El pago del déficit de oxígeno producido durante la tarea es representado, en parte, por la cantidad adicional de oxígeno consumido después del ejercicio, que por el momento llamaremos la deuda de oxígeno.

El consumo de oxígeno puede ser engañoso cuando se cita en litros por minuto porque esta medida favorece a las personas grandes. Deportistas grandes tendrán niveles de $\dot{V}O_2$máx más altos que deportistas pequeños simplemente porque sus grandes pulmones les permiten intercambiar más aire y, por lo tanto, más oxígeno con cada minuto de ejercicio. Por supuesto, cuerpos más grandes requieren más oxígeno. Por esta razón, también se cita el consumo de oxígeno con respecto a la cantidad disponible para cada kilogramo de peso corporal. Este método relativo de expresar el consumo de oxígeno proporciona una representación de la provisión independiente del

tamaño de la persona.

Con el método relativo, se expresa el consumo de oxígeno según el número de mililitros de oxígeno que una persona puede consumir por kilogramo de peso corporal durante cada minuto de ejercicio (ml/kg/min).

Los valores medios para el $\dot{V}O_2$máx relativo son 40 y 46 ml/kg/min para mujeres y hombres no entrenados, respectivamente. Los nadadores y nadadoras de nivel mundial han dado valores tan altos como 66 y 80 ml/kg/min, respectivamente (Van Handel *et al.*, 1988). El valor más alto registrado en una deportista fue de 74 ml/kg/min, que correspondía a una esquiadora de fondo rusa. El valor más alto registrado en un deportista fue de 94 ml/kg/min, en un esquiador de fondo noruego (Wilmore y Costill, 1988).

Los métodos para medir el n***VO$_2$máx***. Con el fin de reflejar la capacidad aeróbica de un deportista con precisión, se debe realizar las pruebas de $\dot{V}O_2$ máx en el deporte correspondiente. A los corredores hay que evaluarlos corriendo, a los ciclistas pedaleando y a los nadadores nadando. Las pruebas que implican otras actividades producirán resultados falsos.

Medir el consumo máximo de oxígeno de nadadores en una piscina no es tarea fácil. El nadador debe llevar una máscara por encima de la boca y la nariz. La máscara está conectada a una válvula de doble vía, de manera que el nadador toma aire de la atmósfera por una y espira el aire a un colector por otra. Debe haber un largo tubo entre la máscara y el colector en el borde de la piscina. El colector debe desplazarse hacia delante y hacia atrás en un carrito a la vez que se desplaza el nadador por la piscina. El tubo no debe estar sometido a tensión ni debe enredarse. El nadador debe también ejecutar algunas destrezas artificiales. No puede girar la cabeza para respirar y debe ejecutar virajes abiertos al final de la piscina y suaves impulsos en la superficie para impedir que el tubo se enrede. La cantidad de aire que espira el nadador al colector debe medirse con exactitud y el contenido de oxígeno debe calcularse con gran precisión. Ambos procedimientos pueden implicar errores potenciales.

Un método más fácil para medir el consumo de oxígeno es realizar la

prueba mientras el deportista nada en un canal especial. El nadador y el equipo colector pueden permanecer estacionarios, lo que facilita mucho la recogida y la medición del gas. La fotografía presentada en la figura 9.12 muestra a una nadadora realizando una prueba para medir su consumo de oxígeno en un canal de nado en el Centro Estadounidense de Investigaciones Acuáticas.

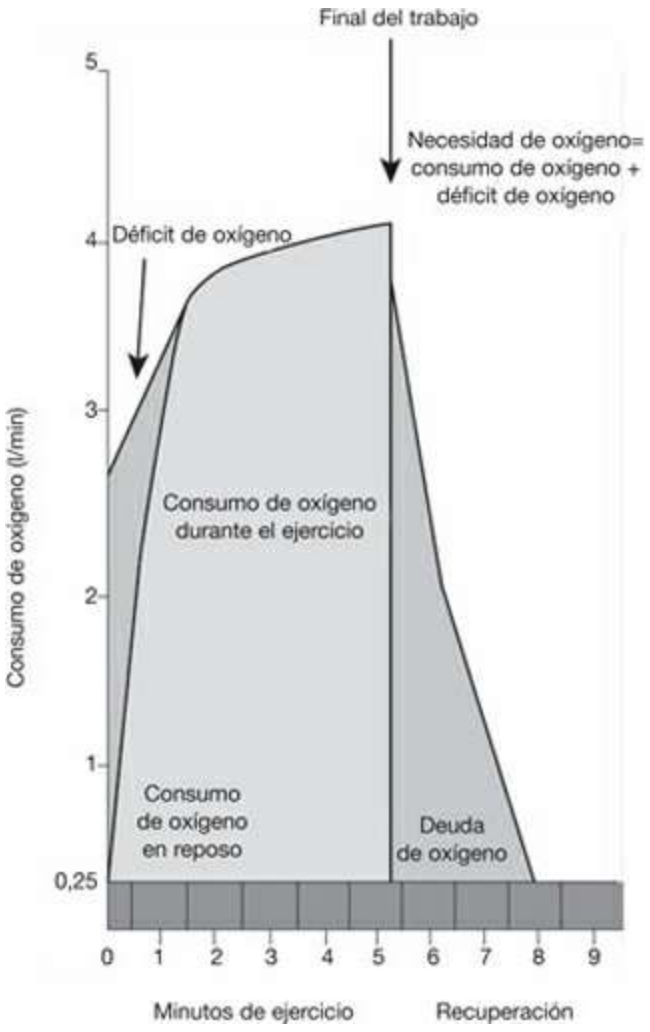


Figura 9.11. Los resultados de una prueba típica de consumo de oxígeno.

Se han criticado las mediciones del consumo de oxígeno realizadas en canales de nado o con carritos móviles por producir resultados falsos. Los detractores creen que nadar con una máscara y tubos aumentará la carga de

trabajo de manera que los nadadores consuman más oxígeno a una velocidad dada que lo que harían si nadasen sin el equipamiento. También argumentan que el equipamiento puede inhibir el rendimiento e impedir que el nadador llegue a sus verdaderos niveles máximos de consumo de oxígeno. Con respecto a esto, realizar las pruebas en un canal de nado debería producir menos errores que las que se realizan con la natación normal en piscina. No obstante, queda la preocupación de que el uso de la máscara y del tubo de recogida producirá medidas falsas en el canal.

Otro procedimiento desarrollado para reducir estas fuentes de error implica estimar el consumo de oxígeno del deportista durante la natación a partir del oxígeno recogido inmediatamente después de terminar (Costill *et al.*, 1985; Montpetit *et al.*, 1981). Este método no requiere máscaras ni tubos, de manera que el deportista puede nadar y realizar los virajes de forma normal durante el período de trabajo. Inmediatamente después de terminar de nadar, el nadador debe mantener la respiración mientras se le coloca una máscara. Luego espira en el colector durante 20 s. Después de ser recogido, se determina la cantidad de aire espirado y su contenido de oxígeno. Se extrapola este valor del consumo de oxígeno hacia atrás al último minuto de la natación y se supone que es equivalente a la tasa de consumo de oxígeno del deportista por minuto durante la misma. Esta prueba puede repetirse varias veces a velocidades cada vez más rápidas hasta que se haya determinado el valor del consumo máximo de oxígeno del nadador.

Figura 9.12. Una fotografía de una nadadora realizando una prueba de consumo de oxígeno en el canal del Centro Estadounidense de Investigaciones Acuáticas, en Colorado. Springs, Colorado.

Los críticos del método de extrapolación hacia atrás creen que el potencial para cometer un error es demasiado grande cuando se toman medidas de muestras de aire tan pequeñas inmediatamente después del esfuerzo en la natación. Hacen hincapié en que una medida errónea en el tiempo de sólo 0,1 s o un error de unos pocos mililitros en el aire recogido podría desviar los resultados de forma considerable. A pesar de estas críticas, la investigación indica que la recogida del aire espirado inmediatamente después del ejercicio durante 20 s en el campo produce resultados muy similares a los que producen las mediciones continuas de $\dot{V}O_2$máx (Carre *et al.*, 1994). Costill y colaboradores (1985) han utilizado este método de extrapolación hacia atrás con nadadores y lo han encontrado más práctico y preciso que recoger el aire espirado con un carrito móvil.

n $\dot{V}$***O$_2$máx y la intensidad del trabajo***. Los científicos utilizan

frecuentemente mediciones de $\dot{V}O_2$máx para equiparar la intensidad del ejercicio dentro de, y entre, diferentes grupos de sujetos. Hablan en tér-minos del trabajo realizado, por ejemplo, a una velocidad que demanda un nivel de consumo de oxígeno que representa el 70% del $\dot{V}O_2$máx de una persona. Así pueden cuantificar el nivel de esfuerzo en relación con el consumo máximo de oxígeno individual de cada persona y proporcionar una representación más exacta de la intensidad del trabajo. Este método de estandarizar las cargas es excelente para los fines científicos, pero tiene un valor limitado para los entrenadores. Pocas veces conocemos el $\dot{V}O_2$máx de nuestros nadadores y casi nunca sabemos cuánto oxígeno consumen durante el entrenamiento. Preferimos referirnos a los esfuerzos de forma subjetiva como un porcentaje del máximo. Para ayudar a equiparar los dos enfoques, la información de estudios en los que la intensidad del trabajo ha sido indicada como un porcentaje del $\dot{V}O_2$máx puede traducirse a porcentajes de esfuerzo de la siguiente forma:

1. Los esfuerzos del 50% al 60% de $\dot{V}O_2$máx son probablemente equivalentes a sensaciones subjetivas de que el esfuerzo es del 30% al 40% del máximo.
2. Los esfuerzos del 70% al 90% de $\dot{V}O_2$máx son probablemente equivalentes a sensaciones subjetivas de que el esfuerzo es del 60% al 80% del máximo.
3. Los esfuerzos del 100% del $\dot{V}O_2$máx son probablemente equivalentes a sensaciones subjetivas de que el esfuerzo es del 80% al 90% del máximo.
4. Los esfuerzos del 90% al 100% del máximo son probablemente equivalentes a valores de entre 110% y 130% de $\dot{V}O_2$máx.

La distancia de las repeticiones nadadas tiene un efecto considerable sobre estas estimaciones aproximadas. Durante las repeticiones cortas el nadador puede sentir un menor porcentaje de esfuerzo máximo que el porcentaje verdadero del $\dot{V}O_2$máx correspondiente a su esfuerzo porque la duración del

trabajo no causará una fatiga intensa. Las sensaciones del porcentaje del esfuerzo corresponderán más estrechamente al porcentaje del $\dot{V}O_2$máx que he indicado cuando las repeticiones son más largas.

Las frecuencias cardíacas, si se cuentan correctamente y se interpretan de forma apropiada, pueden proporcionar un método más exacto que los porcentajes del esfuerzo máximo para estimar el porcentaje del $\dot{V}O_2$máx durante el trabajo. Para la mayoría de los deportistas que han estado entrenándose durante varias semanas, una frecuencia cardíaca entre la máxima y 10 latidos menos que la máxima normalmente corresponde a una velocidad nadando que producirá un valor de consumo de oxígeno que es el 100% del máximo. Las frecuencias cardíacas de 15 a 20 latidos por debajo de la máxima corresponden a velocidades que resultarán en niveles de consumo de oxígeno que están entre el 85% y el 90% del máximo. Las frecuencias cardíacas de 25 a 30 latidos por debajo de la máxima generalmente corresponden a esfuerzos nadando que requieren que una persona consuma entre un 70% y un 80% de su consumo de oxígeno máximo, y las frecuencias cardíacas de 40 a 60 latidos por debajo del máximo corresponden a niveles de consumo de oxígeno entre el 50% y el 60% del máximo. Debo advertir que estas frecuencias cardíacas son sólo estimaciones del esfuerzo requerido para producir un cierto porcentaje del consumo máximo de oxígeno.

El n ***VO_2máx y el rendimiento***. Aunque una persona puede mejorar el $\dot{V}O_2$máx con el entrenamiento, la investigación demuestra que la herencia pone límites a la cantidad de mejora que pueda alcanzar cada persona. Varios estudios han demostrado que los gemelos idénticos tienen capacidades casi idénticas de consumo máximo de oxígeno (Bouchard, 1990; Klissouras, 1971). Los deportistas generalmente pueden mejorar sus valores absolutos de consumo máximo de oxígeno en l/min en un 15% a un 20%, y sus valores relativos, en ml/kg/min de peso corporal por minuto en un 20% a un 40%.

Durante muchos años la capacidad de consumir oxígeno de forma máxima fue considerada como la medida más válida de la capacidad del deportista para rendir en pruebas de resistencia. Creíamos que una persona que pudiera proporcionar más oxígeno a su cuerpo durante cada minuto de ejercicio podría sacar más energía del metabolismo aeróbico. Por lo tanto, la persona

se fatigaría a un ritmo más lento porque dependería menos del metabolismo anaeróbico. Creíamos que un gran $\dot{V}O_2$máx proporcionaría al deportista una clara ventaja en las pruebas de resistencia, y por esta razón, el entrenamiento de la resistencia hacía hincapié en mejorar esta medida fisiológica. Era verdad que mejorar el $\dot{V}O_2$máx mejoraría el rendimiento en las pruebas de resistencia, pero descubrimos que era sólo uno de muchos mecanismos fisiológicos que podrían lograrlo. Por consiguiente, aunque muchos investigadores han indicado una relación razonablemente fuerte, de 0,75 a 0,80, entre el $\dot{V}O_2$máx y el rendimiento en las pruebas de resistencia, las personas que pueden consumir grandes cantidades de oxígeno durante las carreras no siempre vencen a las que tienen menores tasas de consumo. Están implicados otros factores, uno de los cuales será presentado en la siguiente sección.

La utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx

Recientemente, otra medida del consumo de oxígeno ha resultado ser mejor predictor del rendimiento en las pruebas de resistencia que el $\dot{V}O_2$máx (Sjodin y Jacobs, 1981; Bishop, Jenkins y MacKinnon, 1998). Esta medida es *el porcentaje del consumo máximo de oxígeno* (% $\dot{V}O_2$máx). Se refiere a la mayor tasa de trabajo que una persona puede realizar durante un período largo, es decir, de 20 a 40 minutos, sin fatigarse. Se designa la tasa como el porcentaje del consumo máximo de oxígeno que produce la persona. Se determina midiendo el consumo de oxígeno de un nadador mientras nada a velocidad máxima durante 20 a 40 minutos y luego calculando qué porcentaje representa del consumo máximo de oxígeno del nadador. Por ejemplo, supongamos que un deportista tiene la capacidad de consumir oxígeno a una tasa máxima de 70 ml/kg/min. Si la tasa más alta de consumo de oxígeno que el deportista puede mantener durante un tiempo largo sin fatigarse es 60 ml/kg/min, entonces esta persona es capaz de trabajar al 85% de su $\dot{V}O_2$máx.

Para las personas no entrenadas, la mayor utilización porcentual del $\dot{V}$

$\dot{V}O_2$máx que no causará fatiga está normalmente entre el 50% y el 70% del máximo. El entrenamiento puede mejorar este valor hasta entre el 75% y el 90% del máximo. Al igual que el $\dot{V}O_2$máx, la herencia parece desempeñar un papel en la determinación del más alto porcentaje del máximo que un deportista puede alcanzar. Un término más común utilizado para identificar la mayor utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx que puede ser mantenido durante un período largo es el *umbral anaeróbico* (Wasserman *et al.*, 1973).

Esta terminología era desafortunada porque sugiere que el metabolismo anaeróbico no empieza hasta que una persona haya superado una cierta utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx. De hecho, el metabolismo anaeróbico empieza en el inicio del ejercicio y continúa hasta que termina. El umbral anaeróbico no indica la tasa de trabajo con la que empieza el metabolismo anaeróbico, sino que representa un nivel manejable de metabolismo anaeróbico que una persona puede mantener durante un período largo sin experimentar una fatiga intensa. Con esta tasa, el consumo de oxígeno y los otros mecanismos aeróbicos son suficientes para oxidar la mayor parte de las sustancias liberadoras de energía en los músculos, y, por lo tanto, se produce el ácido láctico a un ritmo más lento y se retrasa la fatiga. Explicaré el proceso más exhaustivamente en el próximo capítulo.

Puede que te estés preguntando por qué un deportista no puede trabajar durante un largo período de tiempo al 100% del $\dot{V}O_2$máx. Una creencia común, pero errónea, es que las personas no se fatigan hasta que sobrepasan su tasa de consumo máximo de oxígeno porque no empiezan a producir el ácido láctico hasta que la provisión de oxígeno haya llegado a su pico pero ya no es suficiente para satisfacer su demanda de energía. Sin embargo, como indiqué en el párrafo anterior, estarán produciendo ácido láctico mucho antes de que alcancen un nivel de trabajo que corresponda al 100% de su $\dot{V}O_2$máx. Esto es así por varias razones. Una es que se tarda algún tiempo para estimular el consumo de oxígeno hasta su máximo, y la provisión de oxígeno del deportista será insuficiente hasta que esto ocurra.

Los deportistas no podrán consumir el oxígeno al ritmo máximo hasta que hayan estimulado al máximo todos los mecanismos respiratorios, circulatorios y musculares que participan en la distribución del oxígeno.

Normalmente esto no ocurre hasta que hayan realizado 1 ó 2 minutos de carrera y hasta que hayan acumulado un poco de ácido láctico en sus músculos y sangre (Serresse *et al.*, 1988).

Una segunda razón es que la tasa de trabajo necesaria para estimular las reacciones circulatorias y musculares que producen un nivel máximo de consumo de oxígeno requiere más energía de la que puede proporcionar la oxidación sola. Por lo tanto, estas tasas de trabajo producen un déficit de oxígeno, causando la acumulación de ácido láctico en los músculos.

Las ventajas de aumentar el % $\dot{V}O_2$ ***máx***. La mayoría de los deportistas sólo pueden mantener velocidades que requieren un consumo de oxígeno máximo durante 1 a 3 minutos de esfuerzo continuo antes de verse obligados a disminuir su velocidad a causa de la fatiga (Hill y Rowell, 1997). En las carreras largas y series largas de entrenamiento, los deportistas deben escoger velocidades que requieren menos que el consumo máximo de oxígeno para que no acumulen demasiado ácido láctico en sus músculos demasiado pronto. Por ejemplo, la mayoría de los corredores pueden terminar un maratón (42 km) a un ritmo medio que les exige utilizar del 75% al 80% de su capacidad de consumo de oxígeno máximo. Ahora podrás comprender por qué la capacidad de utilizar una mayor fracción del $\dot{V}O_2$ máx en estas carreras sería una clara ventaja. Los deportistas que pueden entrenarse para utilizar del 85% al 90% del $\dot{V}O_2$máx sin fatigarse deberían poder correr sus carreras con una velocidad media más rápida.

La capacidad para competir a un porcentaje más alto del $\dot{V}O_2$máx también debe ser una ventaja en las carreras más cortas. En las pruebas de natación de fondo y medio fondo, el ritmo al que deben competir los nadadores supera el que produciría el consumo máximo de oxígeno. Supongamos que dos nadadores con una capacidad idéntica en cuanto a su consumo máximo de oxígeno están realizando una prueba que requiere que cada uno trabaje a un ritmo equivalente al 130% del $\dot{V}O_2$máx. Supongamos también que un nadador puede trabajar al 85% del $\dot{V}O_2$máx sin cansarse mientras que el otro sólo puede trabajar al 80% del $\dot{V}O_2$máx sin fatiga. Debería ser fácil ver que el nadador que puede nadar más cerca del 100% del

$\dot{V}O_2$máx estará produciendo menos ácido láctico a la velocidad de la carrera y, por lo tanto, debería poder mantener este ritmo durante más tiempo.

Los deportistas con un menor $\dot{V}O_2$máx pueden superar a veces a competidores que tienen valores mayores a causa de su capacidad para competir a un mayor porcentaje del máximo. Por ejemplo, Alberto Salazar, ex plusmarquista mundial del maratón, tenía un $\dot{V}O_2$máx de 70 ml/kg/min que era más bajo que muchos de sus competidores. Pero podía correr el maratón a un ritmo que utilizaba el 86% de su máxi-mo, una utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx mucho más alta que la que la mayoría de deportistas pueden sostener en esta distancia. Esta circunstancia explica probablemente por qué pudo vencer a sus competidores y establecer un récord mundial. Los cálculos del recuadro siguiente ilustran como un nadador con un menor $\dot{V}O_2$máx podría mantener un ritmo más veloz que un compañero de equipo que tiene un mayor $\dot{V}O_2$máx.

Comparación del porcentaje del consumo de oxígeno de dos nadadores con diferentes valores del n$\dot{V}$máx

Nadador A

n$\dot{V}$O2 máx = 60 ml/kg/min

El nadador A puede nadar al 92% de su máximo sin fatigarse; por lo tanto, el nadador A puede consumir oxígeno al ritmo de 55,2 ml/kg/min.

60 x 0,92 = 55,20

Nadador B

n$\dot{V}$O2 máx = 65 ml/kg/min

El nadador B puede nadar al 75% de su máximo sin fatigarse; por lo tanto, el nadador B puede consumir oxígeno al ritmo de sólo 48,75 ml/kg/min.

65 x 0,75 = 48,75

Si ambos nadadores tuviesen una eficacia de brazada similar, el nadador A tendría una clara ventaja en cualquier carrera que tuviera una necesidad de oxígeno de 48 ml/kg/min o más porque el nadador A podría liberar más energía mediante el metabolismo aeróbico y, por lo tanto, debería poder mantener una velocidad mayor sin fatigarse.

Los resultados de varias investigaciones sugieren que la capacidad de utilizar un mayor porcentaje del $\dot{V}O_2$máx que los otros competidores tiene una fuerte relación con el rendimiento en las carreras de fondo y medio fondo, e incluso en carreras tan cortas como los 100 m. En un estudio realizado con corredores (Sjodin, 1982), la relación entre una medida de la utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx y el rendimiento era muy alta, 0,86, para una carrera de 400 m, carrera que corresponde a la de 100 m en natación. La mayoría de las personas requieren de 44 a 60 s para correr 400 m, que es parecido al tiempo que se tarda para las carreras de natación de 100 yardas o metros. La relación entre el $\dot{V}O_2$máx y el rendimiento era 0,90 para una carrera de atletismo de 1.000 m que requiere aproximadamente el mismo tiempo que tardan los nadadores en hacer 200 m.

Como indiqué, el entrenamiento puede mejorar en un 20% a un 30% el porcentaje del consumo máximo de oxígeno que una persona puede utilizar sin fatigarse. Pero algunas personas creen que la utilización porcentual del oxígeno y el consumo máximo de oxígeno están tan estrechamente relacionados que no pueden considerarse fenómenos fisiológicos separados. En otras palabras, un aumento de la utilización porcentual del $\dot{V}O_2$máx no puede ocurrir sin un aumento concomitante del consumo máximo de oxígeno (Saltin, 1973). Sin embargo, los resultados de un estudio de Hurley *et al.* (1984) demostraron que el % $\dot{V}O_2$máx podría aumentarse sin incrementar también el consumo máximo de oxígeno. En su estudio, el % $\dot{V}O_2$máx requerido para producir una concentración de lactato sanguíneo de 2,5 mmol/l aumentó con el entrenamiento, mientras que el consumo máximo de oxígeno, no. Antes del entrenamiento, una intensidad de ejercicio que requería una tasa de consumo de oxígeno del 65% del máximo causó una

concentración de lactato sanguíneo de 2,5 mmol/l. Después del entrenamiento, una intensidad de trabajo que demandaba el 75% del $\dot{V}O_2$máx era necesaria para producir esta misma concentración de lactato sanguíneo.

Estos resultados demuestran que el porcentaje del consumo máximo de oxígeno que una persona puede utilizar durante el ejercicio puede mejorar independientemente de las mejoras del $\dot{V}O_2$máx. La razón principal de una mejora del %VO_2máx sin un aumento correspondiente del consumo máximo de oxígeno podría tener algo que ver con el ritmo al que se está eliminando el ácido láctico de los músculos y de la sangre después del entrenamiento. Si se eliminaba el ácido láctico a un ritmo más rápido después del entrenamiento, los deportistas podrían trabajar a un ritmo más cercano a uno que requiere el $\dot{V}O_2$máx sin producir una acidosis. Sin ningún cambio en el $\dot{V}O_2$máx, una tasa más alta de trabajo causaría la producción de más ácido láctico en los músculos. Pero si este ácido láctico estaba siendo recogido más rápidamente, no quedaría en los músculos, donde podría causar fatiga. Por lo tanto, un entrenamiento que aumenta el ritmo de la recogida del ácido láctico de los músculos podría ser igual de valioso, si no más, para mejorar la resistencia que un entrenamiento que aumentase el consumo máximo de oxígeno durante el ejercicio. Hablaré más exhaustivamente sobre este tema en el capítulo 13 de este libro.

La determinación del umbral anaeróbico. El porcentaje más alto del consumo máximo de oxígeno que una persona puede mantener durante un largo período sin fatigarse se ha denominado el umbral anaeróbico. Un término más exacto es el *umbral anaeróbico respiratorio*, o simplemente el *umbral respiratorio*. Para determinar el umbral respiratorio, se debe medir el consumo de oxígeno durante el ejercicio. Tomar esta medida es un procedimiento complejo y difícil. Por consiguiente, Mader *et al.* (Mader, Heck y Hollman, 1976) desarrollaron otro método para determinar el umbral anaeróbico, que implicaba medir el contenido de ácido láctico de muestras de sangre tomadas después de varias intensidades de ejercicio. Dado que proporciona una manera más fácil de calcular el umbral anaeróbico, se utiliza este método más frecuentemente en el entrenamiento de los deportistas, incluyendo los nadadores, que las mediciones que implican el consumo de

oxígeno. Hablaré mucho más sobre la determinación del umbral anaeróbico con las mediciones de la sangre en el capítulo 16 dedicado al seguimiento del entrenamiento.

Las determinaciones respiratoria y sanguínea del umbral anaeróbico tienen mucho en común, pero no son idénticas. Se supone que miden la misma cosa, pero las velocidades de entrenamiento que corresponden al umbral respiratorio no son siempre las mismas que las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico calculadas de las mediciones de sangre. A pesar de estas discrepancias en las mediciones, el concepto del umbral anaeróbico es válido y tiene un gran significado para el proceso del entrenamiento. La próxima sección de capítulos tratará sobre este tema con más detalle.

Nuevas consideraciones sobre la deuda de oxígeno

Hace algún tiempo la deuda de oxígeno era el concepto más popular de la fisiología del ejercicio. El científico premio Nobel A.V. Hill acuñó el término. Se identificó la deuda de oxígeno como el oxígeno adicional consumido después del ejercicio por encima de la cantidad que hubiera sido consumida normalmente en reposo. La explicación de la deuda de oxígeno era que se producía cuando la necesidad de oxígeno de una sesión dada de ejercicio superaba la cantidad de oxígeno que el deportista podía consumir durante este mismo ejercicio. Por lo tanto, los deportistas respiraban más rápidamente y más profundamente durante un tiempo después de terminar el ejercicio para proporcionar (devolver) la cantidad adicional de oxígeno necesitada por su cuerpo durante el ejercicio que no pudo conseguir. La creencia era que el oxígeno adicional pagaba el déficit de oxígeno producido por el metabolismo anaeróbico durante el ejercicio. La figura 9.11 (página 349) ilustra el concepto de la deuda de oxígeno como oxígeno adicional consumido durante el período de recuperación después del ejercicio.

Aunque ésta fue una teoría atractiva para explicar la respiración profunda y rápida que seguía después de que los deportistas habían terminado el

trabajo, la investigación nunca la validó. La cantidad adicional de oxígeno consumida durante la recuperación no equivalía al déficit de oxígeno. De hecho, era general-mente mayor que el déficit de oxígeno calculado porque metabolizar el ácido láctico después del ejercicio requería más energía de la que hizo falta para producirlo durante el ejercicio (Vandewalle, Peres y Monod, 1987). Varios estudios han demostrado que la deuda de oxígeno es de un 50% a un 100% mayor que el déficit de oxígeno (Bangsbo *et al.*, 1990; Hughson, 1984; Powers *et al.*, 1987; Rose *et al.*, 1988).

Ahora comprendemos que el oxígeno adicional consumido después del ejercicio no representa completamente el pago de una deuda incurrida durante el ejercicio. Por esta razón, los científicos han sugerido otros términos para designar el oxígeno adicional consumido durante la recuperación. Uno de estos términos es *el consumo de oxígeno adicional postejercicio (COPE)*. Un término más sencillo es el *consumo de oxígeno de recuperación*, término que utilizaré en este libro.

Hasta este momento, nadie ha podido proporcionar una explicación completa del papel del consumo de oxígeno de recuperación en el metabolismo de la energía. Sin embargo, se han ofrecido varias explicaciones posibles y las detallaré en los próximos párrafos.

Típicamente, el consumo de oxígeno de recuperación tiene componentes rápidos y lentos. Alrededor de la mitad de la cantidad total del oxígeno adicional consumido durante la recuperación tendrá lugar entre 30 s y 3 minutos después del final del ejercicio, según la duración y la intensidad del mismo. Esta parte se llama el *componente rápido* por razones obvias. Durante un tiempo se creyó que el componente rápido representaba el oxígeno necesario para remplazar el ATP y la CP agotados durante el ejercicio. Sin embargo, Bangsbo y colaboradores (1990) demostraron que no más del 20% de la parte rápida del consumo de oxígeno de recuperación podría atribuirse a este proceso. Desde este descubrimiento, se han propuesto otros mecanismos para explicar el resto del consumo de oxígeno de recuperación. Una posibilidad es que representa el oxíge-no necesario para remplazar la cantidad almacenada en las mitocondrias del músculo y en la hemoglobina de la sangre antes del ejercicio. Otra es que es una reacción normal del sistema respiratorio al ejercicio el que el ritmo respiratorio permanezca elevado hasta

que se haya eliminado del cuerpo todo el dióxido de carbono adicional producido durante el ejercicio.

La parte lenta del consumo de oxígeno de recuperación se refiere al ritmo de respiración ligeramente aumentado que puede continuar durante varios minutos o incluso varias horas después del ejercicio. También se han ofrecido varias explicaciones de este fenómeno. Una es que el oxígeno adicional probablemente se utiliza para metabolizar el ácido láctico producido durante el ejercicio. Otra es que un aumento de la temperatura corporal mantiene el ritmo respiratorio elevado. La temperatura del cuerpo aumenta durante el ejercicio intenso y no vuelve a la normalidad hasta cierto tiempo después. El ritmo respiratorio de una persona puede permanecer elevado hasta que su temperatura corporal vuelva a su nivel normal. Otra explicación tiene que ver con la secreción de ciertas hormonas. El ejercicio intenso causa un gran aumento en la secreción de ciertas hormonas, particularmente la *noradrenalina* y la *adrenalina* durante el ejercicio. Quizás el ritmo respiratorio permanece elevado hasta que la concentración sanguínea de estas hormonas vuelve a ser normal.

El segundo aliento y el dolor (flato) en el costado

Los deportistas siempre hacen preguntas acerca del segundo aliento y el dolor en el costado. Se presenta a continuación una breve descripción de ambos.

El segundo aliento

Una sensación de alivio que ocurre durante el ejercicio vigoroso se conoce como *segundo aliento.* La respiración dificultosa se vuelve más fácil y el trabajo doloroso se vuelve tolerable después de que los deportistas experimentan su segundo aliento. Actualmente no tenemos una explicación

definitiva para este fenómeno, pero a menudo se ofrece la siguiente explicación. Las molestias sufridas por los deportistas durante las primeras etapas del ejercicio pueden estar asociadas con un aumento temporal del ritmo del metabolismo anaeróbico. Esta condición continúa hasta que aumenta el consumo de oxígeno y el metabolismo aeróbico proporciona un mayor porcentaje de la energía necesaria para el trabajo. Una vez que esto ocurre, el ritmo de metabolismo anaeróbico disminuye y el deportista experimenta una sensación de menor esfuerzo.

El hecho de que el segundo aliento sólo ocurre durante esfuerzos de resistencia apoya de alguna manera esta explicación. Además, los deportistas generalmente experimentan la sensación del segundo aliento sólo cuando están empezando un programa de entrenamiento después de un largo descanso. Los deportistas bien entrenados raramente experimentan este fenómeno, probablemente porque sus sistemas respiratorio y circulatorio se ajustan más rápidamente después de estar acondicionados.

El dolor en el costado

Durante el ejercicio, los deportistas a veces experimentan un dolor punzante en el costado, justo debajo de los pulmones, que llaman *flato*. Aunque no se dispone de pruebas científicas para explicar las ra-zones de un dolor en el costado, la teoría popular es que es causado por una falta temporal de oxígeno que tiene lugar en el diafragma o los músculos intercostales (respiratorios) durante los esfuerzos de resistencia. Se cree que esta deficiencia de oxígeno ocurre porque los sistemas circulatorio y respiratorio no pueden ajustarse lo bastante rápido a la demanda mayor de oxígeno durante el ejercicio. Al igual que el segundo aliento, los dolores en el costado son experimentados por los deportistas que no tienen una muy buena condición física. Ya no ocurren después de que el deportista se haya entrenado. Al igual que el segundo aliento, el dolor en el costado probablemente desaparece porque el entrenamiento aumenta el ritmo del ajuste de los sistemas respiratorio y circulatorio al ejercicio.

¿Mejoran el rendimiento los ejercicios de respiración profunda?

La acción de inspirar y espirar el aire proporciona oxígeno y elimina dióxido de carbono, de manera que la respiración es extremadamente importante para el ejercicio. A pesar de esto, los deportistas y los entrenadores no necesitan ejercicios especiales de respiración profunda para mejorar este intercambio de aire. Las adaptaciones que mejoran la función respiratoria durante las carreras de resistencia y de velocidad ocurren como producto secundario de todos los demás procedimientos de entrenamiento realizados por los deportistas. Un entrenamiento especial no los mejorará adicionalmente. Además, el sistema respiratorio no limita el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono durante el ejercicio. Incluso en deportistas con un nivel moderado de entrenamiento, la sangre dispone de más oxígeno de lo que puede llevar. Las pruebas muestran que una gran parte del oxígeno que entra en los pulmones es espirado antes de dejarlos. Los factores que limitan la capacidad del deportista para consumir oxígeno tienen lugar en los sistemas circulatorio y muscular, no en el respiratorio. Por consiguiente, realizar ejercicios de respiración profunda para aumentar el volumen corriente no tiene ningún valor. Aunque muchos deportistas practican ejercicios de respiración profunda, dichos ejercicios no mejorarán la capacidad vital, e incluso si lo hiciesen no mejorarían el rendimiento.

El papel de las hormonas en el entrenamiento y la competición

Las hormonas son sustancias químicas producidas en las glándulas endocrinas. Éstas son glándulas sin conductos que secretan sus hormonas directamente a la sangre. Las hormonas que producen se vierten en la sangre

y son transportadas por el cuerpo a los lugares de recepción donde pueden realizar un gran número de funciones. Las células contienen entre 2.000 y 10.000 receptores a los que pueden unirse hormonas específicas y cumplir con sus cometidos. Las funciones de especial interés para los entrenadores y los deportistas son las implicadas en: (1) mejorar la provisión de energía durante el ejercicio y (2) reponer esta energía durante la recuperación.

Las hormonas no se vierten en la sangre a un ritmo constante. Son liberadas en oleadas cuando son estimuladas por ciertos acontecimientos. El sistema nervioso autónomo (inconsciente) regula mayormente la secreción de las hormonas. El sistema nervioso autónomo consta de dos partes: llamadas los sistemas nerviosos *simpático* y *parasimpático*. El sistema nervioso simpático regula la movilización de la energía para el ejercicio a través de la reacción bien conocida de *lucha* o *huida*. El sistema parasimpático gobierna el reemplazo de los combustibles durante la recuperación. Se detallan las hormonas más importantes y sus funciones en la tabla 9.2.

Un sistema de retroalimentación negativa regula la secreción de las hormonas. Es decir, la secreción de una hormona particular causará algún cambio específico en el cuerpo, que, a su vez, inhibirá la secreción de dicha hormona. Por ejemplo, cuando la concentración de la glucosa en sangre es más alta que la normal, el páncreas liberará insulina. Ésta aumenta el desplazamiento de la glucosa de la sangre a las células del cuerpo. Cuando la glucosa deja la sangre y entra en las células, el nivel de glucosa en sangre disminuye, inhibiendo la liberación de más insulina. Cuando el nivel de glucosa aumenta de nuevo, es secretada más insulina y el proceso empieza otra vez.

La respuesta hormonal durante el ejercicio

Las hormonas desempeñan un papel importante en la provisión de energía a los músculos y a los nervios. También están implicadas en reponer dicha energía. Además, desempeñan un papel en la reparación y la elaboración de

tejidos. A continuación se presentan algunas de las funciones importantes para los deportistas realizadas por las hormonas.

El trabajo de resistencia aumenta la utilización de la glucosa por los músculos. Las siguientes hormonas facilitan el uso y la reposición de la glucosa muscular. Un aumento de la secreción de la hormona glucagón facilita el movimiento de la glucosa desde el hígado hasta la sangre, que lo lleva a los músculos que trabajan. Las hormonas adrenalina y noradrenalina son secretadas también en determinadas cantidades. Ayudan al movimiento de la glucosa del hígado a la sangre. La secreción de otra hormona, *cortisol*, facilita la conversión del glucógeno del hígado a glucosa. Como se mencionó previamente, un aumento de la secreción de la hormona insulina está directamente implicada en la transferencia de la glucosa sanguínea a las fibras musculares que trabajan.

Las hormonas cortisol, adrenalina, noradrenalina y la hormona del crecimiento también facilitan la conversión de los triglicéridos que están almacenados en el hígado en ácidos grasos libres y glicerol que la sangre puede llevar a los músculos. Allí los ácidos grasos libres pueden ser utilizados para obtener energía.

Las hormonas secretadas por la glándula adrenal han recibido la mayor atención por parte de los deportistas y los entrenadores. La adrenalina y la noradrenalina, llamadas colectivamente, *catecolaminas,* son responsables del mecanismo de lucha o huida. Estimulan el sistema circulatorio de manera que responda a la necesidad de oxígeno y glucosa más rápidamente después del inicio del ejercicio. De hecho, una secreción aumentada de estas hormonas puede ocurrir antes de que empiece el ejercicio. Este fenó-meno se conoce como la *respuesta anticipatoria*. Las respuestas anticipatorias son importantes porque acortan el tiempo de respuesta de varios ajustes fisiológicos que facilitan la distribución de energía y la recogida de los productos que causan la fatiga durante el ejercicio. Algunos expertos han propuesto que un estrés repetido durante un período largo puede debilitar la respuesta de las catecolaminas y reducir el rendimiento. Hablaré de este tema con mayor detalle en el capítulo dedicado al sobreentrenamiento.

Tabla 9.2 Hormonas y sus funciones

LUGAR	HORMONA	FUNCIÓN
Páncreas	Insulina	Estimula la entrada de la glucosa y de ácidos grasos libres en las células
	Glucagón	Estimula la liberación de la glucosa del hígado. También fomenta la formación de glucógeno de la proteína en el hígado
	Somatoestatina	Disminuye la secreción de insulina y glucagón
Glándulas adrenales *Médula*	Adrenalina	Estimula la degradación del glucógeno y de los triglicéridos musculares. También estimula la frecuencia cardíaca, la conducción de los impulsos nerviosos y la contracción muscular
	Noradrenalina	Estimula la frecuencia cardíaca y el flujo sanguíneo elevando la presión sanguínea. Estimula la liberación de los ácidos grasos libres del tejido adiposo
Corteza	Cortisol	Estimula la liberación de los aminoácidos del músculo y de los ácidos grasos libres del tejido adiposo

	Aldosterona	Regula la retención de sodio y, por lo tanto, el equilibrio de agua y electrólitos
Glándula pituitaria *Anterior*	Hormona del crecimiento	Estimula la elaboración de los tejidos y el metabolismo de las grasas
	Hormona estimuladora del tiroides	Controla la cantidad de tiroxina producida y liberada por el tiroides
	Hormona adrenocorticotrópica (ACTH)	Estimula la liberación de hormonas adrenales
	Hormona estimuladora de los folículos (FSH)	Inicia el crecimiento de los folículos en los ovarios y fomenta la secreción de estrógeno de los ovarios
	Hormona luteinizante (LH)	Fomenta la secreción de estrógeno y progesterona y causa la rotura del folículo para liberar el óvulo
Posterior	Hormona antidiurética (ADH)	Estimula la retención de agua y reduce la producción de orina
Tiroides	Tiroxina	Aumenta el metabolismo de las células incrementando el consumo de oxígeno, la degradación de la grasa y del glucógeno y la reparación de los tejidos
	Calcitonina	Controla la concentración de calcio en la sangre

Glándula paratiroidea	Parathormona	Estimula el crecimiento de los huesos a través de su efecto sobre el calcio. También es responsable del desarrollo de dientes fuertes
Gónadas	Testosterona Estrógeno	Estimula la elaboración y reparación de los tejidos Fomenta el desarrollo de los órganos sexuales femeninos. Fomenta un mayor almacenamiento de la grasa. Ayuda a regular el ciclo menstrual
	Progesterona	Ayuda a regular el ciclo menstrual

La hormona del crecimiento, producida en la glándula pituitaria anterior, fomenta el crecimiento muscular. En reposo, un factor liberador regula la cantidad secretada, pero ésta aumenta considerable-mente durante el ejercicio físico. La manera en que la hormona del crecimiento y el ejercicio interactúan para estimular el crecimiento muscular no se comprende en su totalidad. Algunos deportistas incrementan la provisión de la hormona del crecimiento del cuerpo con una hormona de crecimiento sintético para aumentar el tamaño y la potencia de sus músculos. Aunque pueden lograr este efecto, el uso de suplementos es tanto peligroso como poco ético.

Los efectos del entrenamiento sobre las hormonas

El efecto general del entrenamiento es reducir el ritmo de la secreción hormonal durante el ejercicio mientras que al mismo tiempo mantiene dichas

secreciones durante más tiempo. Esto media su efecto de manera que el ejercicio pueda continuar durante más tiempo con menos interferencia de los desequilibrios de la energía.

Unos pocos ejemplos de los efectos del entrenamiento sobre dichas hormonas puede ayudar a comprender sus efectos en el rendimiento en el entrenamiento y la competición.

Por ejemplo, el entrenamiento reducirá el ritmo de secreción de la insulina durante el ejercicio. Este cambio mantendrá un nivel más alto de glucosa sanguínea durante un período más largo y reducirá la utilización del glucógeno muscular durante el ejercicio. En lugar de un repentino pico de insulina seguido de una caída igualmente brusca en la provisión de esta hormona, el efecto será proporcionar una cantidad menor a lo largo de un mayor período de tiempo. Por lo tanto, los deportistas podrán entrenarse con más intensidad durante períodos más largos porque pueden proporcionar la glucosa sanguínea a los músculos durante un mayor período de tiempo. Igualmente, después de que el deportista alcance un alto nivel de condición física, el glucagón y las catecolaminas adrenalina y noradrenalina responderán menos activamente durante el ejercicio. Por consiguiente, el ritmo de la utilización de la glucosa disminuirá mientras que el ritmo del metabolismo de las grasas aumentará para que el ejercicio de resistencia pueda continuar durante más tiempo antes de agotar el glucógeno muscular.

10

El metabolismo de la energía y el rendimiento en la natación

Las contracciones de los músculos hacen posible que se nade de un extremo de la piscina al otro. La liberación de la energía presente en los compuestos químicos dentro de los músculos es lo que hace posible la contracción. Por lo tanto, la energía proporciona la potencia para la natación. Sin ella, los músculos no podrían contraerse. Este capítulo describe los mecanismos fisiológicos que proporcionan la energía para la contracción muscular.

El proceso complejo que proporciona la energía dentro del cuerpo humano se llama *metabolismo*. Durante las últimas tres décadas la información sobre el metabolismo de la energía ha sido principal-mente responsable de las mejoras que hemos visto en los métodos de entrenamiento. Los que estudian el entrenamiento de forma seria deben, por lo tanto, comprender el proceso

metabólico. Este capítulo comienza con una descripción de la energía y prosigue con una presentación de los mecanismos fisiológicos del metabolismo que la pone a disposición de los músculos para su contracción.

La energía y sus fuentes

La energía se define normalmente como la capacidad para realizar trabajo. El universo contiene muchos tipos diferentes de energía. Los principales son energía radiante, energía calorífica, energía luminosa, energía química y energía mecánica. La primera ley de la termodinámica nos dice que cada forma de la energía es capaz de ser transformada en otras formas cuando la situación así lo requiere (Lehninger, 1973).

La fuente última de nuestra energía es el Sol, que irradia energía a la Tierra. Cuando esta energía llega a las plantas, se transfiere a ellas y se almacena como energía química mediante el proceso de la fotosíntesis. Cuando comemos las plantas o la carne de los animales que han comido las plantas, metemos la energía dentro de nuestro cuerpo y la almacenamos para un uso futuro. Tanto las plantas como los animales almacenan la energía como hidratos de carbono, grasas y proteínas. Estos alimentos almacenan la energía como parte de varias sustancias químicas. La energía se convierte en la fuente de potencia de varios mecanismos fisiológicos cuando es liberada de estas sustancias químicas y se convierte en otras formas. En nuestro cuerpo transformamos la energía química en energía eléctrica para los impulsos nerviosos. La transformamos en energía mecánica para potenciar el trabajo de una contracción muscular. La rapidez de los velocistas y la capacidad de los nadadores de medio fondo y de fondo para mantener un cierto ritmo son determinadas por la capacidad de su cuerpo para liberar la energía química y transformarla en energía mecánica para el trabajo.

Dado que la disponibilidad de la energía es el factor que controla la velocidad y el ritmo de los nadadores, el propósito del entrenamiento debería

ser hacer que haya más energía disponible para los músculos a un ritmo más rápido y reponer la energía perdida de estas sustancias químicas lo más rápidamente posible. El entrenamiento lo logra mediante un proceso llamado *adaptación*. Cuando los nadadores continuamente gastan grandes cantidades de energía a un ritmo rápido durante el entrenamiento, su cuerpo almacena más sustancias que contienen energía y liberan esta energía más rápidamente cuando la necesitan durante la carrera. Su cuerpo también aprende a reponer la energía más rápidamente después de liberarla. En otras palabras, los mecanismos fisiológicos del cuerpo se adaptan a las exigencias específicas impuestas por el entrenamiento de manera que haya más energía disponible para realizar más trabajo con menos fatiga. Las adaptaciones que hacen posible la liberación y la reposición de la energía son muchas y variadas e implican, entre otras funciones, la distribución del oxígeno y nutrientes a los músculos y la recogida del dióxido de carbono y del ácido láctico mediante los sistemas circulatorio y respiratorio. También implican el movimiento de estas sustancias dentro de los músculos y las reacciones enzimáticas en estos músculos que tanto liberan como reponen la energía.

La energía se mide en *calorías*. El contenido calórico de los alimentos indica la cantidad de energía que recibimos de ellos. El término *caloría* con una c minúscula identifica estas pequeñas unidades calóricas. Mil calorías equivalen a una *kilocaloría*, que es igual a 426,85 kgm de trabajo. El término *Caloría* con C mayúscula se utiliza a menudo como sustituto del término *kilocaloría*.

Las formas de almacenar la energía en el cuerpo

La energía se almacena en el cuerpo en los siguientes compuestos químicos: *adenosintrifosfato (ATP), creatinfosfato (CP), hidratos de carbono, grasas* y *proteínas*. Todas estas sustancias están formadas por combinaciones de moléculas químicas.

Adenosintrifosfato

El ATP está formado de una molécula de adenosina, que es un nucleótido, y tres moléculas de fosfato. Se ilustra la estructura química del ATP en la figura 10.1. Los rombos que conectan los cuatro compuestos representan la energía. Esta energía une las cuatro moléculas más pequeñas para formar la molécula más grande del ATP. Las uniones entre estas moléculas son las fuentes de energía química disponibles para ser utilizadas.

Figura 10.1. La estructura química del adenosintrifosfato.

El ATP es la única fuente de energía que nuestro cuerpo puede utilizar para la contracción muscular. Todas las demás sustancias químicas que contienen energía son utilizadas para reciclar el ATP después de que su energía ha sido utilizada para el trabajo muscular. La energía del ATP se hace disponible para la contracción muscular de la siguiente manera. Cuando las fibras musculares se contraen, activan una enzima, la adenosintrifosfatasa (ATPasa), que hace que una de las moléculas de fosfato se separe de la molécula de ATP y en el proceso libere la energía que la unía a esta molécula. Lo que queda es *adenosindifosfato (ADP)*, un compuesto que contiene adenosina y dos moléculas de fosfato. El proceso de la partición, la liberación de la energía y la formación del ADP se ilustra en la figura 10.2. Las enzimas son las pequeñas proteínas que tienen una función específica en el cuerpo. Una enzima está asociada con cada una de las miles de reacciones químicas que ocurren en el cuerpo. Las enzimas aceleran estas reacciones sin ser consumidas ni cambiadas en el proceso.

El ATP no puede ser transportado a las fibras musculares que trabajan desde otras partes del cuerpo. Por lo tanto, cuando la cantidad que hay en una

fibra muscular particular pierde una parte de su energía y fosfato, otras fuentes de energía dentro de la misma fibra deben remplazarlos casi inmediatamente o la fibra no podrá liberar bastante energía para seguir contrayéndose. No es una tarea fácil. Nuestros músculos contienen cantidades tan pequeñas de ATP (6,2 mmol/kg de músculo húmedo, Bangsbo *et al.*, 1990) que puede agotarse en los primeros segundos de ejercicio si no se remplaza rápidamente. Por lo tanto, es asombroso que incluso cuando están muy fatigados los músculos de un nadador todavía contendrán casi el 70% de su provisión original de ATP (Bangsbo *et al.*, 1990).

El reciclaje del ADP a ATP requiere que haya disponible otra molécula de fosfato y energía. Las otras fuentes de energía que pueden utilizarse como donantes de fosfatos y energía son las restantes cuatro sustancias químicas que hay en los músculos: creatinfosfato (CP), hidratos de carbono, grasas y proteínas. Las enzimas empiezan a degradar estas sustancias inmediatamente al comienzo del ejercicio para que su energía esté instantáneamente disponible para reciclar el ATP. Ahora describiré el papel de cada uno de estos compuestos químicos para reciclar el ATP, empezando con el creatinfosfato.

Creatinfosfato

La sustancia química creatinfosfato proporciona la fuente más rápida de energía y fosfato para el reciclaje del ATP. Como implica su nombre, está compuesto de una molécula de creatina y una molécula de fosfato. La energía une las dos moléculas entre sí. Se ilustra la estructura química del creatinfosfato en la figura 10.3.

La enzima *creatincinasa* (CK) cataliza la separación de la molécula de fosfato de la creatina, que también libera la energía que unía a estas dos moléculas. Esta energía y el fosfato luego se combinan con el ADP para formar ATP otra vez. La enzima miocinasa cataliza esta combinación. El proceso de la reformación de ADP y CP se ilustra en la figura 10.4.

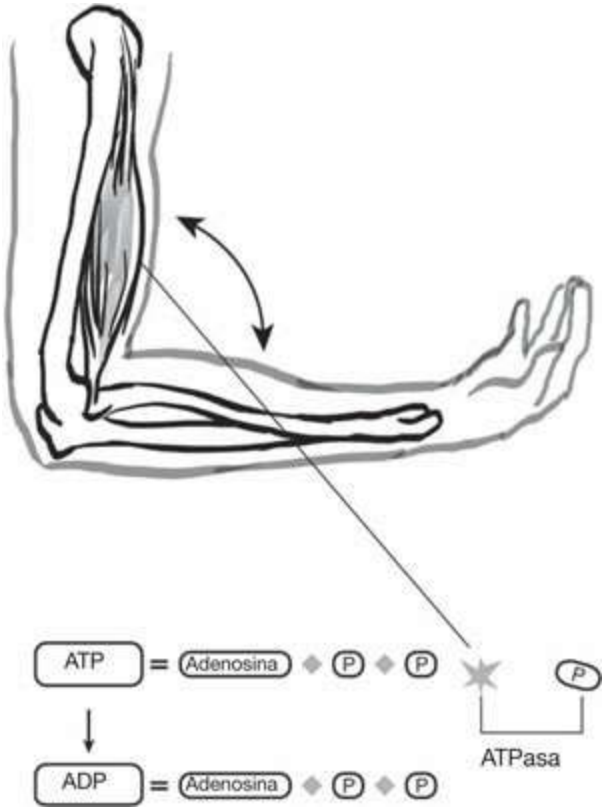


Figura 10.2. La liberación de energía y de una molécula de fosfato que deja el compuesto ADP.

Figura 10.3. La estructura química del creatinfosfato.

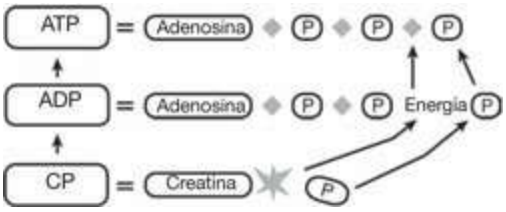


Figura 10.4. La reposición de ATP mediante la partición de creatinfosfato.

El proceso de reposición del ATP con fosfato y energía del CP requiere sólo dos pasos: la partición del CP y la combinación de sus fosfatos y energía con el ADP. Estos dos pasos pueden ocurrir tan rápidamente que no habrá ningún retraso en el proceso de la liberación de la energía del ATP. Por consiguiente, los atletas pueden mantener un ritmo máximo de contracción muscular siempre que haya disponible suficiente CP para reponer la energía proporcionada por el ATP. Las fibras de contracción rápida tienen una mayor concentración de esta sustancia química que las de contracción lenta.

Desafortunadamente, la cantidad de creatinfosfato que puede estar almacenada en cualquiera de los dos tipos de fibra muscular es bastante pequeña, entre 11 y 23 mmol por kg de músculo húmedo (Lehninger, 1973). Pero los seres humanos sólo pueden utilizar alrededor del 60% del creatinfosfato almacenado para reciclar el ATP (Bangsbo *et al.*, 1990; Henriksson, 1992) antes de que el cuerpo sienta disminuir la provisión y el proceso desacelere. Por consiguiente, el CP sólo puede utilizarse para reciclar el ATP durante aproximadamente 4 a 5 s de un esfuerzo máximo (di Prampero, 1971). La importancia de esto es que los seres humanos sólo pueden mantener un ritmo máximo de contracción muscular durante 4 a 6 segundos.

Se puede reponer muy poco CP durante el ejercicio porque todo el fosfato y la energía disponibles serán necesarios para reponer el ATP. Pero cuando termina el ejercicio y se ha repuesto todo el ATP, el exceso de moléculas de fosfato encontrará energía y se unirán de nuevo con la creatina para reponer la provisión de creatinfosfato en los músculos.

Cuando la mitad de la provisión muscular de CP ha sido utilizada, los deportistas deben depender del metabolismo de hidratos de carbono, grasas y proteínas para la energía y el fosfato que necesitan para reciclar el ATP. Esta circunstancia desacelerará el ritmo de la contracción muscular porque se necesitan varios pasos adicionales para liberar la energía de estos alimentos. En ausencia de suficiente creatinfosfato, la próxima fuente de energía y fosfato más rápidamente disponible son los hidratos de carbono en forma del

glucógeno almacenado en los músculos.

Los hidratos de carbono

Los hidratos de carbono están formados por azúcares y almidón simples que proporcionan energía para todas las funciones del cuerpo, incluyendo pensar y el ejercicio. La *glucosa* es el azúcar simple utilizado para el reciclaje del ATP. Los alimentos que contienen azúcares y almidón simples y complejos se degradan a glucosa durante el proceso digestivo. Después de entrar en la sangre circulante, son llevados a las células del cuerpo y utilizados inmediatamente para suministrar energía o almacenados para un futuro. La forma en que se almacena la *glucosa* se llama *glucógeno*. El cuerpo almacena el glucógeno en dos reservas principales, en los músculos y en el hígado. Como se indicó anteriormente, una parte de la glucosa que se difunde a las células de los músculos que trabajan también puede utilizarse para reciclar el ATP inmediatamente. Describiré el papel desempeñado por estas tres fuentes de energía –glucógeno muscular, glucógeno hepático y glucosa– en la reposición del ATP en las secciones siguientes.

El glucógeno muscular

El glucógeno muscular, que está formado por una cadena de moléculas de glucosa, es la fuente principal de energía. Cuando se combina con fosfato sirve para el rápido reciclaje del ATP en todas las pruebas de natación menos las más cortas porque ya está disponible en las células musculares y no necesita un tiempo adicional para ser transportado desde la sangre. El glucógeno muscular es, por tanto, la siguiente fuente rápida de energía y fosfato para reciclar el ATP cuando la provisión de CP disminuye. El proceso tiene lugar de la siguiente forma.

Cuando empieza el ejercicio, el glucógeno almacenado en los músculos es

convertido otra vez en glucosa. Esta glucosa es entonces metabolizada en una larga cadena complicada de acontecimientos denominada *glucólisis*. La energía y el fosfato para reciclar el ATP son liberados en varios pasos durante el proceso. La energía y el fosfato liberados más rápidamente vienen de la *glucólisis anaeróbica*, que no requiere oxígeno para que tenga lugar. El proceso más largo y más lento denominado *glucólisis aeróbica* requiere oxígeno.

El glucógeno hepático y la glucosa sanguínea

El hígado y la sangre también contienen provisiones de glucosa que pueden ser movilizadas y transportadas a los músculos cuando las necesitan para producir energía. La glucosa que previamente había entrado en el hígado fue almacenada allí en forma de glucógeno. Debe convertirse de nuevo en glucosa antes de poder ser transportado a los músculos y utilizado para suplir su provisión de glucógeno. El proceso de reconversión ocurre siempre que la provisión de glucosa sanguínea cae por debajo de lo normal. De manera que cuando los músculos están contrayéndose y la glucosa está difundiéndose a ellos desde la sangre, el glucógeno hepático será convertido en glucosa y vertido a la sangre para reponer la provisión de glucosa.

La glucosa sanguínea se llama más comúnmente el azúcar de la sangre. La digestión de la comida hace que la glucosa se vierta en la sangre desde el estómago. En reposo, se transporta la glucosa sanguínea a los músculos y al hígado, donde se almacena como glucógeno. Cuando los nadadores están entrenándose, la glucosa que estaba circulando en la sangre puede difundirse a las células musculares y entrar en el proceso metabólico sin convertirse primero en glucógeno. Es evidente, por lo tanto, que la glucosa de la sangre ayuda a los deportistas a mantener un alto nivel de glucosa en los músculos durante el ejercicio. La glucosa sanguínea puede proporcionar del 30% al 40% de la cantidad total de energía utilizada durante el entrenamiento (Felig y Wahren, 1971). Pero tanto el glucógeno hepático como la glucosa sanguínea sólo pueden proporcionar pequeñas cantidades de energía durante la mayoría de las pruebas de natación. El proceso de convertir el glucógeno

hepático a glucosa sanguínea es demasiado lento para proporcionar energía para reciclar el ATP a velocidades rápidas e incluso moderadas de natación. De igual manera, la difusión de la glucosa sanguínea a las células musculares requiere demasiado tiempo para poder sostener velocidades altas de natación, aunque este proceso probablemente puede proporcionar una pequeña cantidad de energía que los deportistas utilizan en las carreras competitivas más largas. De manera que tanto el glucógeno hepático como la glucosa sanguínea pueden servir sólo como suplementos, no sustitutos, del glucógeno muscular e incluso en este caso de manera significativa sólo en las sesiones largas de entrenamiento. No obstante, desempeñan un papel importante en el entrenamiento porque permiten a los nadadores realizar más trabajo a una intensidad mayor antes de fatigarse a causa de una pérdida de energía. Tanto la glucosa sanguínea como el glucógeno hepático desempeñan un papel importante para reponer las provisiones de glucógeno muscular durante el período de recuperación después del ejercicio. Además, la glucosa que está circulando en la sangre puede reponer la provisión de glucógeno en el hígado cuando está baja. Otra función importante del glucógeno hepático y de la glucosa sanguínea es mantener una provisión adecuada de glucosa sanguínea al cerebro y a otros tejidos nerviosos. Las células nerviosas, al igual que las otras células del cuerpo, utilizan la glucosa para la energía, pero a diferencia de las células musculares no la pueden almacenar como glucógeno. Por lo tanto, necesitan una provisión constante de glucosa de la sangre circulante.

Las grasas

Las grasas son una fuente importante de energía para el reciclaje de ATP durante el ejercicio. Se puede reponer más ATP con las grasas que con los hidratos de carbono. Una molécula de grasa puede resintetizar 457 moléculas de ATP, mientras que una molécula de glucosa puede reponer sólo 36 moléculas de ATP. Sin embargo, desafortunadamente, el proceso del metabolismo de las grasas es totalmente aeróbico, que significa que la energía sólo puede liberarse lentamente.

Incluso cuando el proceso es totalmente aeróbico, se necesita casi el doble

de tiempo para reponer el ATP con energía procedente de las grasas que reponerlo con energía procedente de la glucosa. Por lo tanto, aunque el metabolismo de los ácidos grasos proporciona energía abundante, se libera tan lentamente que los nadadores no podrían sostener un ritmo adecuado durante las carreras si fuera su única o principal fuente de energía para reciclar el ATP. Por consiguiente, poca o ninguna energía de la utilizada en las carreras procede del metabolismo de las grasas. La liberación de la energía de las grasas es aún más lenta porque sólo pequeñas cantidades de este alimento, aproximadamente 12 mmol/kg, están almacenadas en los músculos donde están fácilmente disponibles para ser utilizadas. La mayor parte está almacenada debajo de la piel como tejido adiposo. El cuerpo de los deportistas contiene bastante tejido adiposo para proporcionar energía durante varios días. La cantidad total de energía disponible de la grasa es alrededor de 70.000 a 110.000 kilocalorías en adultos magros. En contraste, la cantidad total de energía disponible en las reservas de hidratos de carbono del cuerpo es menos de 2.000 kilocalorías (McArdle, Katch y Katch, 1996).

Me gustaría explicar el proceso por el que las grasas se convierten en una forma que les permite liberar la energía que combinada con fosfato posibilita el reciclaje del ATP. Se almacena la grasa en el cuerpo en forma de *triglicéridos*. Los triglicéridos deben primero transformarse en *glicerol* y tres moléculas de ácidos grasos (*ácidos grasos libres* o *AGL*) en un proceso llamado *lipólisis* antes de que puedan liberar energía. La enzima *lipasa* cataliza esta transformación. Una vez realizada la conversión, la sangre puede transportar el glicerol al hígado, donde puede convertirse en glucosa y glucógeno. Al mismo tiempo, la sangre transporta los ácidos grasos a las fibras musculares que están trabajando, donde pueden ser absorbidos y transportados a las mitocondrias. Una vez allí, los ácidos grasos son transportados dentro de las mitocondrias con la ayuda de otra enzima, la *carnitintransferasa* (CT). En las mitocondrias liberan fragmentos de dos carbonos (acetil) en un proceso denominado *betaoxidación*. El acetil se une a la *coenzima A sintetasa* (la A significa ácido acético) para formar *acetil-coenzimaA* (*acetil-CoA*). La enzima *acetil-CoA sintetasa* cataliza el proceso de unir el acetil con la coenzima A. La enzima acetil-CoA luego entra dentro del ciclo de Krebs, donde puede participar en el reciclaje del ATP de la misma forma que el glucógeno. Una vez dentro del ciclo de Krebs, cada molécula de ácido graso puede formar 147 moléculas de ATP (McArdle,

Katch y Katch, 1996).

El tejido adiposo proporciona alrededor de la mitad de la grasa movilizada para obtener la energía durante el ejercicio. La grasa almacenada en las células musculares proporciona la otra mitad. Las fibras musculares de contracción lenta tienen mayor capacidad para el metabolismo de las grasas que las fibras de contracción rápida porque las primeras tienen más grasa almacenada en ella, presentan un mayor riego sanguíneo y pueden transportar grasa adicional del tejido adiposo con más rapidez. Las fibras de contracción lenta también tienen más mitocondrias, donde la grasa tanto de la sangre circulante como de los músculos puede metabolizarse. La tasa de metabolismo de las grasas en las fibras de contracción lenta ha sido estimada en 10 veces la misma tasa en sus equivalentes de contracción rápida (Brooks y Fahey, 1984). Por consiguiente, los nadadores de fondo, que generalmente tienen un mayor porcentaje de fibras de contracción lenta, queman más grasa (y menos glucógeno muscular) para obtener la energía durante el entrenamiento. Por lo tanto, los nadadores de fondo deben agotar su provisión de glucógeno muscular más lentamente. Ésta puede ser una de las razones por las que parecen tolerar días y semanas sucesivos de entrenamientos duros mejor que los velocistas.

El papel principal desempeñado por el metabolismo de las grasas para reponer el ATP de los nadadores ocurre durante el entrenamiento. El metabolismo de las grasas puede proporcionar una cantidad significativa de energía durante largas series de repeticiones nadadas a velocidades moderadas, reduciendo así la tasa del uso del glucógeno muscular y retrasando la fatiga. El metabolismo de las grasas probablemente proporciona entre un 30% y un 50% de la energía total utilizada durante sesiones típicas de 2 horas que incluyen una cantidad significativa de entrenamiento de resistencia (Ahlborg, Hagenfeld y Wahren, 1974). La provisión de energía para las carreras de velocidad y las repeticiones rápidas de resistencia son otra cosa. El proceso del metabolismo de las grasas es sencillamente demasiado lento para proporcionar más que una pequeña cantidad de la energía necesaria para sostener velocidades altas nadando. Por consiguiente, la contribución de las grasas al reciclaje del ATP cae dramáticamente cuando los deportistas nadan a velocidades que aproximan y exceden su umbral anaeróbico. Por lo tanto, la mayor parte de la energía para estos esfuerzos

debe venir del glucógeno y de la glucosa.

Debería mencionar que la cantidad de energía proporcionada por el glucógeno muscular disminuye al continuarse el entrenamiento porque la provisión de glucógeno muscular se reduce considerablemente después de la primera hora del entrenamiento.

Las proteínas

Las proteínas son sinónimas de la fuerza porque son los elementos básicos estructurales de los músculos y están íntimamente implicadas en la reparación y la reconstrucción de estos tejidos. Lo que es menos conocido es el papel que desempeñan en la resistencia. Muchos de los componentes estructurales de los músculos que están implicados en el metabolismo aeróbico están hechos de proteínas. Uno de los más importantes son las *mitocondrias*, donde tiene lugar el metabolismo aeróbico. La hemoglobina y la mioglobina, los componentes transportadores de oxígeno de la sangre y de los músculos, también contienen proteínas. Las enzimas se forman de proteínas, al igual que las hormonas. Las proteínas también representan uno de los amortiguadores más importantes del cuerpo. Por esto, desempeñan un papel en la regulación del equilibrio entre la acidez y la alcalinidad de los líquidos corporales (equilibrio ácido-base) durante el ejercicio.

Las proteínas se componen de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno dispuestos de una variedad de maneras para formar grandes combinaciones de aminoácidos. El cuerpo no tiene depósitos para almacenar las proteínas. Todo está contenido en el cuerpo como partes importantes de los tejidos, de la sangre, de las hormonas y de las enzimas. Los componentes estructurales del cuerpo que contienen estos aminoácidos están continuamente sometidos a un proceso de degradación y reposición.

Además de sus otras funciones, las proteínas pueden proporcionar

pequeñas cantidades de energía para el reciclaje del ATP durante el ejercicio. Es lo que ocurre cuando una parte del nitrógeno de ciertos aminoácidos, principalmente leucina e isoleucina, es recogida y pasada a otras proteínas para formar nuevos aminoácidos. Las partes carboxílicas que quedan de los viejos aminoácidos pueden entonces convertirse en acetil-CoA para poder entrar dentro del ciclo de Krebs y ser metabolizadas para obtener energía de la misma forma que la glucosa.

Al igual que reciclar el ATP de la grasa, el reciclaje de ATP de las proteínas es un proceso aeróbico lento que requiere muchos pasos antes incluso de que las partes carboxílicas de los aminoácidos degradados entren en el ciclo de Krebs. El metabolismo de las proteínas es el método más lento y menos económico de reciclar el ATP.

Podrías preguntarte por qué los deportistas necesitan reciclar el ATP metabolizando las proteínas cuando tienen disponibles las grasas. Lo hacen porque los músculos deben contener una cierta cantidad de glucosa para metabolizar las grasas para obtener energía (McArdle, Katch y Katch, 1996). Cuando se convierten los ácidos grasos libres en acetil-CoA, deben combinarse con el ácido oxaloacético antes de que la grasa pueda entrar en el ciclo de Krebs y ser oxidada. El ácido oxaloacético es producido principalmente por el metabolismo de la glucosa. Por lo tanto, debe haber suficiente glucosa disponible para producir el ácido oxaloacético antes de que se pueda metabolizar la grasa en el ciclo de Krebs. Por consiguiente, cuando la provisión de glucosa de un deportista es muy baja, no tiene otra opción excepto depender más de la proteína de los mismos músculos para reciclar el ATP.

Dado que es un proceso extremadamente lento, el metabolismo de las proteínas no aporta una cantidad sustancial de energía durante la competición, pero sí contribuye a la provisión de la energía para el entrenamiento. Se ha estimado que el catabolismo (la degradación) de las proteínas proporciona entre un 10% y un 15% de la necesidad total de energía durante una sesión de entrenamiento de 2 horas (McArdle, Katch y Katch, 1996). Los deportistas deben mantener provisiones adecuadas de glucógeno y glucosa en sus músculos durante el entrenamiento para que no utilicen cantidades excesivas de proteínas para obtener energía. Si lo hicieran, harían

que los músculos perdiesen una parte de su contenido proteico y, por lo tanto, una parte de su fuerza y resistencia.

La pequeña cantidad que suelen utilizar puede reponerse generalmente durante una noche, de manera que las adaptaciones del entrenamiento no deben ser afectadas de forma negativa. Pero cuando los deportistas se entrenan estando las provisiones del glucógeno muscular bajas, los efectos negativos pueden llegar a ser significativos. Por ejemplo, si el glucógeno muscular de un deportista está en un nivel bajo a causa de los días previos de entrenamiento, la cantidad de energía derivada del catabolismo de las proteínas puede aumentar desde un 15% hasta un 45% (McArdle, Katch y Katch, 1996). La energía para el reciclaje del ATP proporcionada por las proteínas también aumentará de forma significativa durante largas sesiones de entrenamiento continuas si se agotan las provisiones de glucógeno muscular y hepático. Cuando la cantidad de proteínas metabolizada para obtener energía llega a ser tan grande que los atletas no la pueden reponer de forma regular, pueden literalmente canibalizar los componentes estructurales de las proteínas contráctiles, las mitocondrias, la mioglobina y las enzimas metabólicas dentro de sus músculos. A lo largo del tiempo, la pérdida puede hacerse tan importante que pierden fuerza y resistencia (Lehmann *et al.*, 1996).

Cuando la proteína es metabolizada, las partes del nitrógeno que quedan de los aminoácidos utilizados para proporcionar energía para el reciclaje del ATP deben ser eliminadas del cuerpo. En los seres humanos, el nitrógeno es excretado en la orina como urea. Por esta razón, algunos investigadores han sugerido que utilizar medidas de urea es una indicación de un uso excesivo de proteínas. Hablaré del uso de la urea para este fin con más detalle en el capítulo dedicado al sobreentrenamiento más adelante en este libro.

Las tres etapas del metabolismo energético

El cuerpo humano recicla el ATP utilizando tres diferentes sistemas bioquímicos. Dos de estos no requieren oxígeno y, por lo tanto, se consideran anaeróbicos (que significa sin oxígeno). Debe haber una provisión estable de oxígeno para que opere la tercera, y por esto se llama aeróbico (que significa con oxígeno). Estos sistemas metabólicos tienen varios nombres. El sistema más sencillo y más rápido de los anaeróbicos en términos del reciclaje del ATP normalmente se llama el *sistema ATP-CP*, el *sistema no aeróbico* o el *sistema alactácido*.

Los diferentes términos utilizados para identificar el otro sistema anaeróbico son *metabolismo anaeróbico*, el *sistema lactácido* y *glucólisis anaeróbica*. Utilizaré el término de *metabolismo anaeróbico* cuando me refiero a él en este texto. La última fase del metabolismo, la que requiere oxígeno, ha sido llamada el *sistema aeróbico*, el *metabolismo aeróbico* o *glucólisis aeróbica*. Utilizaré el término de *metabolismo aeróbico* cuando me refiero a ella.

Cada uno de estos sistemas recicla el ATP a diferentes velocidades, una velocidad determinada mayormente por el número de pasos intermedios que deben realizar antes de formar el ATP de nuevo. Como se mencionó anteriormente, el sistema ATP-CP es el más rápido de los tres, la glucólisis anaeróbica es el siguiente más rápido, y el metabolismo aeróbico es con mucho el método más lento para reciclar el ATP. La velocidad del reciclaje del ATP mediante el metabolismo anaeróbico es aproximadamente la mitad de la del sistema ATP-CP, y la del metabolismo aeróbico es otra vez la mitad de rápida que el metabolismo anaeróbico.

El sistema ATP-CP

La fase ATP-CP del proceso metabólico se refiere al reciclaje rápido del ATP mediante la degradación del creatinfosfato. Cuando un impulso nervioso estimula una fibra muscular para que se contraiga, los filamentos de esta fibra, la *miosina* y la *actina*, se combinan. Activan la enzima *ATPasa*. Esta enzima con agua hace que una de las uniones del fosfato se suelte de la

molécula de ATP. En el proceso, la energía química de la unión de fosfato se libera y se convierte en energía mecánica que la fibra muscular puede utilizar para realizar el trabajo de la contracción. Este proceso es muy rápido, de manera que la contracción pueda ocurrir inmediatamente y la fibra muscular pueda ejercer una fuerza máxima. Por lo tanto, el sistema de ATP-CP no limita la cantidad total de fuerza que ejerce el músculo, sino que el número de fibras que se están contrayendo al mismo tiempo determina la cantidad total de fuerza ejercida por un músculo grande.

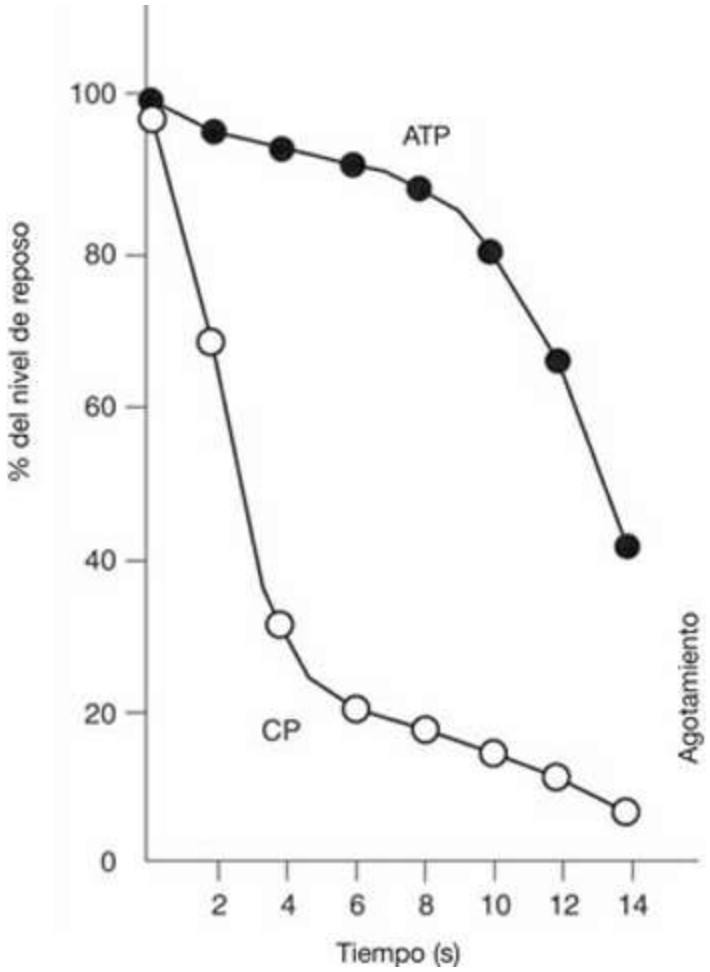


Figura 10.5. El patrón del uso de ATP y CP durante pruebas cortas de velocidad.

Adaptada de Wilmore y Costill, 1999.

La degradación de una molécula de ATP libera 7,3 Calorías de energía química (McArdle, Katch y Katch, 1996). Parte de ésta es convertida en energía mecánica y utilizada por los músculos para la contracción, y el resto es convertido en energía térmica. El porcentaje de la energía total utilizada para el trabajo determina la eficacia del mismo. Por ejemplo, cuando la eficacia de un nadador es cuantificada en un 14%, una eficacia típica cuando se nada estilo libre (Pendergast *et al.*, 1978), sólo un 14% de la energía química liberada es utilizada para el trabajo de la contracción muscular. El restante 86% es convertido en energía térmica.

Aunque se ha afirmado ampliamente que las fibras musculares del ser humano contienen bastante creatinfosfato para reciclar ATP durante 10 a 15 s, parece que sólo aproximadamente la mitad de esta cantidad puede utilizarse en la conversión rápida de ADP a ATP antes de que la formación de ácido láctico desacelere este proceso (di Prampero, 1971). Por lo tanto, como se mencionó anteriormente, las fibras musculares pueden contraerse a una velocidad máxima durante sólo 4 a 6 s porque la provisión del CP en los músculos disminuye en dos etapas. Se reduce rápidamente durante los primeros 4 a 6 s de esfuerzo y luego más lentamente durante el resto de la carrera (Hasson y Barnes, 1986). El gráfico presentado en la figura 10.5 ilustra este proceso.

Dado que existe una provisión tan pequeña, la mayor parte de la energía necesaria para reponer el ATP es proporcionada por el creatinfosfato sólo durante los primeros segundos del ejercicio. Al disminuir dicha provisión, el glucógeno muscular se convierte en una fuente cada vez mayor de energía. A los 10 segundos de esfuerzo, el creatinfosfato y el glucógeno muscular estarán proporcionando cantidades iguales de energía para la reposición del ATP. El glucógeno muscular llega a ser la fuente principal de la energía para la reposición del ATP después de aproximadamente 15 s, con el creatinfosfato continuando su participación a un ritmo menor. Después de 20 segundos de ejercicio, la contribución del creatinfosfato a la reposición del ATP es ínfima (Greenhaff y Timmons, 1998).

El metabolismo anaeróbico

Aproximadamente 5 s después del comienzo de una carrera y durante toda la prueba, el glucógeno se convierte en la fuente principal de energía y fosfato para el reciclaje del ATP. El proceso tiene dos fases. La primera fase es anaeróbica y libera energía y fosfato rápidamente, mientras que la segunda fase es aeróbica y recicla el ATP a un ritmo más lento. Describiré el proceso anaeróbico primero. Se utiliza el término *metabolismo anaeróbico* comúnmente cuando se refiere a esta fase metabólica. Sin embargo, técnicamente debería llamarse *glucólisis anaeróbica* porque se refiere a los primeros 11 pasos del metabolismo del glucógeno muscular a glucosa y finalmente a piruvato o ácido láctico.

La velocidad del reciclaje del ATP mediante este proceso es alrededor de la mitad de la del sistema ATP-CP, de manera que la velocidad y la fuerza de los músculos se reducirán necesariamente y los deportistas no podrán mantener la velocidad máxima cuando se convierte en la principal fuente de energía para el reciclaje del ATP (Hultman y Sjoholm, 1986).

Un grupo de enzimas cataliza la glucólisis anaeróbica y controla su ritmo. El entrenamiento de la velocidad puede aumentar la actividad de estas enzimas y, por lo tanto, la velocidad de la glucólisis anaeróbica. La figura 10.6 ilustra los pasos implicados en la glucólisis anaeróbica, además de las enzimas implicadas.

En la mayoría de los casos, el proceso empieza con la conversión del glucógeno muscular en glucosa, un proceso catalizado por una forma activada de la enzima *fosforilasa*. Después de este paso inicial, el metabolismo de la glucosa prosigue mediante 10 etapas adicionales, terminando con la formación de *ácido pirúvico* a expensas del fosfoenolpiruvato. El fosfoenolpiruvato se disocia inmediatamente a piruvato ($C_3H_4O_3$) mediante la pérdida de uno de sus hidrogeniones. La enzima *piruvatocinasa* cataliza este proceso. Todas estas reacciones tienen lugar en el protoplasma (citoplasma) de la célula muscular y, como se indicó anteriormente, no requieren oxígeno.

Los hidrogeniones (H^+) son también liberados continuamente de la

glucosa en una etapa anterior del proceso de la glucólisis anaeróbica. Los hidrogeniones son átomos con carga eléctrica que contienen energía en los electrones (+) que llevan. La fase anaeróbica de la glucólisis termina con la formación de piruvato e hidrogeniones. En este momento ambas sustancias continuarán siendo metabolizadas en la fase aeróbica de la glucólisis si hay bastante oxígeno disponible para este fin. Sin embargo, cuando la provisión de oxígeno es insuficiente, como es siempre el caso en la natación de alta intensidad, una parte del piruvato y de los hidrogeniones se combinarán para formar *ácido láctico* ($C_3H_6O_3$). La enzima *lactatodeshidrogenasa* (LDH), particularmente la forma muscular de esta enzima, cataliza esta reacción. El ácido láctico causa la disminución del pH de las células musculares de su valor neutro de reposo de 7,0 y hace que el interior de la célula se vuelva ácido. El ácido láctico es evidentemente ácido, y cuando se acumula en los músculos, desarrollan la acidosis. Se cree que la acidosis es la causa principal de la fatiga en todas las pruebas que duran más de 20 a 30 s. Tendré más que decir acerca de la acidosis y su papel en la fatiga durante el ejercicio más adelante en este capítulo.

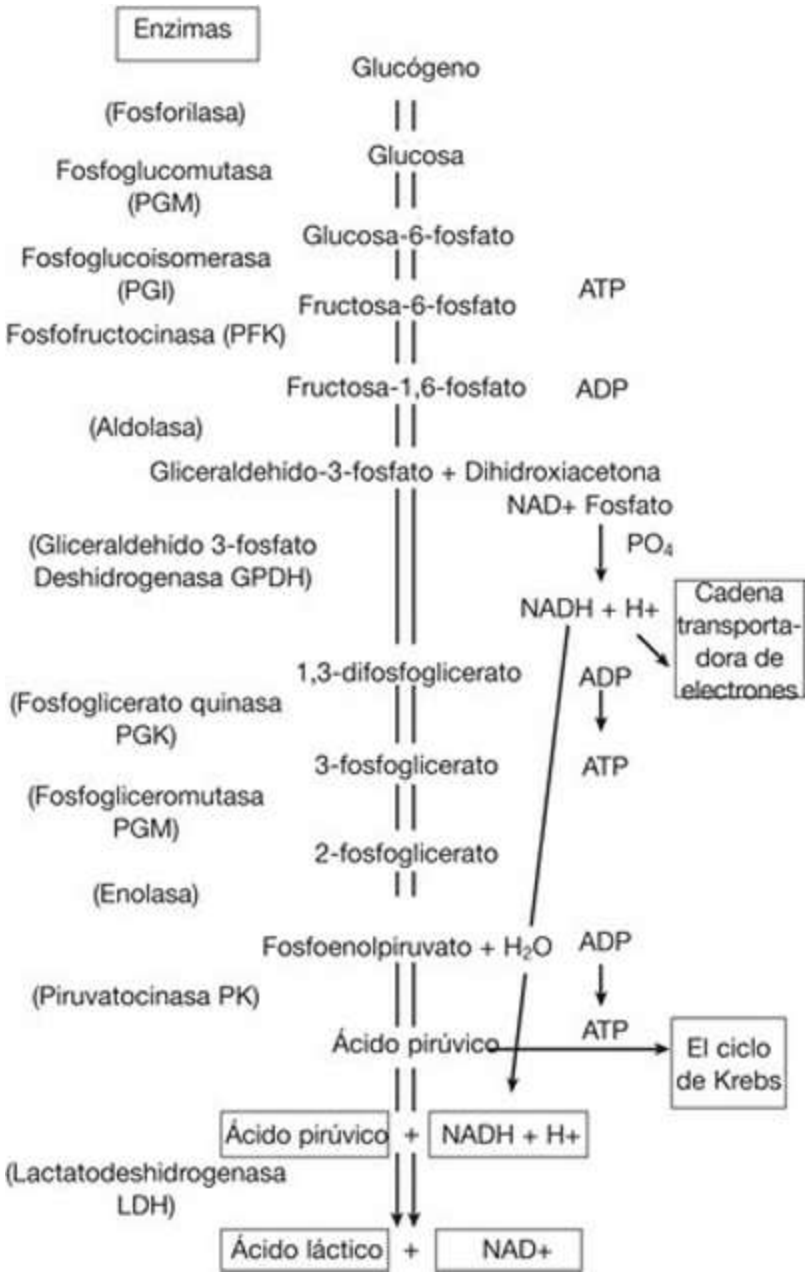


Figura 10.6. El proceso de la glucólisis anaeróbica, incluyendo las enzimas que catalizan el proceso.

El metabolismo aeróbico

Cuando hay bastante oxígeno disponible, los productos finales de la glucólisis anaeróbica, el piruvato y los hidrogeniones, entrarán en la fase aeróbica del mismo proceso, donde pueden ser metabolizados más para proporcionar energía que para la reposición del ATP. Los hidrogeniones pueden proporcionar la energía para el reciclaje del ATP cuando se oxidan en la cadena transportadora de electrones, y el piruvato puede proporcionar fosfato cuando es metabolizado en el ciclo de Krebs. La glucólisis aeróbica es el método más eficaz para reciclar el ATP porque no produce ninguno de los productos finales que causan fatiga. Los productos del metabolismo aeróbico son dióxido de carbono y agua, y ambos pueden ser fácilmente eliminados del cuerpo durante el ejercicio. Este proceso requiere oxígeno, de manera que se considera de naturaleza aeróbica. Cuando está disponible una gran provisión de oxígeno, más piruvato e hidrogeniones serán oxidados y se combinarán menos para formar el ácido láctico. Por consiguiente, se producirá menos ácido láctico y se retrasará la acidosis.

La capacidad de cada deportista para metabolizar el piruvato y los hidrogeniones tiene un límite superior, determinado por la capacidad máxima del deportista para consumir oxígeno ($\dot{V}O_2$máx). Los deportistas pueden nadar durante mucho tiempo sin sufrir acidosis mientras que su provisión de oxígeno es suficiente para metabolizar casi todo el piruvato e hidrogeniones que producen a dióxido de carbono y agua. Dos de los objetivos principales del entrenamiento son mejorar la eficacia de la brazada y aumentar la provisión de oxígeno al músculo. La primera adaptación, una mejor eficacia de la brazada, reducirá el coste energético de la natación para que los nadadores puedan nadar más rápidamente sin aumentar mucho la cantidad de oxígeno que necesitan. La segunda adaptación, aumentar la provisión de oxígeno, les permite metabolizar más piruvato e hidrogeniones para que puedan nadar más rápidamente sin producir grandes cantidades de ácido láctico.

La fase aeróbica de la glucólisis es mucho más eficaz que la fase anaeróbica porque permite el reciclaje de un mayor número de moléculas de ATP. Cada molécula de glucosa puede producir 39 moléculas de ATP cuando la glucosa es metabolizada aeróbicamente, pero cada molécula de glucosa sólo puede producir 3 moléculas de ATP cuando el proceso anaeróbico termina con la formación de piruvato en hidrogeniones (Shephard, 1982). La

desventaja de la fase aeróbica de la glucólisis es que el proceso es mucho más largo que el proceso anaeróbico y, por lo tanto, más lento. La liberación de la energía de la glucosa mediante este proceso tarda dos veces el de la glucólisis anaeróbica para el mismo propósito.

Como se indicó anteriormente, el cuerpo puede metabolizar las grasas y las proteínas aeróbicamente. Pero primero los tienen que convertir en un producto secundario intermedio del metabolismo glucolítico para que puedan entrar en el ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones. Las grasas y las proteínas lo hacen cuando son transformadas en acetil-CoA, un compuesto que puede entrar en el ciclo de Krebs.

El metabolismo aeróbico consta principalmente de dos procesos: el ciclo de Krebs y la cadena transportadora de electrones. El piruvato se metaboliza en dióxido de carbono en dicho ciclo y sus electrones son metabolizados en agua en la cadena transportadora de electrones. Ambos procesos liberan una gran cantidad de energía y fosfato para el reciclaje del ATP.

El ciclo de Krebs

La figura 10.7 ilustra un diagrama del ciclo de Krebs. Este proceso también es conocido como el *ciclo del ácido cítrico* y el *ciclo de los ácidos tricarboxílicos* (TCA). Una parte del piruvato que fue producido en los primeros 11 pasos de la glucólisis entra en el ciclo de Krebs mediante su unión con la coenzima A para formar acetil-CoA. Dentro del ciclo de Krebs, la acetil-CoA se une al ácido oxaloacético para formar ácido cítrico, el mismo ácido cítrico que se encuentra en los frutos cítricos. Luego tiene lugar la degradación del ácido cítrico de una manera rápida y circular hasta que la acetil-CoA se disocia para formar dióxido de carbono y átomos de hidrógeno. Los átomos de hidrógeno y sus electrones se combinan con *nicotinamín adenindinucleótido* (*NAD*$^+$) y *flavín adenindinucleotido* (*FAD*) para que puedan entrar en la cadena transportadora de electrones donde serán convertidos en agua. La mayor parte de los hidrogeniones se combinan con el NAD$^+$. El FAD desempeña un papel menos importante en el proceso.

Un gran número de enzimas regula el ciclo de Krebs, las más importantes de las cuales se ilustran también en la figura 10.7. El entrenamiento de la resistencia aumenta la actividad de estas enzimas para que más piruvato pueda entrar en el ciclo de Krebs durante cada minuto de ejercicio.

La cadena transportadora de electrones

La figura 10.8 muestra un esquema de la cadena transportadora de electrones. Los átomos de hidrógeno liberados durante la fase anaeróbica de la glucólisis y los liberados dentro del ciclo de Krebs se combinarán finalmente con el oxígeno para formar agua durante esta fase del proceso aeróbico. Como se mencionó previamente, los hidrogeniones producidos durante el metabolismo anaeróbico se pasan a la coenzima NAD^+para formar $NADH + H^+$ (NADH y un hidrogenión), donde pueden ser convertidos en agua (H_2O) a través de la cadena transportadora de electrones. Los hidrogeniones que fueron liberados en el ciclo de Krebs se combinan con FAD para formar $FADH_2$ (FAD más dos hidrogeniones) dentro de las mitocondrias de la fibra muscular, de manera que puedan entrar en la cadena transportadora de electrones. Dentro de la cadena transportadora de electrones, tanto el $NADH + H^+$como el $FADH_2$ los pasan en forma de cadena a la coenzima Q y luego a una serie de enzimas llamadas *citocromos*. Los citocromos están compuestos de hierro y proteínas. La parte de hierro (férrica) puede quitar los hidrogeniones del $NADH + H^+$ y del $FADH_2$ y transferirlos al próximo citocromo de la cadena. La energía contenida en los hidrogeniones se libera en varios puntos de transferencia a lo largo de la cadena y se une al ADP par formar ATP. El hidrógeno que permanece se combina con el oxígeno para formar agua. Esto libera el NAD^+y el FAD para unirse con más hidrogeniones y seguir el proceso del reciclaje del ATP. Más del 90% del reciclaje del ATP tiene lugar en la cadena transportadora de electrones.

El proceso de quitar los hidrogeniones es importante porque es el principal procedimiento para retrasar la acidosis. Los hidrogeniones en el ácido láctico, no el ácido láctico *per se*, reducen el pH muscular. Por lo tanto, es importante

quitar cuántos más hidrogeniones sea posible durante el ejercicio para que no combinen con el piruvato y formen ácido láctico. Es mucho más difícil quitar los átomos de hidrógeno después de la formación de ácido láctico.

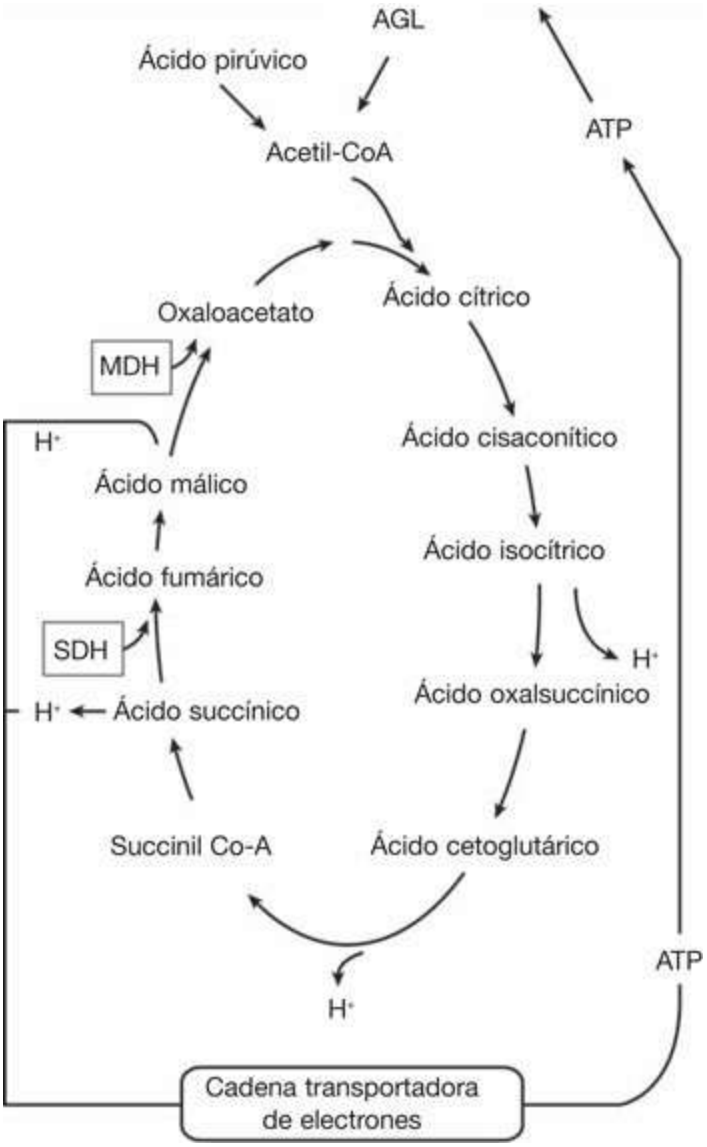


Figura 10.7. El ciclo de Krebs.

Adaptada de Costill, 1978

El papel de la mioglobina y las mitocondrias musculares en el metabolismo anaeróbico

El metabolismo anaeróbico tiene lugar en el citoplasma (protoplasma) de las células musculares. El metabolismo aeróbico tiene lugar en las mitocondrias de las células musculares. Las mitocondrias son cuerpos con forma de bastón situados dentro del citoplasma de las células musculares. Se conocen comúnmente como las centrales de energía de la célula porque más del 90% del ATP repuesto durante el ejercicio de resistencia se forma gracias a lo que sucede en las mitocondrias.

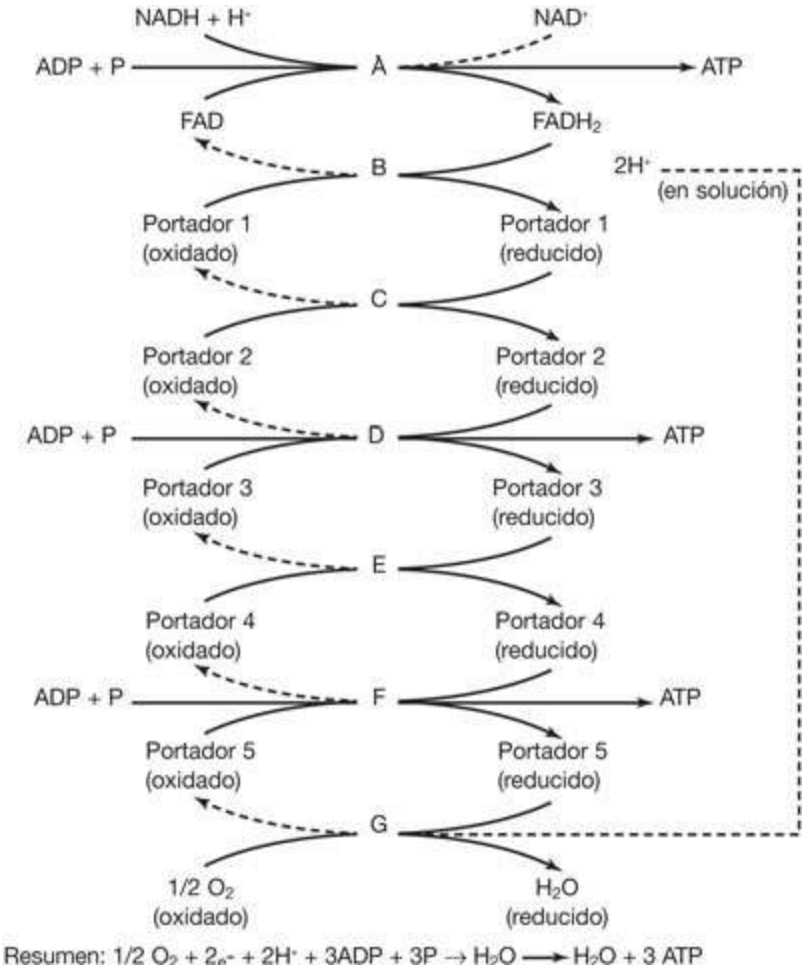


Figura 10.8. La cadena transportadora de electrones.

Adaptada de Lamb, 1978

Los productos del metabolismo anaeróbico, el piruvato y los hidrogeniones, deben entrar en las mitocondrias antes de que puedan ser metabolizados aeróbicamente. También el oxígeno debe ser transportado a las mitocondrias para que ocurra el metabolismo aeróbico. El oxígeno se difunde a través de la membrana celular, donde lo recoge la *mioglobina* y lo transporta a las mitocondrias. La figura 10.9 es un dibujo esquemático de una fibra muscular ilustrando la situación de las mitocondrias y el oxígeno difundiéndose a las células musculares desde los capilares, después de lo cual la mioglobina lo transporta hasta las mitocondrias. El entrenamiento de la resistencia puede aumentar la cantidad de mioglobina que hay en los músculos para que más oxígeno pueda ser transportado por la célula muscular. Además, el entrenamiento de la resistencia aumentará tanto el tamaño como el número de las mitocondrias dentro de las células musculares de manera que estén disponibles para el metabolismo aeróbico más áreas con superficies mayores. Quiero describir el papel del oxígeno en el metabolismo aeróbico con más profundidad a causa de su importancia para la resistencia.

El papel del oxígeno en el metabolismo aeróbico

El oxígeno es un regulador principal del ritmo de liberación de la energía mediante el metabolismo aeróbico porque es el receptor final del hidrógeno en la cadena transportadora de electrones. Por consiguiente, cuando hay oxígeno en las mitocondrias, se impide que muchos de los hidrogeniones producidos durante el metabolismo anaeróbico se combinen con el piruvato para formar ácido láctico.

Si el consumo de oxígeno de un nadador de medio fondo o fondo aumenta, podrá mantener un ritmo dado mientras produce menos ácido láctico. Por lo

tanto, el nadador puede retrasar los efectos de la acidosis sobre el rendimiento hasta el acelerón final de la llegada. Los velocistas también pueden beneficiarse de un mayor consumo de oxígeno, aunque no tanto como los nadadores de medio fondo y fondo. Un aumento del consumo de oxígeno de un velocista hará que una pequeña cantidad adicional de oxígeno esté disponible en el tiempo en que tarda para nadar 100 metros o yardas. Con más oxígeno disponible, el nadador puede utilizar el metabolismo anaeróbico a un ritmo más rápido sin aumentar tanto la producción de ácido láctico.

El papel del ácido láctico y del pH muscular en la fatiga

Se cree que una disminución del pH muscular, o la acidosis, es la causa principal de la fatiga en todas las pruebas de natación de 50 m o más. La acidosis interfiere con la concentración mental y el metabolismo de la energía de una serie de maneras que hacen que sea imposible que los nadadores mantengan su velocidad. El efecto de la acidosis sobre la velocidad será presentado en detalle más adelante en este capítulo. De momento, quiero seguir describiendo el mecanismo de la acumulación de ácido láctico.

El ácido láctico y la fatiga

Los niveles de ácido láctico musculares están entre 1,0 y 2,0 mmol por kilogramo de tejido muscular húmedo (1,0 a 2,0 mmol/kg) en reposo y pueden aumentar hasta entre 25 y 30 mmol/kg durante esfuerzos máximos que duran un minuto o más (Bangsbo *et al.*, 1990). Las concentraciones de lactato sanguíneo también están entre 1,0 y 2,0 mmol/l en reposo y pueden aumentar hasta entre 10 y 20 mmol/l durante esfuerzos máximos. Los nadadores velocistas pueden normalmente alcanzar niveles de ácido láctico en los músculos que están en la parte alta del rango de 10 a 20 mmol/kg durante esfuerzos máximos, mientras que los nadadores de fondo están

normalmente en la parte baja del rango.

Cuando no se dispone de suficiente oxígeno, el metabolismo anaeróbico causará la acumulación de ácido láctico en los músculos. Una parte del exceso de piruvato se combinará con amoniaco para formar alanina. Sin embargo, la mayor parte del exceso se combinará con los hidrogeniones que no pudieron entrar en la cadena transportadora de electrones para formar ácido láctico. Una vez formado, el ácido láctico se divide inmediatamente en lactato e hidrogeniones. A causa de su acidez, la acumulación de hidrogeniones en los músculos bajará su pH. Una disminución del pH causará una pérdida de fuerza muscular y de velocidad.

Durante un tiempo los científicos creyeron que el ácido láctico no se producía hasta que se había agotado la provisión de CP en los músculos. Sin embargo, ahora sabemos que el metabolismo anaeróbico ocurre simultáneamente con la degradación del CP, de manera que el ácido láctico está siendo producido desde los primeros segundos del ejercicio. Se ha demostrado que el ácido láctico aumenta en los músculos y la sangre de sujetos a los 2 s de empezar el ejercicio (Magaria, Cerretelli y Mangill, 1964), y la producción de esta sustancia representa casi el 50% de la energía liberada para el reciclaje del ATP a los 2 s de haber comenzado el ejercicio (Hultman y Sjoholm, 1986).

A pesar de sus efectos en la contracción muscular, el ácido láctico de hecho beneficia el rendimiento. La producción de ácido láctico permite al cuerpo trabajar más allá de la velocidad que podría mantener únicamente con el metabolismo aeróbico. Un deportista no podría mantener una velocidad competitiva en ninguna carrera si no fuera por la capacidad de los músculos de proporcionar energía anaeróbicamente, que, por supuesto, conduce a la producción del ácido láctico y a la acidosis. El éxito competitivo es el resultado del control de la tasa y el grado de acidosis para mantener una velocidad media más rápida durante toda la carrera.

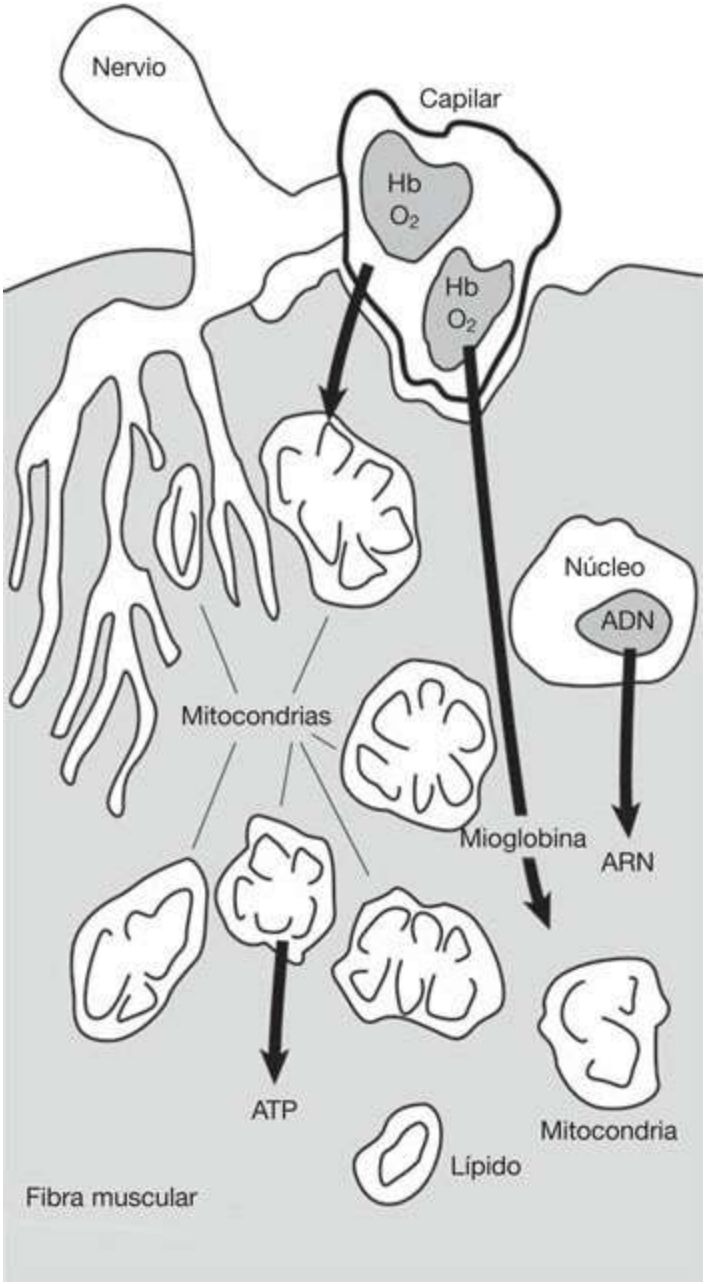


Figura 10.9. Una fibra muscular, ilustrando el camino de la difusión de oxígeno desde los capilares hasta las mitocondrias.

Adaptada de Edington y Edgerton, 1976

Factores que afectan la tasa de acumulación de ácido láctico. La cantidad

de ácido láctico que se acumula en los músculos está determinada por el equilibrio entre su tasa de producción y su tasa de eliminación.

Estas dos tasas están generalmente equilibradas durante el ejercicio de una intensidad baja a moderada. Por lo tanto, se acumula poco o nada de ácido láctico adicional en los músculos. A velocidades mayores, la tasa de producción excederá la tasa de eliminación de manera que se acumulará ácido láctico adicional en las fibras musculares. La tasa de producción de ácido láctico en las fibras musculares depende de:

- La velocidad.
- La tasa del consumo de oxígeno.
- El tipo de fibra muscular.

Las velocidades más altas requieren que se contraigan más fibras musculares a un ritmo más rápido. La liberación de la energía desde el ATP rápidamente reciclado hace posible estas contracciones. Por lo tanto, el piruvato y los hidrogeniones se combinan a un ritmo más rápido del que pueden ser metabolizados aeróbicamente, lo que conduce a un aumento de la tasa de producción de ácido láctico.

En cuanto a la capacidad aeróbica, el consumo de oxígeno de las fibras musculares está relacionado directamente con la tasa de la producción de ácido láctico dentro de ellas. Con más oxígeno disponible, más piruvato e hidrogeniones producidos durante el metabolismo anaeróbico pueden ser oxidados, dejando menos disponibles para convertirse en ácido láctico. Por lo tanto, cuando se consume más oxígeno, el ácido láctico se acumulará a un ritmo más lento a cualquier intensidad de ejercicio. Por esta razón, mejorar el consumo de oxígeno es importante para el rendimiento en pruebas de resistencia.

Con respecto a los tipos de fibras musculares, las fibras musculares de contracción lenta tienen más mitocondrias en ellas y más capilares alrededor, de manera que puedan utilizar más del oxígeno que se consume. En cambio,

las fibras musculares de contracción rápida tienen menos mitocondrias y capilares. Como resultado, utilizan menos del oxígeno consumido y producen más ácido láctico que las fibras de contracción lenta a cualquier intensidad de ejercicio dada.

Un mecanismo adicional que afecta la tasa de acumulación de ácido láctico es la capacidad de eliminar el lactato durante el ejercicio. Durante años los científicos supusieron que el ácido láctico no podía ser eliminado durante el ejercicio. Creían que una vez que se había producido se quedaba en las fibras musculares hasta el término del ejercicio, después de lo cual se difundía a la sangre que se lo llevaba. Ahora parece que el ácido láctico puede ser eliminado de las fibras musculares mientras el ejercicio se está realizando. La investigación reciente indica que el proceso de eliminar el ácido láctico de los músculos durante el ejercicio puede reducir la tasa de acumulación de lactato en estos tanto o incluso más de lo que puede reducirlo el consumo de oxígeno (Brooks *et al.*, 1996).

Eliminación del ácido láctico. Algunos científicos han sugerido que las fibras musculares de los seres humanos contienen transportadores de proteínas cuya función es eliminar el ácido láctico de las fibras musculares (Bonen, Baker y Hatta, 1997; Bonen *et al.*, 1998; Wilson *et al.*, 1998). Estos transportadores pueden mover el ácido láctico del protoplasma de los músculos que trabajan, donde fue producido, a las mitocondrias de las mismas fibras musculares para que pueda ser convertido otra vez en piruvato y oxidado (Brooks *et al.*, 1996). También pueden transportar el ácido láctico de las fibras musculares donde está siendo producido a fibras musculares adyacentes que están mejor adaptadas para metabolizar esta sustancia. Este medio de eliminación es más común entre las fibras de contracción rápida y las de contracción lenta. Las fibras de contracción lenta son más capaces de metabolizar el ácido láctico. Por consiguiente, una parte del ácido láctico producido en las fibras de contracción rápida puede ser transportado directamente a través de su membrana celular a fibras adyacentes de contracción lenta, donde entrará en sus mitocondrias y será oxidado. Finalmente, el ácido láctico puede también dejar las fibras musculares de contracción rápida donde está siendo producido y pasar a la sangre circulante, que lo lleva a fibras de contracción lenta que están descansando, al hígado y al corazón, donde al final será oxidado a dióxido de carbono y agua o

convertido en glucógeno y almacenado como tal. Una parte del ácido láctico transportado al corazón también puede ser usado directamente como fuente de energía para las fibras del músculo cardíaco.

Las fibras musculares de contracción lenta también producen ácido láctico durante el ejercicio intenso, pero la tasa de producción será menor que la de las fibras de contracción rápida. No obstante, una parte del lactato de las fibras musculares de contracción lenta también puede ser transportada a la sangre circulante, lo que retrasa la aparición de la acidosis. Un volumen creciente de pruebas indican que el entrenamiento puede aumentar estos transportadores de lactato de manera que se acumule menos ácido láctico en las fibras musculares que trabajan con cualquier intensidad de ejercicio (Bonen, Baker y Hatta, 1997).

A pesar del hecho de que los mecanismos del consumo de oxígeno y de la eliminación de lactato reducen la tasa de acumulación de lactato, la tasa de producción de ácido láctico excederá todavía su tasa de eliminación durante el ejercicio intenso. Una cantidad considerable de ácido láctico permanecerá en el protoplasma de las fibras musculares donde fue producido cuando termine el ejercicio. Este ácido láctico será convertido otra vez en piruvato e hidrogeniones durante el período de recuperación que sigue al ejercicio. Desde allí puede ser metabolizado aeróbicamente a dióxido de carbono y agua o convertido en glucógeno y almacenado dentro de la fibra muscular.

Intensidad del ejercicio y acumulación de ácido láctico. El gráfico presentado en la figura 10.10 ilustra el efecto de diferentes intensidades de ejercicio sobre la acumulación del ácido láctico en los músculos. Un poco de ácido láctico está siendo producido siempre en los músculos. Como se indicó, la concentración de ácido láctico en los músculos será aproximadamente de 1,0 a 2,0 mmol por kilogramo de tejido muscular húmedo (de 1,0 a 2,0 mmol/kg). Los deportistas comenzarán a producir cantidades adicionales de ácido láctico en el instante en que empiezan el ejercicio, incluso cuando el metabolismo aeróbico puede proporcionar la energía necesaria. Durante incluso el ejercicio más ligero, los deportistas necesitan de 1 a 2 minutos para aumentar sus tasas de consumo de oxígeno lo bastante como para metabolizar el exceso de piruvato e hidrogeniones que están siendo producidos. Sin embargo, una vez que el consumo de oxígeno haya aumentado, la tasa de

producción de ácido láctico disminuirá y la mayor parte del lactato adicional será eliminado de manera que la cantidad en los músculos estará cerca del rango normal. La gráfica correspondiente a una intensidad de ejercicio fácil en la figura 10.10 indica esta respuesta.

El ejercicio de intensidad moderada hará que el ácido láctico en los músculos aumente de dos a cuatro veces el nivel de reposo en los primeros minutos.

Pero después de que el deportista esté consumiendo una cantidad razonable de oxígeno, la tasa de producción de ácido láctico disminuirá de manera que se mantendrá un nivel relativamente constante, aunque un poco elevado, hasta que termine el ejercicio. Este nivel de acumulación de ácido láctico es normalmente de entre 2 y 4 mmol/kg. La gráfica para el ejercicio de intensidad moderada en la figura 10.10 indica esta respuesta. La acidosis no causará fatiga a este ritmo porque la tasa de acumulación de ácido láctico no es suficiente para bajar el pH del músculo de forma significativa. Los deportistas pueden mantener este ritmo siempre que haya suficiente glucosa en sus músculos para proporcionar energía.

Cuando el ejercicio es intenso, la tasa de producción de ácido láctico será tan grande que se acumulará en los músculos hasta que, en algún momento, el pH de estos músculos disminuya tanto que el deportista se fatigue. Los deportistas normalmente escogen la velocidad de sus carreras de manera que esto no ocurra hasta que hayan recorrido la distancia total de la carrera. La gráfica del ejercicio intenso de la figura 10.10 indica esta respuesta. En este caso, el tiempo del ejercicio es 10 minutos y el nivel más alto de ácido láctico muscular que el deportista puede alcanzar es 22 mmol/kg, cuando ocurre una acidosis elevada. En carreras más cortas escogería una velocidad más alta y alcanzaría antes este nivel más alto de ácido láctico y acidosis elevada. Los lectores que están familiarizados con los niveles de ácido láctico deben recordar que las gráficas ilustradas en la figura 10.10 son para el ácido láctico muscular, que sería mucho más alto que el sanguíneo durante el ejercicio.

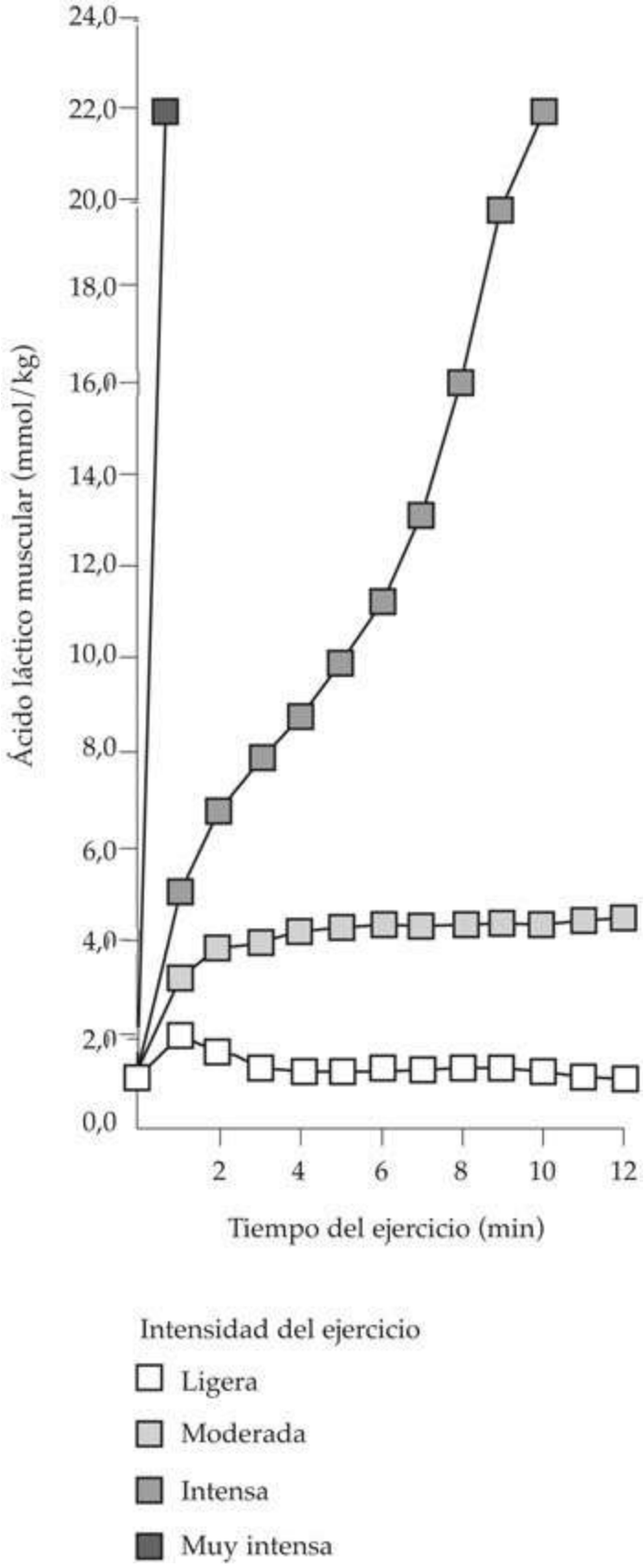

24,0
22,0
20,0
18,0
16,0
14,0
12,0
10,0
8,0
6,0
4,0
2,0
0,0
Ácido láctico muscular (mmol/kg)
2
4
6
8
10
12
Tiempo del ejercicio (min)
Intensidad del ejercicio
Ligera
Moderada
Intensa
Muy intensa

Figura 10.10. El patrón de la acumulación de ácido láctico en las fibras musculares que trabajan durante el ejercicio a intensidades que varían desde ligera a muy intensa.

Otra gráfica de la figura 10.10 indica la respuesta del ácido láctico muscular para una carrera de velocidad de 100 m. En este caso, la velocidad es casi máxima, y la tasa de producción de ácido láctico es tan rápida que se acumula al nivel máximo de 22 mmol/kg en menos de 1 minuto. La tasa de la acumulación es tan rápida que ocurre una acidosis elevada en un corto período de tiempo, tan deprisa que el deportista no podría retrasarla consumiendo oxígeno.

El lactato sanguíneo máximo, y probablemente las concentraciones de ácido láctico musculares, serán aproximadamente las mismas para pruebas que duran entre 40 s y 8 minutos. Las concentraciones serán un poco más bajas para las pruebas más largas, probablemente porque los deportistas tienen más tiempo para eliminar el ácido láctico con mayores distancias. En un estudio, las concentraciones más altas de lactato sanguíneo eran aproximadamente las mismas para un deportista después de 12 esfuerzos máximos que requerían entre 30 s y 8 min para completarlos (Hermansen, 1971). Los valores más altos de lactato sanguíneo para este sujeto estaban entre 18 y 22 mmol/l, independientemente de que la duración fuera de 30 s u 8 minutos. Para una prueba que duraba 10 minutos, su concentración más alta de lactato sanguíneo era ligeramente más baja, aproximadamente 15 mmol/l.

En todas las carreras, con la excepción de las de velocidad de 50 m, los deportistas deben nadar la primera parte de la prueba a una velocidad un poco menor que su máxima. Este ritmo permite una tasa menor del metabolismo anaeróbico para que la acumulación del lactato en los músculos no disminuya el pH demasiado deprisa. Los deportistas pueden permitirse nadar a una velocidad más cercana a su máxima en la primera parte de las carreras más cortas, como las de 100 ó 200 m, porque la prueba habrá casi terminado antes de que el pH de los músculos disminuya a un nivel bajo. No obstante, siguen teniendo que nadar la primera parte de estas pruebas a una velocidad que les permita alcanzar el final de las mismas antes de que la acumulación de lactato se vuelva tan elevada que no puedan mantener una velocidad competitiva.

Deben nadar la primera parte de las carreras más largas aún más lentamente por la misma razón. Presentaré algunas sugerencias sobre cómo escoger la velocidad apropiada para las pruebas más adelante en este libro.

La acidosis y la fatiga

En este momento debes comprender que no es el ácido láctico per se lo que causa la fatiga durante el ejercicio. Lo que de hecho la causa es el efecto que ejercen los hidrogeniones en el ácido láctico sobre el pH de las fibras musculares, donde se acumulan durante el ejercicio. Los hidrogeniones bajan el pH causando acidosis. A pesar de algunas opiniones en contra (Brooks y Fahey, 1984; Sapega *et al.*, 1988), la mayoría de los expertos creen que la acidosis es la principal causa de la fatiga en todas las pruebas de natación de más de 50 m o yardas.

Una disminución del pH muscular hará que los nadadores pierdan velocidad por varias razones. La más destacada de éstas es que la acidez de los líquidos intracelulares estimula los receptores del dolor, haciendo que los deportistas experimenten la sensación de una quemazón intensa. Algunos deportistas toleran este dolor mejor que otros. Algunos deportistas disminuirán su velocidad cuando el dolor alcance un cierto umbral. Otros pueden disminuir la velocidad antes de llegar a este umbral porque temen que no podrán terminar la carrera con un acelerón si no desaceleran temporalmente. Otros seguirán hacia delante a pesar del dolor. La capacidad de los deportistas para luchar a pesar del dolor se denomina a menudo la *tolerancia al dolor*.

Los entrenadores deben comprender que los nadadores, por muy grande que sea su tolerancia al dolor de un pH reducido, necesariamente desacelerarán cuando los líquidos dentro de sus músculos se vuelvan ácidos. El efecto se hará progresivamente más intenso al aumentar el grado de acidez. Esta circunstancia ocurrirá porque la tasa de reciclaje del ATP disminuye cuando el pH de los músculos cae por debajo de 7,0, y seguirá disminuyendo con cada unidad de 0,1 de bajada hasta que los nadadores no

puedan contraer sus músculos con bastante rapidez y potencia para mantener una velocidad competitiva. La tasa del metabolismo anaeróbico puede caer tanto que con valores de pH de 6,5 a 6,8 se formará poco ácido láctico adicional. Cuando esto ocurre, el deportista no podrá nadar más rápidamente de lo que permite su capacidad para generar la energía aeróbicamente. Esta velocidad será demasiado lenta para ser competitiva en cualquier prueba.

A velocidades altas, la acumulación de ácido láctico puede disminuir el pH muscular a valores de entre 6,6 y 6,4 en menos de 60 s. Una distancia de 100 m o yardas es, por lo tanto, el límite superior para las pruebas máximas de velocidad. Cuando los deportistas naden pruebas más largas a velocidades más lentas, el pH muscular disminuirá más lentamente. No obstante, la acidosis finalmente causará fatiga cuando la acumulación del ácido láctico supere su tasa de eliminación de los músculos y haga que el pH muscular caiga por debajo de 6,8.

La acidosis progresiva reduce la tasa del metabolismo anaeróbico por varias razones. Una es que los músculos necesitan más calcio para que ocurra la contracción muscular cuando el pH es bajo. El calcio activa el emparejamiento de los filamentos de miosina y actina dentro de las fibras musculares, causando la contracción. La velocidad de la contracción disminuirá si se requiere más calcio y no está inmediatamente disponible. La actividad de la ATPasa también disminuirá durante la acidosis, haciendo que se libere la energía del ATP a un ritmo menor. Se ha indicado que la actividad de la ATPasa disminuye en un 25% cuando el pH muscular se reduce de 7,1 a 6,5 durante el ejercicio (Portzehl, Zaoralek y Gaudin, 1969).

La tasa de actividad de las enzimas fosforilasa y fosfofructocinasa (PFK) también se verá inhibida cuando el pH muscular caiga por debajo de 7,0 (Hultman *et al.,* 1990). Estas enzimas son las principales reguladoras del metabolismo anaeróbico, y una reducción de su actividad disminuirá esta tasa. De hecho, el metabolismo anaeróbico será completamente inactivo cuando el pH muscular caiga hasta 6,4 (Danforth, 1965).

El ácido láctico será eliminado a un ritmo más lento cuando el pH muscular caiga por debajo de 7,0 (Hirche *et al.*, 1975) haciendo que se quede más en las fibras musculares, donde reducirá el pH más aún.

Algunos deportistas y entrenadores creen erróneamente que los competidores pueden superar la fatiga de la acidosis por la fuerza de la voluntad, y que un fuerte deseo de ganar permitirá a algunas personas continuar a pesar del dolor ardiente de la acidosis. Pero la tolerancia al dolor en sí no es suficiente para asegurar el éxito. Todos hemos visto a deportistas con gran coraje y deseo que simplemente no podían mantener la velocidad necesaria para ganar cuando la acidosis se volvió intensa. Los nadadores deben entrenarse para producir adaptaciones que les permitirán retrasar la acidosis intensa para que puedan mantener una velocidad media más rápida durante la parte media de las carreras. Luego, al nadar la parte final de la prueba, pueden utilizar su deseo y motivación para mantener la velocidad más rápida posible a pesar de una acidosis intensa.

La tasa y el grado de acidosis dependen, en gran medida, de tres factores:

1. La tasa de producción de ácido láctico dentro de las fibras musculares.
2. La cantidad que permanece en ellas después de ser producido.
3. Hasta qué punto el ácido láctico que queda puede ser amortiguado dentro de estos músculos.

Los primeros dos factores afectan el pH de la misma manera que afectan la acumulación de ácido láctico. Las secciones anteriores presentaron estos factores pero no mencionaron los amortiguadores. Los *amortiguadores* son sustancias en los músculos que pueden combinarse con los hidrogeniones y debilitarlos de manera que su efecto sobre el pH no sea tan potente. Cuando están operando los amortiguadores, una cantidad dada de ácido láctico no reducirá el pH muscular tanto como lo hubiera hecho sin ellos. Los amortiguadores permiten a los deportistas nadar a una velocidad dada durante un mayor tiempo sin fatigarse o nadar más rápidamente sin mayor fatiga. Los deportistas pueden aumentar los amortiguadores con el entrenamiento apropiado.

Los efectos de la acidosis

- Un aumento del calcio necesario para la contracción muscular.
- Una tasa reducida de la actividad de la ATPasa.
- Una tasa reducida de la actividad de la fosfofructocinasa.
- Una tasa reducida de la eliminación de ácido láctico de los músculos.
- Mayor dolor.

Resumen del metabolismo de la energía

Puede que la figura 10.11 haga más fácil comprender los tres sistemas de metabolismo de la energía. Recuerda que todas estas reacciones metabólicas están ocurriendo en cada fibra muscular individual que trabaja. Los procesos anaeróbicos ocurren en el protoplasma de las células musculares, y el metabolismo aeróbico tiene lugar en las mitocondrias.

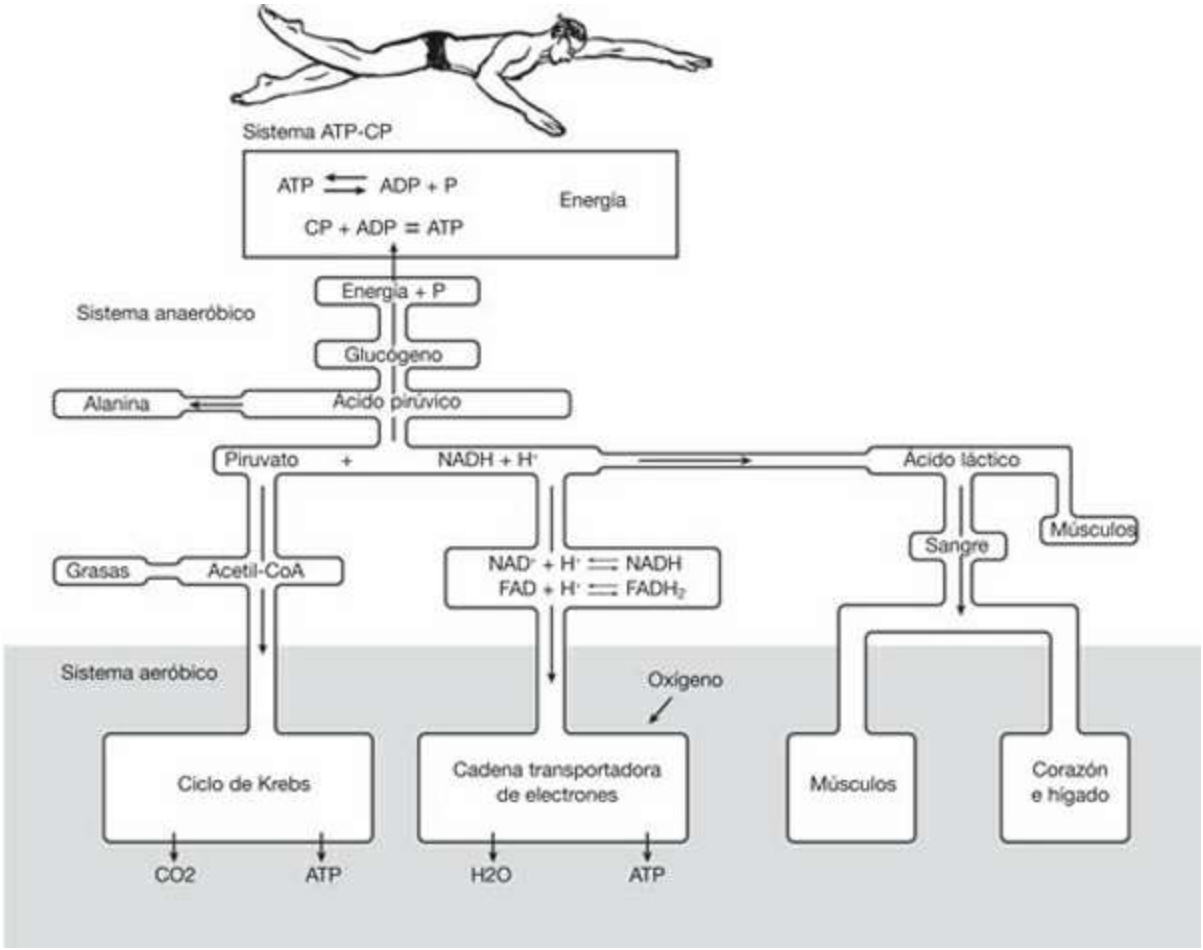


Figura 10.11. Un esquema del metabolismo de la energía ilustrando las fases del ATP-CP, anaeróbico y aeróbico.

Se muestra el sistema ATP-CP en la parte superior de la figura 10.11, con el ATP proporcionando la energía para la contracción muscular. El ATP es luego reciclado mediante la división del creatinfosfato y el metabolismo del glucógeno muscular. El mecanismo del reciclaje del ATP con el creatinfosfato también se ve en la parte superior de la ilustración. Se ilustra el sistema anaeróbico en la parte media, mostrando la degradación del glucógeno a piruvato en el protoplasma de la fibra muscular, junto con la liberación de átomos de hidrógeno, algunos de los cuales se combinan con el NAD^+para formar NADH e hidrogeniones (H^+).

El sistema aeróbico se ilustra en el fondo del dibujo. El piruvato entrará en las mitocondrias de las fibras musculares y desde allí entrará en el ciclo de Krebs, donde será metabolizado en dióxido de carbono. También dentro de las mitocondrias el NADH + H^+(y $FADH_2$) será transportado a la cadena transportadora de electrones, donde sus átomos de hidrógeno serán utilizados para formar agua. En el proceso, la energía de los electrones de estos átomos de hidrógeno será utilizada para reciclar el ATP a partir del ADP.

Si la velocidad es suficientemente rápida, aproximadamente del 70% al 80% de la máxima o más, no habrá bastante oxígeno disponible para permitir que todos los átomos de hidrógeno que se producen durante el metabolismo anaeróbico entren en el sistema aeróbico. Los que quedan se combinarán con el piruvato para formar ácido láctico. Esta reacción se ve en la parte media del lado derecho del dibujo de la figura 10.11.

Aunque parte de este ácido láctico permanecerá en las fibras musculares, una gran parte también será transportada fuera de ellas a fibras inactivas o que no han trabajado tanto, donde puede ser oxidada otra vez a piruvato y desde allí a glucógeno. Cantidades adicionales de ácido láctico entrarán en la sangre circulante, que lo llevará al corazón, al hígado y a las fibras de los músculos esqueléticos, donde puede ser oxidado y utilizado como combustible. Una pequeña parte del piruvato que queda puede entrar en el ciclo de la glucosa-alanina, donde será metabolizado aeróbicamente y convertido otra vez en glucosa en el hígado. La parte de abajo a la derecha del dibujo ilustra estas reacciones.

El metabolismo energético durante las carreras y el entrenamiento

Se denomina comúnmente a las pruebas de natación como aeróbicas o anaeróbicas, dando la impresión errónea de que estas fases del metabolismo actúan separadamente y en secuencia, con una fase empezando en el instante

en que termina la fase precedente. Realmente, las tres fases del proceso metabólico operan desde el primer momento del ejercicio. La diferencia radica en la contribución de cada fase. En las pruebas de velocidad, los principales sistemas que contribuyen al reciclaje del ATP son el sistema ATP-CP y el metabolismo anaeróbico simplemente porque son los únicos procesos que pueden satisfacer la demanda rápida de energía durante la natación veloz. Aunque el metabolismo aeróbico también está funcionando, se realiza demasiado lentamente para satisfacer mucha de la demanda de energía en estas pruebas. No obstante, proporciona una pequeña cantidad de energía para la carrera de velocidad. La contribución aeróbica se vuelve mayor al aumentar la distancia de la prueba o al nadar el deportista más despacio.

El glucógeno muscular es el nutriente principal metabolizado durante la natación de moderada a veloz porque se dispone de él fácilmente en los músculos y puede ser metabolizado tanto anaeróbica como aeróbicamente. La glucosa sanguínea, las grasas y las proteínas también pueden proporcionar energía para la reposición del ATP. La energía que proporcionan es mayor cuando la velocidad es lenta o cuando la provisión de glucógeno en el músculo está baja. La glucosa sanguínea es la mejor fuente de energía después del glucógeno muscular porque también puede metabolizarse tanto anaeróbica como aeróbicamente. Sin embargo, el proceso de liberar la energía de la glucosa es un poco más lento porque primero debe difundir a los músculos desde la sangre antes de poder ser utilizada. Las grasas pueden aportar energía sólo a las velocidades lentas porque sólo pueden ser metabolizadas aeróbicamente y sólo se almacenan pequeñas cantidades en los músculos. Las proteínas están fácilmente disponibles en los músculos, pero el proceso de liberar su energía es lento, y debe estar disponible un poco de glucosa en los músculos para que pueda producirse.

Contribuciones de las tres fases metabólicas a las carreras y al entrenamiento

Comúnmente nos referimos a las carreras de velocidad como pruebas anaeróbicas y a las carreras de fondo como pruebas aeróbicas, pero estas caracterizaciones no son completamente precisas. Como se explicó anteriormente, todas las fases del proceso metabólico entran en funcionamiento simultáneamente cuando los deportistas comienzan una carrera o una repetición de entrenamiento. Los valores presentados en la tabla 10.1 son estimaciones de las contribuciones que cada una de las tres fases del metabolismo aporta durante las carreras y las series de repeticiones de diversas distancias y con diferentes velocidades. La fase aeróbica del metabolismo se subdivide en dos partes, el metabolismo de la glucosa y el de las grasas, para diferenciar el papel desempeñado por estas dos sustancias para proveer energía durante el trabajo.

Los porcentajes de las diferentes pruebas y distancias de repeticiones presentados en la tabla 10.1 se aplican a nadadores experimentados de nivel absoluto. Obsérvese que dichos porcentajes se enumeran según el tiempo que dura el esfuerzo de manera que la información puede adaptarse a nadadores de otras edades y niveles de habilidad. El tiempo que los nadadores pasan nadando proporciona una estimación más exacta de cómo se dispone de la energía en las pruebas o en las series de repeticiones. La forma en que el cuerpo metaboliza la energía depende del tiempo del esfuerzo y no de la distancia. Por ejemplo, un deportista de 10 años que nada 100 m en 1:50,00 probablemente deriva energía de las tres fases metabólicas en aproximadamente la misma proporción que un deportista de 22 años que nada 200 m en el mismo tiempo. Al mismo tiempo, estos sistemas estarán proporcionando energía con proporciones diferentes en un deportista absoluto que nada 100 m en 50,0 s.

El sistema ATP-CP y el metabolismo anaeróbico proporcionan la mayor parte de la energía para las pruebas de 25 a 50 m o yardas (pruebas que duran de 10 a 30 s). El metabolismo anaeróbico es el contribuidor principal para las distancias de 100 a 200 m o yardas (pruebas que duran de 1 a 3 min), aunque el papel del metabolismo aeróbico se vuelve cada vez más importante en la distancia de 200 m. Tanto el metabolismo anaeróbico como el aeróbico contribuyen de forma significativa a la provisión de energía en las carreras de 400 m o yardas (4 a 6 min de natación). El metabolismo aeróbico es la fuente principal de energía para las carreras de 800 m a 1.650 yardas, aunque el

metabolismo anaeróbico contribuye con un tercio a un cuarto de la energía para estas distancias. La cantidad de energía proporcionada a través del metabolismo del sistema ATP-CP se vuelve cada vez menos importante en las pruebas de 200 m o yardas y más hasta que su contribución sea ínfima en las pruebas más largas.

El glucógeno muscular y el creatinfosfato son ambos fuentes importantes de energía para el reciclaje del ATP para las pruebas de 25 a 50 m o yardas. Después de éstas, el glucógeno muscular se convierte en la principal fuente de energía. El metabolismo de las grasas y el de las proteínas no son contribuidores significativos de energía para el reciclaje del ATP en ninguna de las distancias competitivas enumeradas.

Para las series de repeticiones, el sistema ATP-CP y el metabolismo anaeróbico proporcionan la mayor parte de la energía para las carreras de velocidad de 25 m o yardas y menos. El metabolismo anaeróbico es la fuente principal durante las carreras rápidas de 50 a 100 m o yardas. La energía para las repeticiones rápidas de 200 m o yardas se obtiene casi igualmente de fuentes aeróbicas y anaeróbicas, con el glucógeno muscular como la fuente principal de combustible.

Los factores que limitan el rendimiento

Los factores que limitan el rendimiento en las carreras y en el entrenamiento variarán según la distancia de la prueba, el tiempo que los deportistas pasan nadando continuamente o casi continuamente y la velocidad de natación. En las distancias de 25 y 50 m o yardas, las respuestas implican el funcionamiento del sistema ATP-CP y el metabolismo anaeróbico. Para las distancias más largas, la acidosis es el factor limitante. El nivel de glucógeno almacenado en los músculos no limitará el rendimiento en las pruebas a no ser que sea bastante bajo antes de empezar la prueba. No obstante, un bajo nivel de glucógeno muscular puede limitar el rendimiento en el entrenamiento.

Evidentemente, una buena técnica de natación desempeña un papel significativo en el rendimiento en cualquier distancia. Los nadadores que aplican la fuerza propulsora y reducen el arrastre resistivo con más eficacia necesitarán menos energía para nadar a cualquier velocidad por debajo de la máxima, y lograrán mayores velocidades cuando maximicen su tasa de utilización de la energía. Dicho esto, quiero describir las limitaciones metabólicas del rendimiento en varias distancias competitivas.

Las pruebas de 25 y 50 m

El rendimiento en estas pruebas está limitado por la incapacidad de lograr y mantener una velocidad alta. El rendimiento implica la tasa del reciclaje del ATP tanto por el sistema ATP-CP como por el del metabolismo anaeróbico y quizá la cantidad máxima de creatinfosfato almacenada en las fibras musculares. La acidosis limitará un poco el rendimiento, particularmente en las pruebas de 50 m o yardas, pero no porque se reduzca mucho el pH muscular. La carrera es demasiado corta para que esto ocurra. No obstante, una ligera acidosis limitará la velocidad más tarde en la carrera porque desacelera la tasa de la contracción muscular (a causa de las mayores necesidades de calcio), el metabolismo del sistema ATPCP y el metabolismo anaeróbico. Esta desaceleración no suele ocurrir hasta después de los primeros 10 a 12 s de la carrera. El entrenamiento debe concentrarse en mejorar la potencia de la brazada y la tasa del metabolismo anaeróbico. Mejorar la capacidad amortiguadora o la tasa del metabolismo aeróbico no es importante.

Las pruebas de 100 y 200 m

El sistema ATP-CP proporcionará la mayor parte de la energía durante los primeros segundos de estas carreras, después de lo cual, el ácido láctico será producido rápidamente al convertirse el metabolismo anaeróbico en la fuente

principal de energía para el reciclaje de ATP. La acidosis será la causa de la fatiga en estas pruebas.

La mayoría de los deportistas no pueden nadar con el máximo esfuerzo durante más de 40 s antes de que la acidosis se vuelva tan intensa que tienen que desacelerar de forma considerable. Sin embargo, el aumento progresivo de la acidosis reducirá su tasa metabólica y su velocidad mucho antes de que llegue este momento. Los nadadores normalmente escogen una velocidad ligeramente menor para la primera parte de una carrera de 100 m para reducir la tasa de producción de ácido láctico y para que la acidosis no reduzca su velocidad de forma apreciable hasta muy cerca del final de la carrera. Escogerán una velocidad aún más lenta para la primera parte de una carrera de 200 m por la misma razón.

Tabla 10.1 Las contribuciones relativas de cada fase del metabolismo energético a varias carreras de natación y repeticiones del entrenamiento

				Metabolismo aeróbico	
Tiempos de la carrera	**Distancias de la carrera**	**% ATP-CP**	**% METABOLISMO ANAERÓBICO**	**% METABOLISMO DE GLUCOSA**	**% METABOLISMO DE GRASAS**
10-15 s	25 m/yd	50	50	Ínfimo	Ínfimo
19-30 s	50 m/yd	20	60	20	Ínfimo
40-60 s	100 m/yd	10	55	35	Ínfimo
1:30-2 min	200 m/yd	7	40	53	Ínfimo
2-3 min	200 m/yd	5	40	55	Ínfimo
4-6 min	500 yd (400 m)	Ínfimo	35	65	Ínfimo
7-10 min	900 yd (800m)	Ínfimo	25	73	2
10-12 min	1.000 yd (900 m)	Ínfimo	20	75	5
14-22 min	1.650 yd (1.500 m)	Ínfimo	15	78	7
SERIES DE REPETICIONES					
				Metabolismo aeróbico	
Tiempos y distancia	**Tiempos de salida**	**% ATP-CP**	**% METABOLISMO ANAERÓBICO**	**% METABOLISMO DE GLUCOSA**	**% METABOLISMO DE GRASAS**
Velocidad					
10-15 m/yd	1-2 min	50	50	Ínfimo	Ínfimo
25 m/yd	1-2 min	20	80	Ínfimo	Ínfimo
Anaeróbico					
50 m/yd	3-5 min	15	60	25	Ínfimo
100 m/yd	5-10 min	10	50	40	Ínfimo
200 m/yd	8-12 min	2	35	63	Ínfimo
Aeróbico					
Duración	15-20 min	Ínfimo	15	80	5
de la serie	30-40 min	Ínfimo	5	75	20
	50-60 min	Ínfimo	2	70	28
	90-100 min	Ínfimo	1	30	70

Estas cifras son para nadadores de medio fondo. La contribución aeróbica y anaeróbica puede diferir ampliamente de la presentada en esta tabla para los velocistas y los fondistas. La contribución anaeróbica puede ser de un 10% a un 20% mayor en todas las distancias para los velocistas, mientras que pueden ser más pequeñas en la misma proporción para los fondistas.
Fuentes: Noruma, Wakayoshi, Miyashita y Mutoh, 1998; Ring, Mader, Wirtz y Wilkie, 1995; Semesse *et al.*, 1988; Trappe, 1996.

La velocidad será muy rápida desde el principio en las carreras de 100 m, y el tiempo que duran es tan corto que la tasa de consumo de oxígeno no llegará al máximo. Puede llegar al máximo en las pruebas de 200 m, pero sólo cerca del final. Por consiguiente, el metabolismo aeróbico desempeña un papel secundario en el retraso de la acidosis durante las carreras más cortas, pero su contribución se vuelve más importante, aunque todavía secundaria, en la distancia de 200 m. La eliminación del ácido láctico de ellos y la amortiguación de esa sustancia dentro de los músculos desempeñan un papel mucho más importante.

La tasa máxima de metabolismo anaeróbico también es un factor limitante de estas pruebas, aunque no es tan importante como en las pruebas más cortas. Los deportistas necesitan una reserva de velocidad que les permitirá nadar las primeras partes de estas carreras más rápidamente con una menor necesidad de energía. En otras palabras, necesitan lo que se conoce como *velocidad fácil*.

La tasa del metabolismo del sistema ATP-CP y la cantidad de creatinfosfato almacenado en las fibras musculares limitará poco, o nada, el rendimiento, en estas pruebas. Los deportistas escogen la velocidad de las primeras partes de estas carreras de forma que una cantidad normal de creatinfosfato y una tasa normal del metabolismo ATP-CP sean probablemente suficientes para mantener dicha velocidad.

El entrenamiento debe concentrarse en mejorar las velocidades rápidas, la tasa del metabolismo anaeróbico y la capacidad de amortiguación. La tasa del metabolismo aeróbico también es importante para los nadadores de 100 m, pero desempeña un papel secundario en comparación con los otros tres factores. Se vuelve más importante para los nadadores de 200 m, pero el entrenamiento para mejorarlo no debe dominar ni interferir en desarrollar un volumen suficiente de entrenamiento de la velocidad.

Las carreras de medio fondo y de fondo

La acidosis es la causa de la fatiga en las carreras de medio fondo y de fondo. La demanda de energía del ATP es alta a las velocidades de las carreras de medio fondo, al igual que la velocidad a la que se tiene que reciclar este compuesto. Los sistemas del ATP-CP y el anaeróbico llevarán la mayor carga para proporcionar esta energía durante los primeros segundos. En unos pocos segundos la provisión de creatinfosfato de los músculos disminuirá, y el metabolismo anaeróbico será el vehículo principal del reciclaje del ATP.

La velocidad de estas pruebas necesita más oxígeno de lo que los nadadores pueden consumir, de manera que aunque generalmente alcanzan

niveles máximos de consumo de oxígeno y la eliminación de lactato después del primer minuto, una cantidad sustancial de ácido láctico estará acumulándose todavía en los músculos. Por consiguiente, no pueden mantenerse estas velocidades durante mucho más de 4 a 12 minutos antes de la aparición de una acidosis intensa. En dichas carreras y en las pruebas de 1.500 m y 1.650 yardas, la capacidad de un nadador para mantener una velocidad dada particular dependerá de:

- La cantidad de piruvato y de hidrogeniones que puede metabolizar aeróbicamente durante la carrera.
- La cantidad de ácido láctico que puede eliminar de las fibras musculares que trabajan durante la carrera.
- La cantidad de ácido láctico que puede ser amortiguada durante la carrera.

El entrenamiento debe, por lo tanto, concentrarse en mejorar la tasa tanto del metabolismo aeróbico como del anaeróbico. La tasa del metabolismo del ATPCP y la cantidad de creatinfosfato almacenado no limitará el rendimiento por las razones citadas en el apartado anterior.

El entrenamiento día a día

Las sesiones de entrenamiento diarias incluyen una combinación de velocidades de natación. Algunas son muy fáciles, incluyendo actividades tales como el calentamiento y la vuelta a la calma. Otras son fáciles e incluyen ejercicios para la brazada, la natación de recuperación, ejercicios de piernas y brazos, y largas repeticiones o largas series de repeticiones a velocidades moderadas. El núcleo de la mayoría de las sesiones de entrenamiento incluye algún entrenamiento intenso de resistencia o algún entrenamiento de natación muy rápida que produzcan una acidosis elevada. La mayoría de las sesiones también incluyen carreras cortas y rápidas.

A velocidades lentas, la mayor parte de la energía provendrá del metabolismo de las grasas porque éstas son la fuente más abundante y porque la tasa de liberación de la energía del ATP es lo bastante lenta que incluso este proceso lento lo puede reciclar a un ritmo adecuado. El creatinfosfato, el glucógeno muscular, la glucosa y las proteínas proporcionarán un poco de energía, pero las cantidades serán de hecho muy pequeñas. Sólo una pequeña cantidad de ácido láctico será producida al principio del ejercicio, y será convertido de nuevo en piruvato y oxidado más tarde cuando aumenta el consumo de oxígeno del nadador suficientemente para permitir que el metabolismo aeróbico proporcione toda la energía para el reciclaje del ATP. La acidosis no causa la fatiga a estas velocidades. Los deportistas pueden continuar nadando siempre que tengan bastante grasa en su cuerpo para proporcionar energía.

Cuando los nadadores aumentan su velocidad a una tasa de entre el 70% y el 85% del esfuerzo máximo, según el deportista, el glucógeno muscular proporcionará mayor porcentaje de energía. El proceso será todavía casi totalmente aeróbico. Algunas cantidades adicionales de ácido láctico se acumularán en los primeros minutos del esfuerzo, pero será metabolizado después de los primeros minutos cuando aumenta la provisión de oxígeno. La acidosis no es una causa de la fatiga a estas velocidades. Los deportistas se verán limitados sólo por las provisiones de glucógeno y glucosa muscular, que no deben disminuir mucho hasta aproximadamente 2 ó 3 horas después de comenzar a nadar.

A velocidades más rápidas, por encima del 70% al 85% del esfuerzo máximo, la demanda de energía para la mayoría de los nadadores será mayor que la que puede proporcionar el metabolismo aeróbico solo. Por lo tanto, el exceso de piruvato e hidrogeniones se combinarán para formar ácido láctico. El glucógeno muscular será la principal fuente de energía, con glucosa, grasas y proteínas contribuyendo con cantidades más pequeñas de energía. La acidosis generalmente causará fatiga a estas velocidades de entrenamiento. La tasa de utilización del glucógeno muscular será alta, particularmente durante series de repeticiones en las que los deportistas puedan retrasar la acidosis tomando un breve descanso entre repeticiones.

El glucógeno muscular y el creatinfosfato son las fuentes principales de

energía para las carreras cortas de velocidad. Sin embargo, se utilizará poco glucógeno muscular. Cada carrera y las series de repeticiones son tan cortas que aunque la tasa de metabolismo del glucógeno sea rápida, la cantidad total metabolizada será pequeña. La provisión de creatinfosfato muscular disminuirá rápidamente, pero será repuesta en unos pocos minutos después de terminar la serie de repeticiones.

Como se verá, el entrenamiento diario serio que incluye 2 horas o más de natación razonablemente rápida (esfuerzos que superan el 70% de la velocidad de la carrera) utiliza una cantidad considerable de glucógeno muscular. Cuando el nivel de esta sustancia dentro de las fibras musculares es bajo, los deportistas encontrarán que no pueden entrenarse tan intensamente como quisieran. Como resultado, la causa más común de la fatiga que resulta del entrenamiento día a día es una reducción de la provisión de glucógeno muscular. Los deportistas pueden agotar esta sustancia casi completamente después de una o dos sesiones de entrenamiento o con sesiones largas e intensas de una hora o más (Houston, 1978; Beltz *et al.,* 1988). Existen pruebas concluyentes de que días sucesivos de entrenamiento intenso pueden agotarlo casi por completo (Costill *et al.,* 1988), incluso cuando están disponibles provisiones adecuadas de grasas, proteínas y glucosa sanguínea.

El problema para los deportistas es que después de que hayan utilizado una gran cantidad de glucógeno muscular para la energía, necesitan de 24 a 48 horas de descanso completo o de entrenamiento de baja intensidad para reponerlo. Por consiguiente, la capacidad de los nadadores para hacer series de repeticiones de resistencia largas e intensas estará muy limitada cuando su provisión de glucógeno muscular esté baja. Su capacidad para nadar largas series de carreras rápidas tales como repeticiones de 50 y 100 m en series de seis o más, también puede verse comprometida.

Los síntomas de la fatiga que experimentan los nadadores a causa del agotamiento del glucógeno muscular difieren de los que implican la acidosis. El dolor no es agudo e intenso, sino que los nadadores se quejan de una sensación sorda, pesada y letárgica en los músculos. Estos nadadores a menudo no creen que están fatigados; creen que se sienten perezosos o deprimidos. Podrán nadar largas series a velocidades entre lenta y moderada en el entrenamiento sin ningún síntoma apreciable porque las grasas

almacenadas, la glucosa sanguínea y las proteínas pueden proporcionar gran parte de la energía para reciclar el ATP a estas velocidades. Se fatigan sólo cuando tratan de nadar rápidamente. No hay glucógeno suficiente en los músculos para reciclar el ATP con la rapidez suficiente para mantener estas velocidades.

En los planes de entrenamientos semanales debe estar prevista la oportunidad de reponer el glucógeno muscular. Esto se puede lograr planificando sesiones de entrenamiento compuestas mayormente de series largas de natación lenta y carreras cortas de velocidad después de cada una o dos sesiones de un entrenamiento largo e intenso de la resistencia y de la velocidad.

Un bajo nivel de glucógeno muscular no es normalmente un factor limitante en las competiciones, especialmente si los deportistas están bien alimentados y han tenido 1 ó 2 días de entrenamientos ligeros antes de las mismas. Normalmente está disponible bastante glucógeno muscular para todas las distancias competitivas, incluso cuando dicha provisión no está cerca del nivel máximo posible. La única vez que el agotamiento del glucógeno podría afectar la competición es cuando la cantidad en los músculos es baja al comienzo debido a varios días de entrenamiento intenso inmediatamente antes de la competición.

Otro factor limitante potencial es el daño en los tejidos que resulta de la acidosis. Aunque existe pocas pruebas científicas que apoyen esta noción, parece razonable que someter los músculos a situaciones repetidas de acidosis causará daño a sus estructuras que necesitarán algún tiempo para repararse y adaptarse. Un ejemplo de esto fue presentado por Gull-strand (1985), que afirmó que sesiones diarias de entrenamiento intenso hacía que las mitocondrias musculares perdiesen su estructura y función. Sus datos sugieren que los músculos de los deportistas pueden requerir de 24 a 48 horas de un entrenamiento menos intenso para recuperarse y adaptarse una vez sometidos a varios períodos largos de una acidosis extrema.

Los factores que limitan el rendimiento en las

pruebas de natación de velocidad, medio fondo y fondo

Carreras de 25 y 50 m

1. La técnica de brazada
2. La tasa del metabolismo anaeróbico
3. La cantidad de CP almacenada en las fibras musculares que trabajan

Carreras de 100 y 200 m

1. La técnica de brazada
2. La capacidad de retrasar la acidosis
3. La tasa del metabolismo anaeróbico
4. Posiblemente la cantidad de CP almacenada en las fibras musculares que trabajan

Carreras de medio fondo y fondo

1. La técnica de brazada
2. La capacidad de retrasar la acidosis
3. La tasa del metabolismo anaeróbico

El entrenamiento día a día

1. El agotamiento del glucógeno muscular
2. Los daños en los tejidos musculares

11

Los beneficios del entrenamiento para el rendimiento

El ejercicio pone a prueba los diferentes sistemas fisiológicos del cuerpo más allá de su nivel de rendimiento en reposo. Los cambios que ocurren a causa del entrenamiento permiten a estos sistemas funcionar más efectiva y eficazmente durante la competición. Dos de los objetivos principales del entrenamiento son: (1) aumentar la tasa de liberación de energía durante las carreras y (2) retrasar la fatiga. Como se ha visto en el capítulo anterior, la tasa de liberación de energía y la aparición de la fatiga implican complejos procesos metabólicos anaeróbicos y aeróbicos que tienen lugar dentro de las fibras musculares individuales. La liberación de energía y la fatiga también implican muchos otros sistemas fisiológicos del cuerpo, incluyendo los sistemas respiratorio, circulatorio, nervioso y endocrino.

El proceso del entrenamiento es complejo y no se comprende en su totalidad. El simple hecho de trabajar hasta el agotamiento cada día no mejorará cada sistema fisiológico y cada fase del metabolismo de igual

forma. El entrenamiento que favorece un sistema o una fase del metabolismo puede perjudicar a otros. Por lo tanto, el entrenamiento debe ser planificado y realizado cuidadosamente. Los entrenadores deben tener un objetivo específico en mente para cada serie de repeticiones, y deben comprender los efectos de dichas repeticiones en cada sistema fisiológico. El propósito de este capítulo es describir los efectos de las diferentes formas de entrenamiento sobre los diversos sistemas fisiológicos. Los restantes capítulos de esta sección describirán los métodos de entrenamiento.

Entrenar el sistema ATP-CP

La energía para la contracción muscular procede del ATP, que es la única sustancia química almacenada en los músculos que puede proporcionar esta energía. El principal propósito de todas las demás fases del metabolismo es reponer la energía en el ATP para que puedan continuar las contracciones. El sistema ATP-CP puede proporcionar la energía para la contracción muscular más rápidamente que ninguna otra fase del metabolismo, pero lo puede hacer sólo durante de 4 a 6 s. La actividad de las enzimas que catalizan las diversas reacciones y las cantidades de ATP y creatinfosfato almacenadas en cada fibra muscular regulan la liberación de esta energía mediante esta fase metabólica. Las enzimas principales implicadas son la ATPasa y la creatincinasa (CK). Parece razonable suponer que un aumento de la actividad de estas enzimas y aumentos del ATP y del CP almacenados ayudarían a los deportistas a incrementar su capacidad para mantener su velocidad máxima durante más tiempo y así mejorar su rendimiento. Probablemente, muchos expertos han exagerado los beneficios de entrenar este sistema. El aumento de la liberación de energía que se puede lograr es de poca importancia y probablemente sólo beneficiaría a los deportistas que compiten en las carreras de 25 y 50 m.

El entrenamiento probablemente no aumenta mucho la actividad de estas enzimas porque su tasa normal de actividad es suficiente para la mayoría de

las pruebas deportivas que duran más de unos pocos segundos. Con la excepción de la extensión de las piernas durante las salidas y los virajes en las carreras, es difícil pensar en situaciones en la natación competitiva en las que una tasa normal del metabolismo del sistema ATP-CP no fuera adecuada para producir la velocidad máxima de un nadador. Los nadadores utilizan una frecuencia de brazada óptima, no máxima, e incluso en las pruebas más cortas, una tasa normal de liberación de energía del ATP y una tasa normal de reciclaje de este compuesto serían más que suficientes para proporcionar la energía requerida tan rápidamente como estos la necesitasen. Después de asegurarse de que la técnica es buena, un nadador puede mejorar la velocidad máxima de natación de una forma más significativa: (1) aumentando el tamaño y la fuerza de las fibras en grupos musculares particulares de manera que dichas fibras puedan generar más potencia, y (2) mejorando la tasa y el patrón del reclutamiento de las fibras por el sistema nervioso central para que puedan empezar a trabajar rápidamente y en la secuencia correcta para una destreza particular sin implicar fibras no requeridas. En otras palabras, mejorar la fuerza muscular y los patrones de reclutamiento probablemente incrementa la velocidad en las carreras cortas más que aumentar la actividad de las enzimas que regulan el sistema ATP-CP.

Aumentar las cantidades de ATP y CP almacenadas en las fibras musculares representa otro posible efecto del entrenamiento que podría incrementar la velocidad de natación. Los aumentos podrían ampliar la tasa máxima de reciclaje del ATP durante unos pocos segundos adicionales, que, a su vez, podría permitir a los deportistas mantener su velocidad ligeramente más tiempo. Se ha indicado que el entrenamiento aumenta el almacenaje tanto del ATP como del CP en el 18% y el 35%, respectivamente (MacDougall *et al*., 1977). Los resultados del estudio de MacDougall y sus colaboradores se muestran en la figura 11.1.

Además del entrenamiento, los deportistas han tratado de mejorar la provisión de creatinfosfato en los músculos complementando sus dietas con creatina, un procedimiento conocido como *carga de creatina*. Se ha indicado que este procedimiento aumenta la creatina libre en las fibras musculares en casi la misma cantidad que el entrenamiento, un 20% (Hultman *et al*., 1996). Los resultados de varios estudios han sido equívocos en cuanto a si la carga de creatina puede mejorar el rendimiento de los nadadores velocistas.

Algunos investigadores han encontrado una mejora del rendimiento, y otros no (Balsom, Soderlund y Ekblom, 1994; Greenhaff, 1995; Maughan, 1995; Mujika *et al*., 1996).

Entre las razones por las que no se ha demostrado que aumentos del ATP y el CP musculares han mejorado el rendimiento en las pruebas de natación, figuran: (1) la duración de dichas pruebas y (2) el pequeño incremento que realmente representan. Aunque aumentos del 18% del ATP y del 20% al 35% del creatinfosfato son bastante sustanciales en términos de porcentaje, su efecto sobre el rendimiento será menor en la mayoría de las pruebas a causa del pequeño aumento de la cantidad real de cada compuesto. A fin de cuentas, estamos hablando de aumentar la provisión del ATP en las fibras musculares en sólo aproximadamente 1 mmol/kg, y la provisión de CP, en 3 mmol/kg. Puede que estos aumentos permitan a los deportistas mantener la velocidad máxima durante 1 ó 2 segundos adicionales, que podría traducirse en una mejora de 0,10 a 0,20 s en una prueba de 25 ó 50 m. Las mejoras como éstas pierden significado comparadas con las que un nadador puede lograr en las carreras de velocidad aumentando la potencia muscular, incrementando la tasa del metabolismo anaeróbico y mejorando la técnica de la brazada. Es improbable que los aumentos del ATP y el CP musculares resulten en una mejora en las pruebas más largas en las que los nadadores escogen una velocidad un poco menor que la máxima para la primera parte de las mismas.

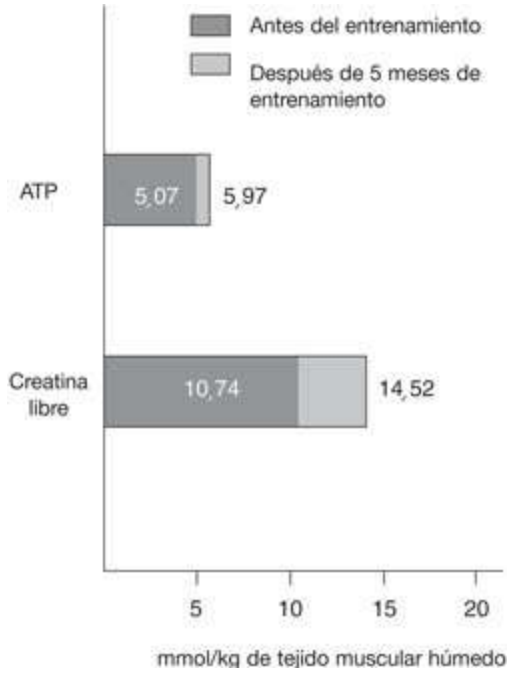


Figura 11.1. Los efectos del entrenamiento sobre las concentraciones de ATP y CP en las fibras musculares de los seres humanos.

Adaptada de MacDougall, Ward, Sale y Sutton, 1977.

No creo que los entrenadores y los deportistas necesiten considerar realizar repeticiones especiales que entrenan el sistema ATP-CP por dos razones. Primero, el tiempo estaría mejor invertido en hacer ejercicios que mejoran la fuerza muscular y la potencia de la brazada. Segundo, en todo caso las provisiones de ATP y CP musculares aumentarán como subproducto de un entrenamiento de este tipo. Los entrenadores y nadadores deben comprender que éstos no deben realizar el entrenamiento de la fuerza y de la potencia sólo en seco. El entrenamiento de la velocidad en el agua debe desempeñar un papel significativo porque la potencia de la brazada sólo mejorará mediante patrones de reclutamiento de las fibras musculares que empleen las fibras adecuadas en la secuencia correcta del movimiento (Sale, 1986).

Entrenar el metabolismo anaeróbico

La degradación anaeróbica del glucógeno muscular proporciona aproximadamente la mitad de la energía para el reciclaje de ATP-CP durante los primeros 5 ó 6 s de una carrera. Después, la proporción aumentará de forma considerable hasta que el metabolismo anaeróbico estará proporcionando la mayor parte de la energía requerida para las carreras de velocidad de 10 a 15 s después del comienzo de la prueba (Serresse *et al*., 1988). El diagrama de barras presentado en la figura 11.2 ilustra las contribuciones del creatinfosfato y de la glucólisis anaeróbica al reciclaje del ATP durante 30 s de trabajo intenso.

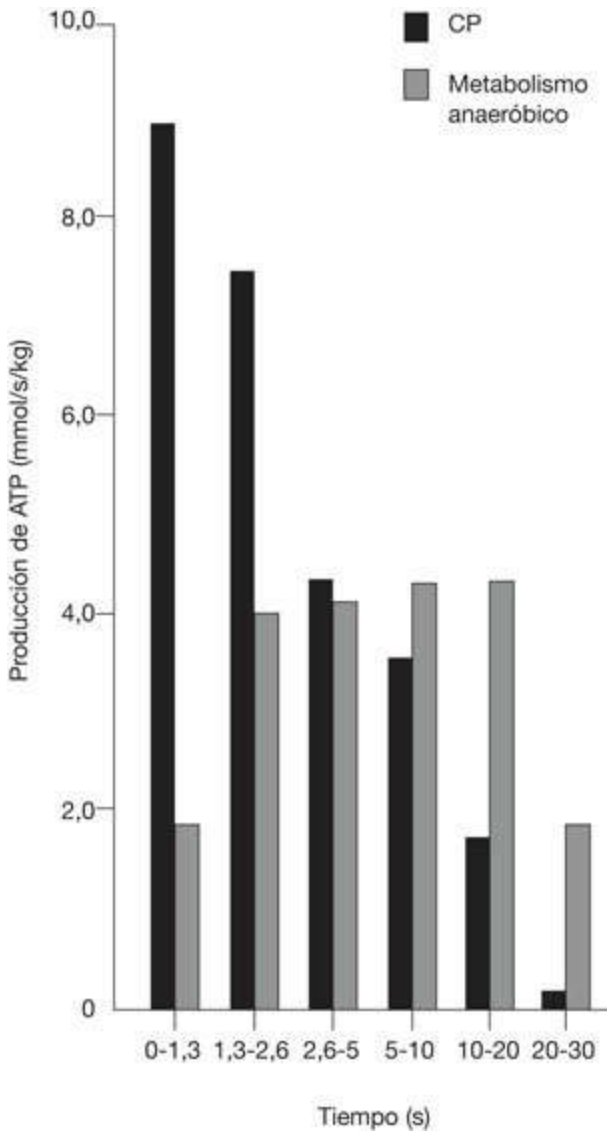


Figura 11.2. Las contribuciones del creatinfosfato y del metabolismo anaeróbico para el reciclaje del ATP durante 30 s de ejercicio.

Adaptada de Greenhaff y Timmons, 1998.

Se observará que la mayor parte de la energía para la contracción muscular viene del creatinfosfato durante los primeros 2,6 s. Obsérvese también que la glucólisis anaeróbica proporciona la energía desde el primer segundo de trabajo. Por consiguiente, se producirá ácido láctico incluso durante esta

etapa inicial. Después de 2,6 a 10,0 s de esfuerzo, la contribución de energía para el reciclaje del ATP por el creatinfosfato y la glucólisis anaeróbica es aproximadamente igual, después de lo cual la glucólisis anaeróbica se convierte en el mayor contribuidor de energía para el reciclaje del ATP durante los últimos 20 s de esfuerzo. La contribución del creatinfosfato disminuye considerablemente durante el período de entre 10 y 20 s después del comienzo del trabajo, aunque los músculos contienen todavía una parte de su creatinfosfato.

Como se mencionó anteriormente, el proceso del reciclaje de ATP por la glucólisis anaeróbica es más lento que el proceso que implica el creatinfosfato porque el primero implica 11 pasos en lugar de uno. Por consiguiente, la potencia disponible para la natación veloz disminuirá un poco después de los primeros segundos de una prueba. La capacidad del deportista de generar potencia muscular disminuirá en aproximadamente un 10% después de los primeros 4 a 6 segundos de esfuerzo cuando se agota parcialmente la provisión de creatinfosfato del músculo y la glucólisis anaeróbica se convierte en la fuente principal de energía para el reciclaje de ATP (Newsholme *et al*., 1992). Por esta razón, la tasa de glucólisis anaeróbica tiene una mayor influencia que el sistema ATPCP en relación con lo rápido que puedan avanzar los nadadores en las pruebas de velocidad.

El entrenamiento parece aumentar tanto la cantidad como la actividad de muchas de las enzimas de la glucólisis anaeróbica (Costill, Fink y Pollock, 1976; Costill, 1978; Jacobs *et al*., 1987). Las carreras de velocidad son especialmente buenas para producir estos aumentos, mientras que el entrenamiento de la resistencia tiende a disminuir su cantidad y tasa de actividad. En general, los aumentos de las enzimas anaeróbicas inducidos por el entrenamiento no han sido tan grandes como los presentados para las enzimas del metabolismo aeróbico. La mayoría de los aumentos en las enzimas anaeróbicas han sido de entre el 2% y el 22%.

El principal obstáculo para aumentar las cantidades de enzimas anaeróbicas es el entrenamiento de resistencia que los nadadores tienen que realizar. El entrenamiento de resistencia disminuye la actividad de la mayoría de las enzimas anaeróbicas. Un conjunto considerable de investigaciones señala la posibilidad de una relación antagónica entre el entrenamiento de

resistencia y la velocidad máxima porque el primero reduce la tasa del metabolismo anaeróbico (Baldwin *et al*., 1973; Holloszy, 1973; Sjodin y Jacobs, 1981). Algunos expertos han sugerido incluso que la tasa del metabolismo anaeróbico es más rápida cuando sus deportistas no están entrenados. Citan como evidencia el hecho de que muchos nadadores son capaces de producir sus mejores rendimientos de velocidad después de un largo descanso.

El dilema al que se enfrentan la mayoría de los nadadores es que tienen que mejorar tanto la resistencia como la velocidad para mejorar su rendimiento en la mayoría de las pruebas de natación. Pero los nadadores realizan típicamente tanto entrenamiento de resistencia que lo máximo que pueden hacer es lograr mantener su capacidad innata para reciclar el ATP rápidamente mediante el metabolismo anaeróbico. Lo más normal es que las tasas de contracciones musculares y del metabolismo anaeróbico disminuyan durante la mayor parte de la temporada a causa del gran volumen de entrenamiento de la resistencia que realizan. Los nadadores con más suerte logran readquirir su velocidad durante la puesta a punto. Sin embargo, cuando la pérdida de velocidad haya sido extrema, la puesta a punto puede no ser lo bastante larga y la velocidad no volverá a los niveles heredados hasta varias semanas después de que se haya terminado, o cortado de forma considerable, el entrenamiento de la resistencia. Los nadadores de medio fondo y de fondo pueden ser capaces de registrar buenos rendimientos a pesar de la pérdida de su velocidad máxima si logran mejorar su resistencia de una manera sustancial. Sin embargo, la mayoría de los velocistas no obtendrán buenos rendimientos si no logran readquirir su velocidad máxima.

Una cuestión importante relacionada con los velocistas es si su entrenamiento sería más eficaz si se concentrasen más en mejorar la tasa de contracciones musculares y el metabolismo anaeróbico y menos en mejorar su resistencia aeróbica. Algunos expertos se preguntan si el entrenamiento de la velocidad máxima aumenta la tasa del metabolismo anaeróbico o sólo lo devuelve a su nivel máximo heredado. Otros creen que es posible mejorar la tasa del metabolismo anaeróbico (Cunningham y Faulkner, 1969; Karlsson *et al*., 1972; Saltin *et al*., 1976). Olbrecht (2000) presentó aumentos en la capacidad anaeróbica innata de deportistas adultos, aunque se necesitaron entre 1 y 2 años de entrenamiento especializado para que dichos aumentos

tuviesen lugar. Hablaré más en un capítulo posterior sobre el posible efecto limitador del entrenamiento de resistencia sobre el metabolismo anaeróbico y el potencial de mejorar dicho metabolismo con el entrenamiento correcto de la velocidad máxima.

El entrenamiento para retrasar la acidosis

Se puede entrenar a los nadadores para que retrasen la acidosis durante las carreras y el entrenamiento de tres formas principales:

1. Reduciendo la tasa de producción de ácido láctico.

2. Eliminando el ácido láctico de las fibras musculares que trabajan.

3. Amortiguando el ácido láctico.

Un cuarto efecto del entrenamiento que puede mejorar el rendimiento es aumentar la tolerancia de los deportistas al dolor de la acidosis.

El primero de estos efectos de entrenamiento puede conseguirse mejorando la tasa del metabolismo aeróbico de forma que más piruvato e hidrogeniones producidos durante el metabolismo anaeróbico puedan ser metabolizados aeróbicamente, reduciendo así la cantidad de ácido láctico producido en los músculos a cualquier velocidad de natación determinada. El segundo procedimiento permite que una parte del ácido láctico producido durante las pruebas y el entrenamiento sea eliminada de las fibras musculares que están trabajando, donde la acidosis inminente es una amenaza para el rendimiento, y transportada a otras zonas del cuerpo que pueden utilizarla sin producir acidosis. En el tercer procedimiento, el amortiguamiento, se pueden eliminar algunos de los hidrogeniones del ácido láctico que permanece en los músculos durante el esfuerzo duro mediante la adición de ciertas sustancias alcalinas para que los hidrogeniones no reduzcan rápidamente el pH

muscular. Estos tres primeros efectos de entrenamiento sólo pueden retrasar la tasa de la acidosis, no eliminarla. La acidosis ocurrirá en las carreras, y causará dolor. Mejorar la tolerancia de los deportistas al dolor puede permitirles mantener una velocidad ligeramente más rápida durante más tiempo a pesar de los efectos perjudiciales que la acidosis produce sobre la liberación de energía en sus cuerpos.

Reducir la tasa de producción de ácido láctico

El producto final del metabolismo, el piruvato, se combina con los hidrogeniones para formar ácido láctico a no ser que tanto el piruvato como los hidrogeniones se reduzcan a otros compuestos mediante el proceso del metabolismo aeróbico. La tasa de aparición de estas dos sustancias depende de la velocidad del nadador. Las velocidades mayores requieren tasas más rápidas de metabolismo anaeróbico para mantener una provisión constante de ATP, de forma que las tasas de producción de piruvato y de hidrogeniones estarán relacionadas directamente con la velocidad de natación del deportista. Al mismo tiempo, reducir las cantidades de estas dos sus tancias que se combinan para formar el ácido láctico depende de la velocidad con la que pueden metabolizarse aeróbicamente. A su vez, esta velocidad depende de la provisión de oxígeno a los músculos. Por consiguiente, la mayoría de las adaptaciones al entrenamiento que reducen la tasa de la producción del ácido láctico en las fibras musculares proporcionan un aumento del oxígeno a las fibras musculares que trabajan. Por lo tanto, un aumento del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$máx) es el resultado deseado del entrenamiento.

Otros mecanismos fisiológicos pueden eliminar una parte del piruvato y de los hidrogeniones formados durante el metabolismo anaeróbico. Uno de éstos es mediante la formación de la alanina por el mecanismo del sistema de lanzadera de la glucosa-alanina. Otro es mediante la producción del ácido aspártico mediante el sistema lanzadera del malato-aspartato. Hablaré sobre los efectos de la producción de alanina y aspartato sobre la producción del

ácido láctico más tarde en este apartado. Dado que el consumo de oxígeno desempeña un papel mucho más importante para reducir la tasa de producción del ácido láctico, a continuación hablaré de su importancia para el rendimiento.

Mejorar el consumo de oxígeno

El capítulo anterior presentó la importancia del consumo de oxígeno para el rendimiento. La literatura ha indicado una relación significativa entre el $\dot{V}O_2$máx y el rendimiento en las pruebas que van de los 100 m a los 1.500 m. El entrenamiento aumentará el $\dot{V}O_2$ máx en un 20% a un 30% dentro de 8 a 10 semanas y en un 40% a un 50% dentro de 1 a 4 años. El entrenamiento también reduce el tiempo de respuesta del consumo de oxígeno (Green, 1996). En otras palabras, los deportistas pueden aumentar su consumo de oxígeno desde el nivel de reposo hasta el máximo (o el nivel que sea que se necesite para el ejercicio) en un tiempo más corto.

Los efectos del entrenamiento que aumentan la provisión de oxígeno durante el ejercicio pueden dividirse en dos categorías: (1) los que aumentan la provisión de oxígeno a los músculos y (2) los que aumentan el uso del oxígeno por los mismos. Varias adaptaciones importantes inducidas por el entrenamiento aumentarán la tasa y la magnitud de la provisión de oxígeno a los músculos:

- *Un aumento de la tasa de difusión pulmonar del oxígeno a la sangre circulante*. El entrenamiento aumentará la cantidad de aire y, por lo tanto, de oxígeno que los nadadores pueden almacenar en su cuerpo du rante cada minuto de ejercicio. Una parte de este oxígeno se difundirá entonces de los pulmones a la sangre circulante donde será transportada al corazón y bombeada a los músculos.

- *Un aumento de la cantidad total de sangre en el cuerpo (volumen*

sanguíneo). Un aumento del volumen reduce la viscosidad de la sangre de manera que pueda fluir más rápidamente desde el corazón hasta los músculos.

• *Un aumento del número de glóbulos rojos*. El oxígeno es transportado en la sangre en combinación con un compuesto proteínico que contiene hierro llamado *hemoglobina*, que es un componente de las células de dicho líquido. Más hemoglobina permitirá que la sangre transporte más oxígeno.

• *Un aumento del gasto cardíaco*. El gasto cardíaco se refiere a la cantidad de sangre expulsada del corazón durante cada minuto. Cuando aumenta, cada glóbulo rojo puede realizar su recorrido más rápidamente desde los pulmones, donde recoge el oxígeno, hasta los músculos, donde deposita una parte de su provisión. Esto aumentará la cantidad de oxígeno que llega a las fibras musculares durante cada minuto de ejercicio. Un aumento del gasto cardíaco representa aproximadamente el 50% del aumento del $\dot{V}O_2$máx que se produce con el entrenamiento (Holloszy y Booth, 1976). El otro 50% es el resultado de un mayor consumo por las fibras musculares activas.

• *Un aumento de los capilares que rodean las fibras musculares individuales*. La sangre circulante transporta el oxígeno desde los pulmones a través del lado izquierdo del corazón hasta las fibras musculares a través de las venas, arterias, arteriolas y finalmente los capilares, donde se difunde a las fibras musculares que rodean. Un aumento del número de estos capilares pondrá más oxígeno en proximidad con las fibras musculares de manera que pueda difundirse hasta ellas una mayor cantidad.

• *Mejoras en la redistribución de la sangre a los músculos que trabajan.* El cuerpo humano contiene aproximadamente 5 l de sangre, que está normalmente distribuida igualmente por todas las áreas del cuerpo en reposo. Sin embargo, durante el ejercicio, los vasos sanguíneos que riegan los músculos que trabajan se dilatan y los que riegan los músculos y órganos que no trabajan se contraen, haciendo que se dirija una mayor cantidad del riego sanguíneo total a las fibras musculares activas. Este efecto aumentará la

cantidad de oxígeno que llega a dichas fibras.

Varios efectos del entrenamiento aumentarán el uso del oxígeno por los músculos:

• *Un aumento de la cantidad de mioglobina almacenada en las fibras musculares*. Una vez que el oxígeno se difunde a las fibras musculares, la mioglobina lo transporta a las mitocondrias, donde puede participar en el metabolismo aeróbico. Por lo tanto, un aumento de la mioglobina muscular debe incrementar la provisión de oxígeno disponible para el metabolismo aeróbico.

• *Un aumento del tamaño y el número de las mitocondrias*. Todo el metabolismo aeróbico tiene lugar en las mitocondrias, de manera que cuando hay más disponibles y son mayores pueden absorber más oxígeno proporcionando una mayor cantidad para el metabolismo aeróbico.

• *Aumentos de la actividad de las enzimas que regulan el metabolismo aeróbico*. Aparte de la cantidad de oxígeno disponible, el otro factor que controla la tasa del metabolismo aeróbico es la actividad de cientos de enzimas. El entrenamiento de la resistencia puede mejorar su concentración y tasas de actividad. En la presencia de oxígeno suficiente y un nivel de pH cercano al normal, las enzimas aumentarán la tasa con la que el metabolismo aeróbico puede reducir el piruvato y los hidrogeniones y sus electrones.

Quiero presentar alguna información acerca de los efectos del entrenamiento sobre estas adaptaciones, y los tipos de entrenamiento que las producen en las secciones siguientes, empezando con la capacidad de difusión pulmonar.

Aumentar la capacidad de difusión pulmonar. La difusión pulmonar se refiere a la cantidad de oxígeno que se difunde de los pulmones a la sangre circulante. La difusión pulmonar sirve dos propósitos principales. Primero, repone la provisión de oxígeno que ha sido recogido de los glóbulos rojos en

su viaje alrededor del cuerpo, y segundo, elimina el dióxido de carbono de esta misma sangre. La difusión pulmonar aumenta en proporción directa a la intensidad del ejercicio, principalmente mediante un aumento del volumen corriente (la cantidad de aire inspirado en cada respiración) en los esfuerzos de baja intensidad, y mediante un aumento de la frecuencia respiratoria al hacerse el ejercicio más intenso. El entrenamiento puede aumentar la cantidad máxima de oxígeno que se difunde de los pulmones a la sangre circulante incrementando tanto la cantidad total de aire que entra en los pulmones cada minuto (el volumen minuto) como la cantidad de oxígeno que sale de los pulmones cada minuto.

Las personas no entrenadas típicamente pueden intercambiar de 80 a 140 l de aire por minuto según su tamaño. Las personas más grandes naturalmente pueden intercambiar más aire por minuto que las más pequeñas simplemente porque sus pulmones son más grandes. El entrenamiento puede aumentar en más de un 50% la cantidad máxima de aire que una persona puede intercambiar durante cada minuto de ejercicio. Muchos deportistas bien entrenados pueden ventilar más de 180 l de aire por minuto, y se han medido volúmenes minuto que superan los 240 l en deportistas grandes y bien entrenados (Wilmore y Costill, 1999). Este aumento del volumen minuto máximo se logra con un aumento tanto del aire que inspiran con cada respiración como del número de respiraciones que realizan por minuto. Dicho aumento resulta de las mejoras en la fuerza y la resistencia de los músculos respiratorios, los músculos intercostales externos e internos.

La cantidad de oxígeno que se difunde desde los pulmones hasta la sangre circulante depende en gran medida del número de alveolos de los pulmones y del número de capilares que los rodean. Los alveolos son las pequeñas bolsas al final de los tubos bronquiales que se llenan de aire durante la inspiración. El oxígeno del aire se difunde de estas bolsas a los capilares que las rodean, y es transportado luego al corazón. Una parte del dióxido de carbono producido durante el metabolismo aeróbico también se difunde de los capilares a los alveolos para que pueda ser espirado a la atmósfera.

El número de alveolos de los pulmones de las personas normales no entrenadas es más que suficiente para alojar todo el aire que inspiran. El área de superficie que cubren los alveolos es tan enorme que cubriría la mitad de

una cancha de tenis para un partido de individuales (Brooks y Fahey, 1987). Por lo tanto, no es sorprendente que el entrenamiento no produzca un aumento sustancial de estas estructuras, aunque puede mejorar la elasticidad de las paredes alveolares para que se llenen y vacíen más fácilmente.

En cambio, el entrenamiento puede aumentar el número de capilares que rodean cada alveolo, lo que permitirá que se difunda más oxígeno de los alveolos a la sangre (Jensen y Fisher, 1975). A pesar de este aumento, los datos presentados han sido contradictorios en cuanto a los efectos del entrenamiento sobre la cantidad de oxígeno que se difunde de los alveolos a la sangre durante el ejercicio. Algunos investigadores han encontrado aumentos (Magel y Andersen, 1969), mientras que otras fuentes afirman que no había habido cambios (Gibbins *et al*., 1972; Hagberg, Yerg y Seals, 1988; Mahler, Moritz y Loke, 1982). Gibbins y colaboradores hallaron una tendencia hacia una mejor difusión pulmonar en un grupo de nadadores.

Los hallazgos contradictorios del efecto del entrenamiento sobre la capacidad máxima de difusión pulmonar pueden haber ocurrido porque la difusión del oxígeno de los alveolos a la sangre no parece limitar la capacidad de los deportistas para proporcionar oxígeno a sus músculos. La cantidad de hemoglobina de la sangre limita la capacidad de transportar oxígeno a entre 16 y 24 ml de oxígeno por 100 ml de sangre. Por consiguiente, está presente más oxígeno en los alveolos de incluso una persona no entrenada de lo que puede ser absorbido por la sangre durante el ejercicio. Varios estudios han demostrado que la sangre que deja los pulmones está completamente saturada de oxígeno incluso durante el ejercicio más vigoroso y casi la mitad de este oxígeno del aire inspirado es espirado en lugar de entrar en el sistema circulatorio. Por lo tanto, un aumento de la cantidad de oxígeno disponible para la difusión en los alveolos no necesariamente produciría un aumento de la cantidad que se difunde de ellos. Por lo tanto, la difusión pulmonar no parece limitar la capacidad del deportista para consumir oxígeno. Mejorar esta capacidad con el entrenamiento no se considera importante para mejorar la resistencia.

Al inicio del siglo veinte los deportistas a menudo utilizaban ejercicios de respiración profunda y de mantenimiento de la respiración para mejorar el intercambio máximo de aire y la difusión pulmonar de oxígeno. Algunos

deportistas todavía los realizan con la creencia errónea de que mejorarán sus tasas de consumo máximo de oxígeno. Tales ejercicios son innecesarios. Cualquier entrenamiento, en seco o en el agua, que implique un esfuerzo para la frecuencia o la profundidad de la respiración a lo largo de un tiempo razonable aumentará las tasas de difusión pulmonar máxima hasta el nivel óptimo alcanzable. Los nadadores que participan en un programa normal de entrenamiento variado mejorarán tanto la frecuencia como la profundidad de la respiración.

El entrenamiento no afecta de forma significativa la cantidad de oxígeno que difunde de los pulmones a la sangre durante los esfuerzos submáximos, pero sí hace que se proporcione el oxígeno de manera más eficaz. La frecuencia respiratoria de hecho disminuirá durante el ejercicio submáximo después del entrenamiento. En otras palabras, los deportistas entrenados consumirán la misma cantidad de oxígeno realizando menos respiraciones más grandes. Este cambio es quizás el efecto más importante del entrenamiento sobre la capacidad de difusión pulmonar, y es más importante que un aumento de la capacidad de difusión pulmonar máxima.

Aumentar los glóbulos rojos. Un aumento de los glóbulos rojos es importante porque contienen hemoglobina, la sustancia proteica que contiene hierro y permite que la sangre transporte el oxígeno. Por lo tanto, cualquier aumento de la hemoglobina debería incrementar la cantidad de oxígeno que puede transportarse en la sangre. Una razón por la que los deportistas se entrenan a alturas muy por encima del nivel del mar es para aumentar la hemoglobina. Por la misma razón, algunos deportistas practican el dopaje sanguíneo (recibiendo una reinfusión de su propia sangre antes de una competición) o utilizan la sustancia prohibida eritropoyetina (EPO), que también aumenta el número de glóbulos rojos.

En el mejor de los casos, los deportistas pueden esperar sólo una ligera mejora de la capacidad de la sangre para transportar oxígeno entrenándose al nivel del mar. Algunos estudios no han encontrado ningún incremento, mientras que otros han hallado sólo una pequeña mejora (aproximadamente un 8%) con entrenamientos a nivel del mar (Green *et al*., 1991). En cambio, varios estudios han encontrado ganancias del 7% al 18% en el contenido de hemoglobina sanguínea después de entrenar en altura (Karvonen, Peltola y

Saarela, 1986; Hannon *et al*., 1969).

Aumentar el volumen sanguíneo. El volumen total de sangre en el cuerpo humano es aproximadamente de 5 l. El entrenamiento de la resistencia puede aumentar esta cantidad en aproximadamente un 30% (Green *et al*., 1991). El entrenamiento que aumenta la hemoglobina también puede hacer que la sangre se vuelva más densa (más viscosa) porque la hemoglobina es un componente de la parte sólida de la sangre. Si la parte líquida no aumentase junto con la hemoglobina, la sangre no fluiría tan fácilmente por las arterias y venas. Por consiguiente, disminuiría la cantidad de oxígeno que llegaría a los músculos en un minuto.

Afortunadamente, el líquido de la sangre aumenta relativamente más que la hemoglobina con el entrenamiento de manera que la viscosidad de la sangre de hecho disminuye. La reducción de la viscosidad de la sangre después del entrenamiento puede, por lo tanto, aumentar la velocidad del flujo sanguíneo por los vasos durante el ejercicio y así aumentar la cantidad de oxígeno que llega a las fibras musculares. La reducción de la viscosidad de la sangre provocada por el entrenamiento que se ve en los deportistas altamente entrenados ha hecho que se hayan diagnosticado a algunos como anémicos porque la hemoglobina era más baja en cualquier cantidad estandarizada de sangre. El entrenamiento de la resistencia realizado a un ritmo relativamente intenso parece el más eficaz para aumentar el volumen sanguíneo (Wilmore y Costill, 1999).

Aumentar el gasto cardíaco. El gasto cardíaco se refiere a la cantidad de sangre que es expulsada del corazón cada minuto. Es el producto del volumen sistólico (la cantidad de sangre expulsada del corazón con cada latido) multiplicado por la frecuencia cardíaca (el número de latidos por minuto). El gasto cardíaco es aproximadamente 5 l en reposo, y durante el esfuerzo máximo puede aumentar hasta entre 14 y 16 l por minuto en personas no entrenadas. El entrenamiento puede aumentarlo aún más hasta entre 30 y 40 l/min. Este efecto importante del entrenamiento es principalmente responsable del aumento de la provisión de oxígeno a las fibras musculares (Brooks y Fahey, 1987).

Un aumento del gasto cardíaco es el resultado de una mejora del volumen

sistólico del deportista (la cantidad de sangre expulsada del corazón cada minuto). Las frecuencias cardíacas máximas no aumentan con el entrenamiento, y las frecuencias cardíacas durante el ejercicio submáximo disminuyen después del entrenamiento. Un entrenamiento adecuado puede aumentar el volumen sistólico durante los esfuerzos máximos y submáximos en hasta un 50%.

Un entrenamiento de la resistencia largo y lento con una frecuencia cardíaca baja (de 110 a 130 lpm) parece ser más eficaz para mejorar el volumen sistólico. Astrand y Rodahl (1977) sugirieron que velocidades de entrenamiento de entre el 50% y el 60% del máximo eran ideales para este propósito. Las frecuencias cardíacas bajas aumentarán el volumen sistólico más porque con frecuencias más altas los ventrículos del corazón no tendrán tiempo de llenarse completamente de sangre entre los latidos. Por lo tanto, aunque el gasto cardíaco es mayor a velocidades más altas, el volumen sistólico será menor y el efecto del entrenamiento disminuirá.

Después de que el entrenamiento de la resistencia de baja intensidad haya incrementado el volumen sistólico del deportista, realizar las series de natación de resistencia a una intensidad mayor entrenará el corazón a llenarse a un ritmo más rápido para que el deportista pueda mantener mayor parte del aumento porcentual del volumen sistólico máximo con frecuencias cardíacas casi máximas (Gledhill, Cox y Jamnik, 1994; Spina *et al*., 1992). Este segundo paso es necesario porque los atletas deben poder mantener un volumen sistólico grande con una frecuencia cardíaca mayor si quieren aumentar su gasto cardíaco máximo y poner más oxígeno a disposición de los músculos durante las carreras.

Se puede hacer un seguimiento de los efectos del entrenamiento sobre el volumen sistólico registrando la frecuencia cardíaca de los nadadores durante series estandarizadas de entrenamiento que producen una frecuencia cardíaca de entre 120 y 170 lpm para la mayoría de los nadadores. Cualquier disminución de la frecuencia cardíaca a estas velocidades submáximas indica que el volumen sistólico se ha incrementado.

Aumentar los capilares musculares. La investigación ha demostrado que el entrenamiento de la resistencia aumentará el número de capilares alrededor

de los alveolos y de las fibras musculares (Brodal, Ingjer y Hermansen, 1976; Carrow, Brown y Van Huss, 1967; Hermansen y Wachtlova, 1971). De los dos, el aumento de los capilares alrededor de las fibras musculares individuales tiene el mayor impacto para mejorar la resistencia. Varios estudios han demostrado un aumento del 15% al 50% después de un entrenamiento de la resistencia a largo plazo (Andersen, 1975; Brodal, Ingjer y Hermansen, 1976; Rosler *et al*., 1985).

Un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares puede incrementar de forma significativa la cantidad de oxígeno que se difunde de la sangre a los músculos. Las personas no entrenadas normalmente tienen tres o cuatro capilares alrededor de cada fibra muscular, mientras que los deportistas de resistencia entrenados tienen de cuatro a seis capilares alrededor de cada fibra muscular (Saltin *et al*., 1977).

Se debe tener en cuenta que el número de capilares sólo aumenta alrededor de las fibras musculares utilizadas en el entrenamiento. Muchas de las otras adaptaciones circulatorias que mencioné anterior-mente son de naturaleza general, es decir, implican el corazón y las grandes arterias que sirven a todas las zonas del cuerpo. Cualquier tipo de ejercicio de resistencia podría producir estas adaptaciones, que favorecerían cualquier otro tipo de trabajo. Por ejemplo, un aumento del volumen sistólico producido por correr favorecería a los deportistas cuando nadan. Pero los capilares son diferentes. El aumento es específico de las fibras musculares que se han entrenado. Los capilares no se desplazan de las fibras musculares donde se incrementaron gracias al entrenamiento a otras fibras musculares. El número de capilares aumentará alrededor de una fibra muscular sólo cuando la demanda de oxígeno de esta fibra particular es mayor que la provisión. En otras pala-bras, correr puede mejorar los capilares alrededor de muchos de los músculos de la pierna, pero no aumentará el número de capilares alrededor de los músculos de los brazos y del tronco. Por esta razón, los nadadores deben realizar la mayor parte de su entrenamiento aeróbico en la piscina para asegurar que aumenten el número de capilares alrededor de las fibras musculares que utilizarán en sus carreras. Deben emplear otras formas de entrenamiento de la resistencia sólo como complemento del entrenamiento de la natación, no como sustituto.

Una redistribución de la sangre más eficaz. Dado que causa el aumento más sustancial del riego sanguíneo a los músculos que trabajan durante el ejercicio, una más eficaz redistribución de la sangre puede ser el efecto de entrenamiento más importante para mejorar el rendimiento. El cuerpo humano contiene alrededor de 5 l de sangre. En reposo, el volumen total es distribuido igualmente a todos los tejidos. Sin embargo, durante el ejercicio la sangre es redistribuida en mayor grado a los músculos que trabajan, mientras se reduce el riego de los músculos que no trabajan y de otros tejidos. Por ejemplo, en reposo sólo del 15% al 20% del volumen total de la sangre va a los músculos esqueléticos, mientras que durante el ejercicio esta cantidad aumenta entorno a un 85% ó 90% del total (Mathews y Fox, 1976). Por lo tanto, más oxígeno y nutrientes van hacia el lugar donde se les necesita. La redistribución de la sangre también aumenta las cantidades de dióxido de carbono y ácido láctico que pueden ser eliminadas de las fibras musculares activas durante el ejercicio.

El entrenamiento aumentará la proporción de sangre que fluye a los músculos activos durante los esfuerzos máximos (Clausen *et al*., 1973; Keul, Doll y Keppler, 1972; Saltin, 1973; Simmons y Shephard, 1972), que tendrá un efecto positivo importante en el rendimiento. Henriksson (1977) encontró un aumento del 8% en la cantidad de sangre que regaba los músculos activos durante el ejercicio. El entrenamiento de la resistencia es probablemente la manera más eficaz de aumentar el riego sanguíneo de los músculos activos durante el ejercicio. La cuestión de si el efecto es mayor a velocidades bajas, moderadas o altas del entrenamiento de resistencia está sin resolver. Yo especularía que el entrenamiento de resistencia rápido podría aumentar la dilatación de los vasos y, por lo tanto, ser más eficaz que el entrenamiento de resistencia de velocidad baja o moderada para mejorar la respuesta de la redistribución de la sangre. Sin embargo, estoy seguro de que el entrenamiento tiene que trabajar las mismas fibras musculares que utilizan los nadadores en la competición para que los vasos entrenados a dilatarse más rápidamente sean los que riegan los músculos utilizados por los nadadores en sus pruebas. En otras palabras, los nadadores lograrán los mejores efectos del entrenamiento nadando.

Aumentar las mitocondrias. Las mitocondrias son las pequeñas “centrales

químicas” dentro de las células musculares donde tiene lugar el metabolismo aeróbico. Están construidas de proteínas. Tanto las fibras musculares de contracción lenta como las de contracción rápida contienen muchas mitocondrias, pero son más numerosas en las de contracción lenta.

El entrenamiento causa un incremento tanto del tamaño como del número de mitocondrias en ambos tipos de fibra muscular (Morgan *et al*., 1971). Un aumento del 120% en el tamaño de las mitocondrias fue encontrado en sujetos humanos después de 28 semanas de entrenamiento de resistencia, y el aumento del número varió entre el 14% y el 40% (Kiessling, Piehl y Lundquist, 1971). Otro estudio (Rosler *et al*., 1985) encontró un aumento del volumen total del 40%, incluyendo los aumentos tanto del número como del tamaño mitocondrial.

Los aumentos mitocondriales ayudan de una manera importante: reducen la tasa de producción del ácido láctico. Con más mitocondrias disponibles, el metabolismo aeróbico puede tener lugar en un mayor número de lugares dentro de cada fibra muscular. Por lo tanto, habrá una mayor cantidad de energía disponible del metabolismo aeróbico durante cada minuto de ejercicio, siempre que la provisión de oxígeno sea adecuada. Este efecto (y quizás un aumento de la mioglobina) probablemente permite a los deportistas entrenados utilizar un mayor porcentaje de su $\dot{V}O_2$máx sin aumentar la producción de ácido láctico.

La natación es el mejor método para aumentar el tamaño y el número de las mitocondrias en las fibras musculares de los nadadores. Estos efectos del entrenamiento también tienen lugar sólo en las fibras musculares que se ejercitan. Por lo tanto, el entrenamiento que no implique nadar y que no utilice las mismas fibras musculares que las que utilizan los nadadores en la competición no aumentará el tamaño ni el número de las mitocondrias en las fibras musculares pertinentes. Es más, nadar sólo con los brazos no aumentará el número y el tamaño de las mitocondrias en los músculos de las piernas de los nadadores, ni realizar sólo el batido aumentará el tamaño y el número de las mitocondrias en los brazos, hombros y tronco. Para llevar el ejemplo aún más allá, el entrenamiento de resistencia largo y lento puede aumentar el tamaño y el número de las mitocondrias en las fibras musculares de contracción lenta. Pero para aumentar el tamaño y el número de las

mitocondrias en las fibras de contracción rápida, los nadadores deben realizar el entrenamiento de resistencia a velocidades de moderadas a rápidas. Por consiguiente, deben practicar la natación de resistencia con varias velocidades, desde lenta a rápida, para aumentar el tamaño y el número de las mitocondrias en todas las fibras musculares que utilizarán en las pruebas competitivas.

Debo añadir unas palabras de precaución en este momento. Demasiados entrenamientos a velocidades altas pueden ser contraproducentes para lograr este efecto de entrenamiento. Generalmente no se debe realizar el entrenamiento de resistencia a velocidades que producen una acidosis intensa ni hacerlo cuando el glucógeno muscular está casi agotado. Tales esfuerzos pueden dañar las mitocondrias hasta el punto de que no puedan repararse, y aparecerá un estado de sobreentrenamiento si están sometidas a una acidosis intensa demasiado a menudo (Gullstrand, 1985). También pueden dañarse si se metaboliza la proteína de estas estructuras para obtener energía, como ocurriría cuando los nadadores se entrenan con una provisión inadecuada de glucógeno muscular. El entrenamiento de resistencia a velocidad alta para aumentar el tamaño y el número de las mitocondrias en las fibras musculares de contracción rápida no debe realizarse muy a menudo durante cada semana, y sólo durante períodos cortos, de manera que las mitocondrias en éstas y otras fibras musculares no se dañen demasiado. Los nadadores de resistencia deben saber que también pueden incrementar el tamaño y el número de las mitocondrias en las fibras musculares de contracción rápida nadando a velocidades moderadas durante largos períodos de tiempo porque estas fibras tienden a participar para realizar el trabajo de las fibras musculares de contracción lenta fatigadas durante tales entrenamientos.

El entrenamiento a altura también parece aumentar las mitocondrias en los músculos (MacDougall *et al*., 1991) y puede ser aún más efectivo para este propósito que el entrenamiento al nivel del mar.

Aumentar las enzimas aeróbicas. Cuando las mitocondrias aumentan tanto en número como en tamaño, las cantidades de enzimas aeróbicas que contienen también aumentan (Morgan *et al*., 1971). El significado de este cambio es que el metabolismo aeróbico funcionará a un ritmo más rápido cuando están disponibles mayores cantidades de enzimas aeróbicas para

realizar el proceso.

Puede ser que los aumentos del tamaño y del número de las mitocondrias y los incrementos concomitantes de la actividad de las enzimas aeróbicas que contienen mejoren el umbral anaeróbico del deportista más de lo que aumentan el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ máx). El entrenamiento parece aumentar la actividad de las enzimas aeróbicas de forma desproporcionada con los aumentos del $\dot{V}O_2$ máx que resultan de dicho entrenamiento (Gollnick y Hodgson, 1986; Gollnick *et al*., 1972), y la actividad de las enzimas sigue mejorando incluso después de que no aumente el $\dot{V}O_2$ máx (Wilmore y Costill, 1999). Por lo tanto, la actividad aumentada de las enzimas aeróbicas puede tener más que ver con el ejercicio continuo a algún porcentaje del $\dot{V}O_2$ máx que el hecho de aumentar el $\dot{V}O_2$ máx de por sí (Davies, Packer y Brooks, 1981). Al mismo tiempo, mejoras del $\dot{V}O_2$ máx pueden estar ligadas más estrechamente con la capacidad del sistema circulatorio de aportar oxígeno a las fibras musculares activas que con la capacidad de las fibras musculares de utilizar este oxígeno en el metabolismo aeróbico (Rowell, 1974).

La misma variedad de entrenamiento de resistencia de velocidad de lenta a rápida que produce aumentos de las mitocondrias de las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta debe también aumentar la actividad de las enzimas aeróbicas en estas fibras. Grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia a velocidad lenta pueden aumentar la actividad de las enzimas aeróbicas en las fibras musculares de contracción lenta. Los mayores incrementos se han encontrado cuando los niveles de entrenamiento requieren que los deportistas utilicen un alto porcentaje (70% u 80%) de su consumo máximo de oxígeno, probablemente porque entrenarse a este nivel también hace que las fibras musculares de contracción rápida participen y lleven algo de la carga de trabajo (Henriksson, 1992). Aunque intenso, este entrenamiento no debe sobrepasar la capacidad del deportista para mantener un equilibrio entre las tasas de producción y de eliminación del ácido láctico, de manera que el pH muscular se quede cerca de los niveles normales. Un pH muscular bajo reducirá la actividad de ciertas enzimas aeróbicas y causará un cambio hacia una mayor tasa de producción de ácido láctico. Este efecto es el opuesto del que se desea. El deportista quiere aumentar la actividad de estas

enzimas mientras que también fomenta un metabolismo más rápido del piruvato y de los hidrogeniones mediante la oxidación. Por lo tanto, la mayor parte del entrenamiento para mejorar las enzimas aeróbicas debe realizarse en el umbral anaeróbico del deportista o por debajo de él, con sólo un pequeño volumen de entrenamiento a velocidades rápidas.

Puede que el entrenamiento en altura sea más eficaz que el entrenamiento al nivel del mar para producir un aumento de la actividad de las enzimas del metabolismo aeróbico. Dada la relación estrecha entre el tamaño y el número de mitocondrias y la actividad de las enzimas aeróbicas, y el descubrimiento de que el entrenamiento en altura es eficaz para mejorar el primero, parece lógico suponer que también debe mejorar la segunda.

Aumentar la mioglobina. La mioglobina es la proteína de las fibras musculares que contiene hierro y que les da su color rojizo. La mioglobina tiene dos funciones en las células musculares. La más importante es que absorbe el oxígeno que se difunde a ellas y lo transporta dentro de las mitocondrias donde puede utilizarse en el metabolismo aeróbico. La segunda función es almacenar pequeñas cantidades, alrededor de 240 ml, de oxígeno en las fibras musculares. Esta reserva se utiliza en los primeros segundos del ejercicio, proporcionando oxígeno a las mitocondrias hasta que llegue una provisión adicional del sistema circulatorio. Las fibras musculares de contracción lenta contienen aproximadamente un tercio más de mioglobina que las de contracción rápida, lo que explica la apariencia rojiza oscura de las primeras y el tono blanquecino (realmente de color rosa) de las segundas (Nemeth *et al*., 1983).

La investigación ha demostrado que el entrenamiento aumenta el contenido de mioglobina en un 80% en las ratas (Pattengale y Holloszy, 1967), pero la investigación con los sujetos humanos no ha logrado demostrar este efecto. Por ejemplo, Svedenhag, Henriksson y Sylven (1983) no pudieron obtener un aumento de la mioglobina en un grupo de sujetos humanos después de 8 semanas de entrenamiento, y Jansson, Sylven y Sjodin (1983) encontraron que la cantidad de mioglobina era similar en los músculos de personas no entrenadas y en los de deportistas de resistencia entrenados. Sin embargo, puede que el entrenamiento en altura incremente la cantidad de esta sustancia. Las personas que viven a gran altitud tienen hasta un 16% más

de mioglobina en los músculos (Reynafarje, 1962). Las pruebas no son concluyentes sobre si entrenarse en altura durante cortos períodos de tiempo puede producir aumentos de esta magnitud o si hace falta vivir en altura durante largos períodos para alcanzarlos.

Independientemente de la falta de pruebas científicas, sigue existiendo la posibilidad de que el entrenamiento, sea en altura o al nivel del mar, pueda aumentar la mioglobina. Una suposición razonable es que una sustancia que tiene una función tan importante durante el ejercicio sería susceptible de aumentar con un entrenamiento apropiado. De hecho, la mayoría de los estudios muestran que los músculos de los animales entrenados para la resistencia tienen más mioglobina que los de los menos entrenados (Hickson, 1981; Lawrie, 1953). Los entrenadores y los deportistas deben, por lo tanto, considerar que se puede aumentar la mioglobina como uno de los resultados importantes del entrenamiento de resistencia, y deben planificar los programas para fomentar este efecto hasta que las pruebas en contra se vuelvan innegables.

La literatura ha prestado poca atención al tipo de entrenamiento que podría ser el más eficaz para aumentar el contenido de mioglobina de los músculos. Sin embargo, se puede razonar que los deportistas deben entrenarse a velocidades que producen niveles máximos o cercanos a máximos de consumo de oxígeno. Las fibras de contracción lenta ya contienen cantidades significativas de esta sustancia y sería improbable que mejorase esta cantidad en un grado perceptible a no ser que fuesen estimuladas casi hasta el punto de fallar en su capacidad de proporcionar oxígeno a las mitocondrias. Al mismo tiempo, las fibras de contracción rápida, que tienen el mayor potencial de mejorar su contenido de mioglobina, estarán activas sólo después de que la intensidad del ejercicio sea lo bastante grande para necesitar que los deportistas utilicen un mayor componente porcentual de su $\dot{V}O_2$ máx, quizás, del 70% al 80% de su capacidad máxima (Andersen y Sjogaard, 1975).

Mejorar el ciclo de la glucosa-alanina

La proteína también puede desempeñar un papel importante para reducir la producción de ácido láctico durante el ejercicio mediante un proceso que se llama el *ciclo de la glucosa-alanina* (Felig y Wahren, 1971). Una parte del piruvato formado como producto del metabolismo anaeróbico se une con amoníaco para formar alanina en el proceso. Como resultado, este piruvato no estará disponible para combinarse con los hidrogeniones, de manera que se producirá menos ácido láctico. La alanina producida en este proceso será transportada al hígado, donde puede convertirse de nuevo en glucosa como parte de otro proceso, el *ciclo de Cori*. Esta glucosa entra entonces en la sangre circulante, que la transporta a los músculos donde puede utilizarse para reciclar ATP.

El ciclo de la glucosa-alanina funciona durante carreras cortas de velocidad además de las pruebas de resistencia, aunque es dudoso que tenga algún efecto positivo sobre el rendimiento en pruebas más cortas que 100 m o yardas de distancia (Weicker *et al*., 1983). La tasa de formación de piruvato, y por lo tanto del reciclaje de ATP, mediante el metabolismo anaeróbico es el factor principal para mantener la velocidad en estas pruebas, no la eliminación del piruvato. Pero eliminar una parte del piruvato convirtiéndolo en alanina puede tener un efecto significativo para reducir la acidosis en las carreras largas de velocidad y en las pruebas de resistencia porque el proceso tiene el efecto de reducir la cantidad de ácido láctico producida a cualquier velocidad de natación determinada. El diagrama de barras presentado en la figura 11.3 ilustra los resultados de un estudio realizado por Felig y Wahren (1971) sobre la producción de alanina durante el ejercicio. Las barras muestran que el contenido de alanina de los músculos alcanza más de tres veces su nivel anterior cuando la intensidad del ejercicio de resistencia aumenta hasta un nivel alto. Weicker y sus colaboradores (1983) también encontraron altas concentraciones de alanina en los músculos de los corredores después de carreras de 100 a 1.500 m de distancia. Por lo tanto, este proceso puede contribuir de forma significativa a reducir la producción de ácido láctico en los músculos a cualquier velocidad de natación, incluyendo las velocidades altas.

Los estudios sugieren que la conversión de la glucosa a alanina es una respuesta entrenable (Brooks y Fahey, 1984; Weicker *et al*., 1983), quizás en parte porque la actividad de la principal enzima que regula esta reacción, la

alanina transaminasa, aumenta con el entrenamiento (Mole *et al*., 1973). Sin embargo, se sabe poco de la eficacia relativa de la natación de baja, moderada y alta intensidad para producir este efecto de entrenamiento.

Mejorar el sistema de lanzadera del malato-aspartato

Un mecanismo conocido como el sistema de lanzadera del malato-aspartato puede reducir la tasa de producción de ácido láctico eliminando algunos de los hidrogeniones antes de que puedan combinarse con el ácido pirúvico para formar ácido láctico. El proceso empieza en el ciclo de Krebs, donde se forma el ácido aspártico en el proceso de convertir ácido málico en ácido oxaloacético. Como parte de esta conversión, los hidrogeniones se liberan de la NADH para que puedan entrar en la cadena transportadora de electrones. Una vez liberados los hidrogeniones, la NAD^+que queda está libre para recoger otros hidrogeniones antes de que puedan combinarse con el ácido pirúvico y bajar el pH muscular.

Las enzimas principales del sistema de lanzadera del malato-aspartato, aspartato transaminasa y *malato deshidrogenasa*, según algunos informes, aumentan en hasta un 60% en los seres humanos después del entrenamiento de resistencia (Holloszy, 1975). Por lo tanto, el sistema de lanzadera del malato-aspartato puede desempeñar un papel pequeño pero importante en la reducción de la producción del ácido láctico durante el ejercicio.

Aumentar la tasa de eliminación de lactato de los músculos y de la sangre

En el pasado, se pensaba que el ácido láctico era un producto de desecho del metabolismo anaeróbico que se producía durante el ejercicio y que permanecía en los músculos y la sangre hasta que fuera eliminado durante el posterior período de recuperación. Los resultados de muchos estudios ahora

han aclarado que esta sustancia es simplemente un producto intermedio del proceso metabólico y que se elimina continuamente durante el ejercicio además de durante la recuperación. La cantidad de ácido láctico que se acumula en las fibras musculares durante el ejercicio es, por lo tanto, la diferencia entre la cantidad producida en las fibras musculares y la cantidad eliminada de ellas durante este mismo ejercicio.

Cuando la intensidad del ejercicio está muy por debajo de la capacidad de los músculos activos de oxidar el piruvato y el hidrógeno aeróbicamente, el ácido láctico formado al inicio del trabajo, cuando la provisión de oxígeno era temporalmente inadecuada, será transformado de nuevo a piruvato e hidrógeno y oxidado dentro de estas fibras musculares. El mecanismo de la eliminación de lactato no es tan importante a estos niveles porque no se estará acumulando mucho ácido láctico. Pero la eliminación de lactato se vuelve cada vez más importante para un buen rendimiento a la velocidad de la carrera. Como sabemos, la demanda de energía de todas las pruebas de natación excede en mucho la capacidad del metabolismo aeróbico para proporcionarla, de manera que el metabolismo anaeróbico y la producción de ácido láctico aportan la cantidad restante. Cualquier mecanismo que pueda eliminar una parte del ácido láctico de su lugar de producción, las fibras musculares activas, retrasará la tasa de disminución del pH en estos músculos durante las pruebas, lo que permitiría a los deportistas mantener una velocidad más alta durante un mayor tiempo. Evidentemente, una tasa más rápida de eliminación de lactato resultará en una disminución más lenta del pH, de manera que cualquier mejora en esta tasa que puede ocasionar el entrenamiento debería favorecer el rendimiento de forma considerable. De hecho, varios expertos han sugerido que aumentar la tasa de eliminación de lactato de las fibras musculares activas puede reducir de forma significativa la tasa de acidosis en los músculos durante el ejercicio. Varios estudios han encontrado una relación significativa entre la tasa de eliminación del lactato de los músculos y de la sangre y el rendimiento (Messonnier *et al*., 1997; MacRae *et al*., 1992).

El proceso de eliminación de lactato

La eliminación del lactato de los músculos activos parece ser el resultado tanto de la difusión pasiva como del transporte activo (Juel, 1997). La tasa de difusión depende de la diferencia entre la concentración de lactato dentro de la fibra muscular y la concentración en la sangre o en otros compartimentos del cuerpo. Cuando el ejercicio causa altas tasas de producción de ácido láctico dentro de las fibras musculares, saldrá de ellas una mayor cantidad. Sin embargo, con el tiempo la cantidad en la sangre podría incrementarse hasta el punto de que la diferencia en la concentración, y por lo tanto, la tasa de difusión de las fibras musculares a la sangre disminuya. Así, este proceso depende de la tasa con la que el lactato puede dejar la sangre y ser recogido por otros tejidos, porque una pérdida rápida de lactato de la sangre permite mantener un alto gradiente de concentración entre las fibras musculares y la sangre circulante.

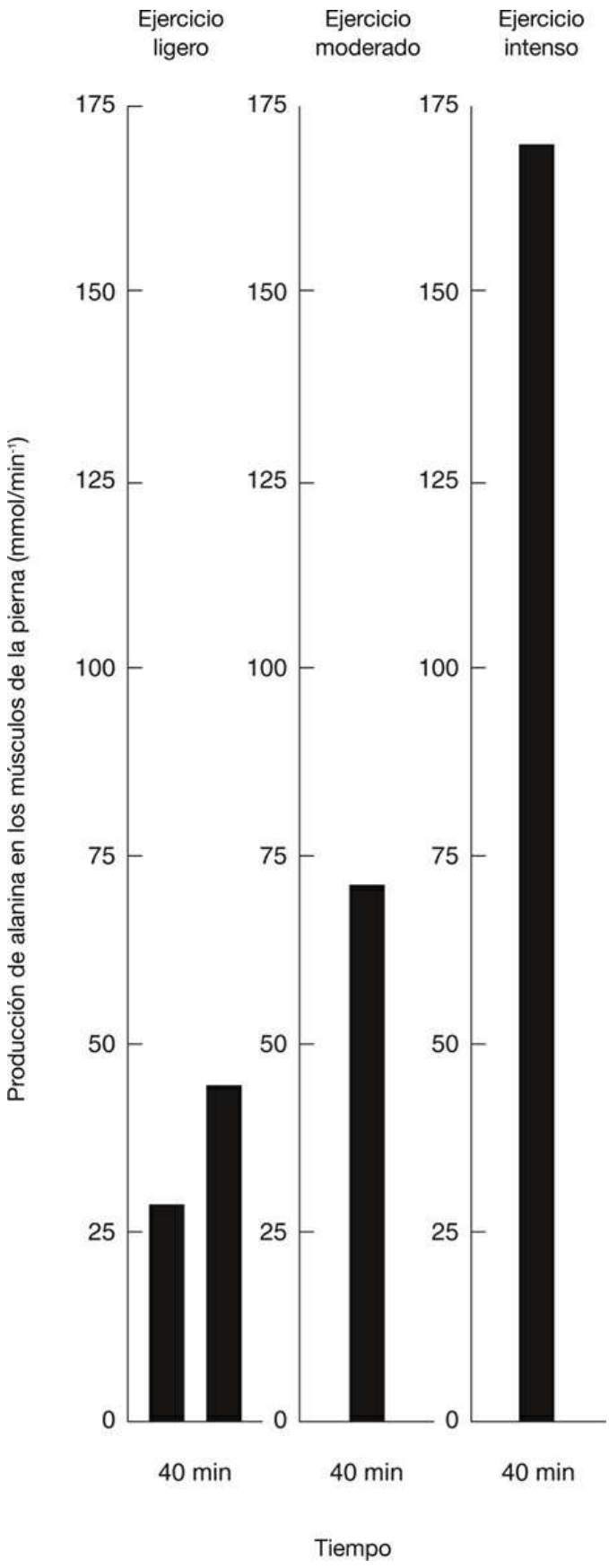

Ejercicio ligero
Ejercicio moderado
Ejercicio intenso
175
150
125
100
75
50
25
0
Producción de alanina en los músculos de la pierna (mmol/min-1)
40 min
40 min
40 min
Tiempo

Figura 11.3. Los efectos de tres períodos de ejercicio a diferentes intensidades sobre la producción de alanina.

Adaptada de Felig y Wahren, 1971.

Los científicos han identificado sólo recientemente la existencia de un sistema de transporte que *expulse* el lactato fuera de los músculos (Roth y Brooks, 1990; Juel, 1997). Se cree que la naturaleza del transportador implica un sistema de proteínas en los músculos y la sangre, algunas de las cuales se han identificado como transportadores monocarboxilatos 1 a 7 (MCT1, MCT2, MCT3, etc.) (Wilson *et al*., 1998). La importancia de un sistema de transporte del lactato fuera de los músculos y de la sangre es que el lactato puede ser eliminado incluso cuando el gradiente de concentración no favorezca tasas máximas de difusión. Los investigadores han estimado que el transporte de lactato representa del 50% al 75% del lactato eliminado de los músculos durante el ejercicio (Juel, 1997).

Como se mencionó en el capítulo 10, una parte del ácido láctico puede ser transportada del protoplasma de las fibras musculares, donde se produjo directamente, a las mitocondrias de las mismas fibras musculares, donde puede convertirse de nuevo en piruvato y oxidarse (Brooks *et al*., 1996). Esto puede ocurrir mientras se está realizando el ejercicio. La mayor parte del ácido láctico eliminado de esta manera se produce en las fibras musculares de contracción lenta. Una parte de la cantidad restante puede ser transportada fuera de los músculos y a las fibras musculares adyacentes, donde puede oxidarse (Juel, 1997). Este método de eliminación ocurre principalmente entre las fibras de contracción rápida, donde se produce la mayor parte del ácido láctico, y las fibras de contracción lenta, donde el mayor tamaño y número de las mitocondrias permiten una mayor oxidación de dicha substancia (Mazzeo *et al*., 1986).

Otra parte del ácido láctico restante puede transportarse a la sangre y llevarse a otras partes del cuerpo, principalmente al hígado y a otras fibras musculares inactivas, donde puede oxidarse y utilizarse para energía, o al corazón, donde puede utilizarse para suministrar energía en su forma actual

(Ahlborg, Hagenfeld y Wahren, 1975; Poortmans, Delescaille-Vanden Bossche y Leclercq, 1978; Rosler *et al*., 1985). La cantidad que no se elimina quedará en las fibras musculares donde causará una reducción del pH. Otro mecanismo fisiológico que se presentará más adelante, el amortiguamiento, puede retrasar el grado de dicha reducción.

Todos los procesos que eliminan el ácido láctico de las fibras musculares activas contribuyen a retrasar la tasa y el grado de la reducción del pH muscular, que, a su vez, permite a los deportistas mantener una tasa más rápida de metabolismo anaeróbico a pesar del hecho de que estén produciendo grandes cantidades de ácido láctico. Por lo tanto, la importancia de eliminar el lactato de las fibras musculares activas es que los nadadores podrán mantener una tasa mayor de contracción muscular, una mayor potencia de brazada y, por lo tanto, velocidades más altas nadando durante un mayor tiempo antes de que una acidosis elevada les obligue a reducir su velocidad. Por consiguiente, la eliminación del ácido láctico proporciona un medio que permite a los nadadores nadar a velocidades mayores que las que podrían mantener con sólo el metabolismo aeróbico, sin aumentar la tasa de acidosis que ocurre dentro de las fibras musculares activas.

Se estima que entre un 60% y un 70% del lactato eliminado es metabolizado en CO_2 y agua en las fibras musculares activas y otras fibras musculares de todo el cuerpo. La cantidad restante va al hígado y al corazón, donde se convierte de nuevo en glucógeno y se almacena. La mayor parte de la conversión y almacenaje tiene lugar en el hígado.

Evidentemente, los efectos de entrenamiento que aumentan la tasa de eliminación del ácido láctico deben desempeñar un papel importante en la mejora del rendimiento. Este papel debe ser más significativo en las pruebas de medio fondo y fondo a causa de la cantidad total de ácido láctico que puede eliminarse a lo largo del tiempo. El efecto también debe ser significativo en las pruebas más cortas. Las pruebas que duran menos de 2 min requieren una alta tasa de liberación de energía, pero son tan cortas que los deportistas no pueden consumir una gran cantidad de oxígeno. Como resultado, la tasa de metabolismo anaeróbico superará con mucho la capacidad del sistema aeróbico para oxidar la mayor parte del piruvato y de los hidrogeniones que se están generando, de manera que grandes cantidades

de ácido láctico serán producidas en los músculos del nadador. Se debe retrasar la acidosis intensa un poco si una cantidad significativa de este ácido láctico va a ser eliminado de los músculos durante la carrera. Mediciones de niveles de lactato sanguíneo de 8 a 18 mmol/l después de pruebas de 50 y 100 m (Maglischo, sin publicar, 1984) confirman la creencia de que una cantidad significativa de lactato puede ser eliminada de los músculos durante el primer minuto del ejercicio.

Debería aclarar que la mayor parte del ácido láctico producido durante la natación rápida e intensa permanecerá en las fibras musculares. Las tasas de producción de lactato serán muy rápidas y las tasas de eliminación del mismo simplemente no son lo bastante rápidas para impedir que esta sustancia se acumule en los músculos. Los expertos han afirmado que la tasa máxima de producción de ácido láctico dentro de las fibras musculares es de dos a tres veces mayor que su tasa de eliminación (Bangsbo *et al*., 1990; Juel *et al*., 1990; Hultman y Sjoholm, 1986; Hultman y Sahlin, 1981). Por lo tanto, aunque el proceso de eliminar el lactato de los músculos durante el ejercicio puede retrasar la aparición de la acidosis, la mayor parte del ácido láctico producido no será eliminado. Por ejemplo, se han medido contenidos en ácido láctico en los músculos de 28 a 35 mmol/kg después de sólo 30 s de pedalear a alta velocidad (Hultman y Sjoholm, 1986); sin embargo, el lactato sanguíneo sólo alcanzó de 8 a 12 mmol/l en el mismo tiempo. Igualmente, se han medido concentraciones de ácido láctico en los músculos de 45 a 50 mmol/kg en seres humanos en el momento del agotamiento después de esfuerzos intensos (Juel, 1997); sin embargo, se encontraron niveles máximos de lactato sanguíneo de sólo 15 a 20 mmol/l bajo circunstancias similares. El gráfico presentado en la figura 11.4 muestra la relación entre concentraciones musculares y sanguíneas de lactato después de 3 min de esfuerzo máximo.

Las respuestas a dos preguntas ayudarán a comprender el significado de la eliminación del ácido láctico durante el ejercicio para el rendimiento:

1. ¿Cuál es la tasa máxima de eliminación del lactato de los músculos?
2. ¿En cuánto puede aumentarla el entrenamiento?

La tasa máxima de eliminación de lactato

Los científicos no están de acuerdo en cuanto a la primera de estas cuestiones. Los resultados de varios estudios han indicado que la tasa máxima de transporte de lactato de las fibras musculares activas a la sangre es de entre 4 y 9 mmol/min durante el ejercicio (Juel *et al*., 1990; Katz *et al*., 1986; Lindinger, McKelvie y Heigenhauser, 1995; Jorfeldt, Juhlin-Dannfelt y Karlsson, 1978). Pero Saltin (1990) indicó que las tasas más altas de eliminación de lactato de los músculos alcanzadas por muchos sujetos humanos en un estudio se acercaban a los 20 mmol/min. Otro estudio presentó tasas más altas de eliminación de lactato de entre 12 y 16 mmol/min (Bangsbo *et al*., 1990).

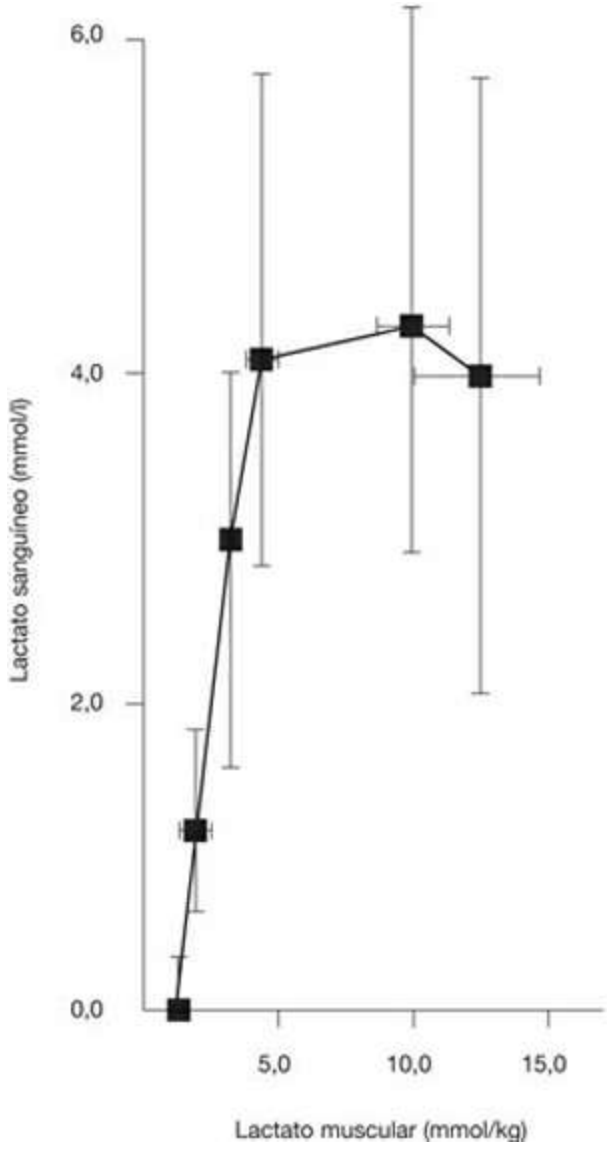


Figura 11.4. Concentraciones musculares y sanguíneas de lactato después de 3 min de ejercicio máximo.

Adaptada de Juel, Bangsbo, Graham y Saltin, 1990.

Evidentemente, las tasas de eliminación de lactato de 10 a 20 mmol/min tendrían un efecto significativo sobre la reducción de la acumulación de ácido láctico durante el ejercicio. El patrón de eliminación de lactato parece reflejar el del consumo de oxígeno durante el ejercicio. Aproximadamente 1 ó 2 min

después del inicio del ejercicio, las tasas de eliminación de lactato llegan a un pico (Bangsbo *et al*., 1990). Por lo tanto, este proceso no puede movilizarse inmediatamente. Por consiguiente, puede que los mecanismos de eliminación del lactato de los músculos no sean más eficaces que los mecanismos que impliquen el consumo de oxígeno para retrasar la aparición de la acidosis durante las pruebas cortas de velocidad.

El proceso de la eliminación de lactato debe ciertamente ayudar a retrasar la acidosis durante las carreras más largas de velocidad, las pruebas de medio fondo y fondo, y durante las series de repeticiones en los entrenamientos. La cuestión que queda es si el entrenamiento puede mejorar esta tasa suficientemente para lograr una mejora significativa en el tiempo registrado por los deportistas en dichas pruebas. Sólo algunos estudios han investigado los efectos del entrenamiento sobre la eliminación de lactato durante el ejercicio, y la mayoría han utilizado animales en lugar de seres humanos como sujetos. La mayoría han presentado mejoras significativas de este mecanismo (Donovan y Brooks, 1983; Donovan y Pagliassotti, 1990; Fukuba *et al*., 1999; MacRae *et al*., 1992; MacRAe, Noakes y Dennis, 1995; Oyono-Enguelle y Freund, 1992).

Entrenarse para mejorar la eliminación del lactato

Hasta la fecha, se han realizado sólo algunos estudios con sujetos humanos. En uno, los sujetos se entrenaron haciendo ciclismo durante sólo 10 días, 2 horas al día, a una intensidad de ligera a moderada (Phillips *et al*., 1995). A pesar de la baja intensidad del entrenamiento, los ciclistas mejoraron las tasas de eliminación de lactato de la sangre en un promedio de 40%. En otro estudio, los sujetos que se entrenaron con cicloergómetros durante por lo menos 45 min al día y 5 días a la semana a una intensidad cercana a su umbral anaeróbico individual mejoraron sus tasas de eliminación de lactato en un promedio de 26% (MacRae *et al*., 1992). Esta cifra es similar al porcentaje esperado de mejora del consumo máximo de oxígeno después del entrenamiento.

Estudios transversales con seres humanos en los que la capacidad de los deportistas y personas entrenadas para eliminar el lactato se comparó con la de no deportistas y personas no entrenadas también sugieren que este proceso es altamente entrenable. Uno de estos estudios no encontró diferencias entre los sujetos entrenados y no entrenados en cuanto a su tasa de eliminación del lactato de los músculos a la sangre. En cambio, los deportistas entrenados tenían una tasa de eliminación mucho más alta. Las pruebas no son concluyentes en cuanto a si la diferencia indicada se debe al resultado del entrenamiento o simplemente porque los deportistas entrenados tenían una mayor capacidad heredada para transferir el lactato fuera de sus músculos.

El entrenamiento para mejorar la eliminación del lactato probablemente requiere una mezcla de natación de fondo a intensidades baja, moderada y alta. El entrenamiento de resistencia de lenta a moderada debería mejorar la tasa de las fibras de contracción lenta y las de tipo CRa, mientras que velocidades de entrenamiento equivalentes al 100% del $\dot{V}O_2$ máx y más altas son necesarias para mejorar esta tasa en las fibras musculares de tipo CRb. De esta forma, el entrenamiento para mejorar la tasa de eliminación de lactato de los varios tipos de fibras musculares es similar al entrenamiento que mejora el consumo de oxígeno en estas mismas fibras. Los estudios realizados con ratas, si dichos resultados son transferibles a los seres humanos, sugieren que el entrenamiento a velocidades mayores que las del $\dot{V}O_2$ máx produjeron las tasas más altas de eliminación de lactato, probablemente porque estos tres tipos de fibras musculares estaban siendo reclutadas a estas velocidades.

Las investigaciones de Treffene y colaboradores (1980) ofrecen un apoyo adicional al concepto de entrenarse a diferentes velocidades que superan el umbral anaeróbico. Utilizando sujetos humanos, sugieren que la tasa máxima de eliminación de lactato de los músculos a la sangre tiene lugar a velocidades que son más rápidas en un 6% a un 14% que las que coinciden con el umbral anaeróbico. En el estudio realizado por Bangsbo *et al.* (1990), las tasas más altas de eliminación de lactato ocurrieron a concentraciones de lactato sanguíneo de entre 6 y 12 mmol/l (valor medio 8 mmol/l).

Aunque la investigación sugiere que repeticiones de la resistencia en la natación a alta intensidad producen la mayor mejora de las tasas de

eliminación de lactato, también existen pruebas de que los transportadores de lactato se vuelven menos efectivos al disminuir el pH muscular (Roth y Brooks, 1990). Por consiguiente, los deportistas deben intentar retrasar la acidosis durante sus series de repeticiones reduciendo su tiempo o realizándolas en series más cortas. Cuando se utiliza este último método, las series deben terminar antes de la aparición de la acidosis, y un breve período de descanso debe seguir a cada serie para restaurar el pH muscular a cerca del nivel normal antes de empezarse la siguiente serie.

Mejorar la capacidad de amortiguamiento

Los niveles de ácido láctico muscular pueden aumentar en cuatro o cinco veces el nivel de reposo antes de que el pH muscular descienda apreciablemente. Esto ocurre principalmente a causa de las sustancias amortiguadoras que se unen con los hidrogeniones y debilitan su efecto sobre el pH muscular. Las sustancias que pueden servir como amortiguadores incluyen bicarbonatos, conocidos colectivamente como la reserva alcalina, las proteínas musculares y el creatinfosfato.

Dos afirmaciones revelan la importancia de los amortiguadores para el ejercicio:

1. Los amortiguadores pueden reaccionar con el ácido láctico para retrasar la tasa de la inminente acidosis casi inmediatamente después del inicio del ejercicio (Guyton, 1964)

2. La acumulación del ácido láctico en los músculos después de una carrera de 100 m disminuiría el pH a 1,5 en lugar de los valores típicos de 6,6 a 6,8 si no estuviesen presentes los amortiguadores (Parkhouse *et al*., 1983).

Los amortiguadores se encuentran tanto en la sangre como en las células musculares en tres formas principales, como bicarbonatos, fosfatos y proteínas. El bicarbonato sódico y la proteína hemoglobina son más prevalentes en la sangre, y los músculos contienen bicarbonato de potasio y

de magnesio en mayores cantidades. Los fosfatos se encuentran en las fibras musculares principalmente en forma de fosfato sódico. Pero la provisión más abundante de amortiguadores en el cuerpo son las distintas proteínas alojadas dentro de las fibras musculares.

Como ya se ha mencionado, el bicarbonato sódico y la hemoglobina son los amortiguadores principales de la sangre. La hemoglobina es el más eficaz de los dos. La importancia de los amortiguadores de la sangre es que pueden retrasar una disminución del pH sanguíneo durante el ejercicio para que más ácido láctico sea transferido desde las fibras musculares activas, donde el pH es menor, a la sangre, donde es mayor.

Quizás el creatinfosfato también realice una función amortiguadora, aunque no se conoce en este momento hasta qué punto puede ayudar a estabilizar el pH muscular (Henriksson, 1992b). Este hecho señala la posibilidad de que la carga de creatina pueda mejorar la capacidad amortiguadora dentro de las fibras musculares humanas.

Los sistemas amortiguadores pueden reaccionar casi inmediatamente cuando empieza el ejercicio para impedir una caída del pH muscular. Por consiguiente, este proceso es probablemente importante para tener éxito en las carreras de 100 y 200 m. También puede desempeñar un pequeño papel para mantener mayor velocidad en los últimos 10 a 12 metros o yardas de las pruebas de 50 m. La velocidad que se requiere en estas pruebas es tan rápida y la duración es tan breve que la mayor parte de la energía debe proceder del metabolismo anaeróbico. Especialmente en las pruebas de 50 y 100 m no hay bastante tiempo para consumir el oxígeno necesario para hacer funcionar el sistema aeróbico. Por lo tanto, el amortiguamiento probablemente desempeña un papel por lo menos tan importante, si no mayor, en el retraso de la acidosis como la eliminación del lactato y el consumo de oxígeno.

Durante mucho tiempo los científicos han creído que el entrenamiento no podría mejorar la capacidad de amortiguamiento. Un estudio realizado por Sharp *et al.* (1986) fue uno de los primeros que demostró que sí podría hacerlo. Estos investigadores encontraron una mejora media del 37% en la capacidad de amortiguamiento (con un rango del 12% al 50%) en un grupo de sujetos que se entrenaron anaeróbicamente. Esta mejora coincide con un

incremento medio del 22% en su rendimiento en una prueba de pedalear a gran velocidad realizada hasta el agotamiento. Se evidenció el aumento en la capacidad de amortiguamiento después del entrenamiento en el hecho de que la cantidad de ácido láctico en los músculos de los sujetos era, como promedio, un 19% mayor después del esfuerzo máximo cuando el pH muscular había disminuido a 6,70 y menos. Los sujetos de este estudio se entrenaron durante 8 semanas, 4 días a la semana. Durante cada período de entrenamiento completaron ocho esfuerzos máximos de 30 segundos en un cicloergómetro con un período de descanso de 4 minutos después de cada esfuerzo. En la figura 11.5 se presenta un diagrama de barras que ilustra el cambio en la acumulación del ácido láctico muscular y su efecto en el pH muscular antes y después del entrenamiento.

Los efectos del entrenamiento sobre la capacidad de amortiguamiento de la sangre son menos seguros. La mayoría de los estudios no han encontrado cambios después del entrenamiento (Robinson y Harmon, 1941; Sharp *et al*., 1983). Sin embargo, se utilizaron formas tradicionales del entrenamiento de resistencia en estos estudios, y es improbable que la capacidad amortiguadora mejore con esta forma de entrenamiento. La investigación todavía no ha resuelto si el entrenamiento de velocidad puede también aumentar la capacidad amortiguadora de la sangre.

Algunos deportistas han tratado de aumentar la capacidad amortiguadora de la sangre ingiriendo sustancias carbonatadas antes de largas pruebas de velocidad, un procedimiento conocido como *carga de soda*. Los resultados de estos estudios han sido variados. La mayoría de ellos han encontrado una mejora en el rendimiento (Juel, 1997; Williams, 1998).

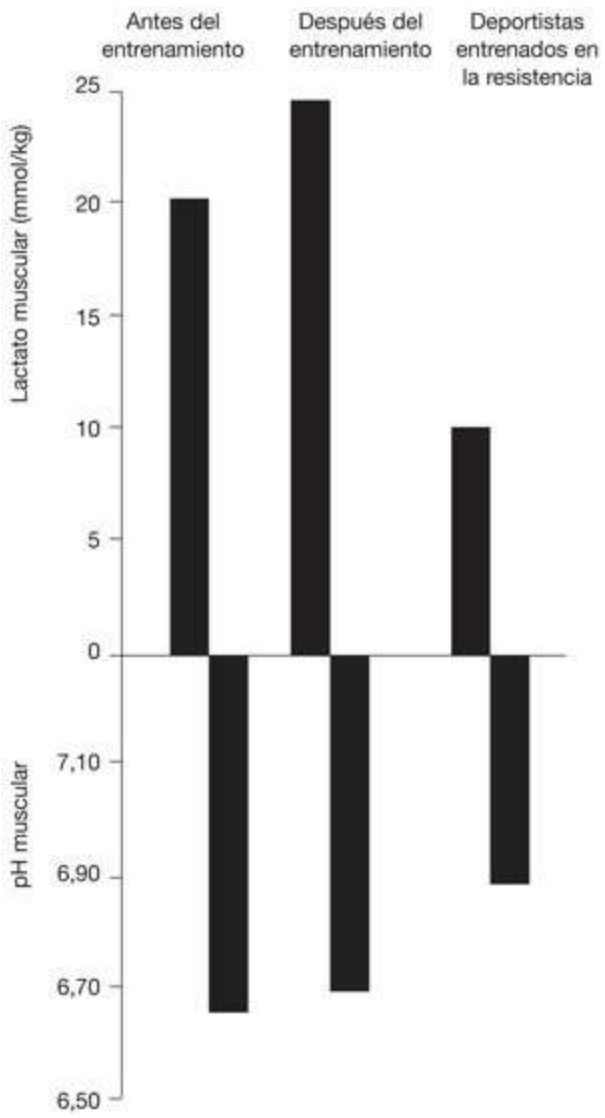


Figura 11.5. El efecto del entrenamiento de la velocidad en la capacidad de amortiguamiento de las fibras de los músculos esqueléticos humanos.

Adaptada de Sharp, Costill, Fink y King, 1986.

El entrenamiento de velocidad puede mejorar la capacidad amortiguadora. En cambio, el entrenamiento de resistencia no mejora este proceso y puede incluso disminuir su eficacia. El entrenamiento que reduce el pH muscular probablemente es necesario para aumentar la capacidad amortiguadora muscular porque es posible que la acidosis sea el estímulo para las

adaptaciones que aumentarán las cantidades de las sustancias amortiguadoras en la sangre. Con relación a este tema, McKenzie y colaboradores (1983) demostraron que los corredores de la prueba de 800 m tenían una capacidad significativamente mayor que un grupo de maratonianos y sujetos no entrenados. En cambio, la capacidad amortiguadora de los maratonianos no era diferente de la de los sujetos no entrenados. En oposición a este resultado, Sharp y su equipo de investigadores encontraron que la capacidad de ciclistas entrenados en la resistencia para acumular altos niveles de ácido láctico en sus músculos era de hecho menor que la de personas no entrenadas. La figura 11.5 muestra la concentración media de ácido láctico muscular en ciclistas entrenados en la resistencia después de una carrera de velocidad agotadora de ciclismo.

Los resultados como estos sugieren que el entrenamiento de resistencia no mejorará la capacidad amortiguadora y puede incluso disminuirla, mientras que el entrenamiento de velocidad puede aumentarla considerablemente. Sin embargo, hay que tener cuidado con el entrenamiento de velocidad porque producir una acidosis intensa demasiado a menudo cada semana puede destruir los amortiguadores proteínicos en lugar de aumentarlos.

Mejorar la tolerancia al dolor

Además de su efecto para reducir la tasa del reciclaje de ATP, la acidosis intensa puede causar un dolor ardiente en los músculos. Este dolor puede afectar el rendimiento de los deportistas de varias maneras según su tolerancia. Un pequeño número de deportistas reducirá su velocidad cuando siente el dolor de la acidosis simplemente porque tienen una baja tolerancia al dolor. Sin embargo, la mayoría de los deportistas están suficientemente motivados para seguir esforzándose a pesar del dolor. Aun así, el dolor de la acidosis puede perjudicar el rendimiento de sus pruebas. Cuando comienzan a sentir el dolor de la acidosis en medio de la prueba, algunos atletas se preocupan pensando que no podrán terminar la carrera con fuerza, de manera que reducen su velocidad para disminuir el dolor. Si juzgan erróneamente los efectos de la acidosis y disminuyen la velocidad más de lo que es necesario,

su rendimiento empeorará.

No sabemos por qué algunos atletas toleran este dolor mejor que otros. Evidentemente se relaciona con su deseo de tener éxito. Como tal, puede ser una función de su motivación y no ser entrenable. Por otro lado, algunas pruebas indican que la tolerancia al dolor es un fenómeno entrenable. En un estudio, Hays, Davis y Lamb (1984) creyeron que podían mejorar la tolerancia de ratas al dolor con un duro entrenamiento de natación porque después del entre namiento las ratas podían permanecer más tiempo en una placa caliente (55 °C) antes de saltar. Puede que los seres humanos que prueban los límites de su tolerancia al dolor de la acidosis sean capaces de entrenarse para ignorar o al menos tolerar el dolor mejor. Como resultado, puede que sean capaces de perseverar en las carreras a velocidades a las que previamente hubieran disminuido la marcha innecesariamente.

Adaptaciones que mejoran la capacidad de entrenarse

Los efectos del entrenamiento que mejoran la capacidad de entrenarse son importantes porque permiten a los atletas entrenarse a una mayor intensidad durante un mayor número de días cada temporada. Esta capacidad, a su vez, debería proporcionar un mayor estímulo para producir adaptaciones de entrenamiento que mejorarán la capacidad de retrasar la acidosis durante las carreras. Dos efectos principales del entrenamiento que mejorarán la capacidad de un deportista para entrenarse son un aumento del depósito de glucógeno muscular y una tasa mayor del metabolismo de las grasas.

Un mayor depósito de glucógeno muscular

El glucógeno muscular proporciona una fuente principal de combustible para todas las pruebas de natación más largas de 25 m. Con un pequeño descanso y una buena dieta, normalmente se deposita bastante glucógeno en los músculos de los nadadores para proporcionar toda la energía que necesitan para cualquiera de las pruebas de un programa típico de natación, incluso los 1.500 m libre. Pero el entrenamiento es otra cosa. Incluso una hora de entrenamiento puede reducir los niveles de glucógeno muscular de forma considerable.

Los músculos de los nadadores de resistencia entrenados contienen de 120 a 160 g de glucógeno depositado por kilogramo de tejido muscular húmedo. Se estima que es bastante glucógeno para permitirles nadar a un ritmo intenso durante aproximadamente 1,5 horas. Sin embargo, en la práctica, las grasas y en menor grado las proteínas se metabolizan para proporcionar energía de manera que los depósitos de glucógeno muscular no se agoten en este momento. No obstante, un nadador puede esperar perder más de dos tercios del glucógeno de sus músculos durante una sesión típica de entrenamiento de 2 horas.

El gráfico presentado en la figura 11.6 muestra los resultados de un estudio en el que el contenido de glucógeno de los músculos deltoides de nadadores fue medido antes y después de una serie de 40 x 100 yardas con un intervalo de reposo de 15 s después de cada repetición. Se indicó a los deportistas que nadasen las series de repeticiones con la velocidad media más rápida posible. El gráfico muestra que su glucógeno muscular disminuyó, como promedio, desde un nivel alto de 160 mmol/kg de tejido muscular húmedo antes de empezar la serie hasta menos de 80 mmol/kg después de terminarla. También se midieron los niveles de glucógeno muscular 24 horas después de esta sesión de entrenamiento. Como muestra el gráfico, los nadadores sólo pudieron reponer alrededor de la mitad del glucógeno muscular que perdieron después de descansar durante 1 día. Por lo tanto, los nadadores que participan en entrenamientos diarios probablemente tendrán bajos niveles de glucógeno muscular. El grado en que los nadadores agotarán el glucógeno de sus músculos será mayor, por supuesto, si el entrenamiento es más frecuente, es decir, dos veces al día. Los nadadores que se entrenan dos veces al día generalmente no tienen más de 13 horas de descanso entre las sesiones de entrenamiento, de manera que es más probable que tengan

bajos niveles de glucógeno muscular que los nadadores que sólo se entrenan una vez al día.

La buena noticia en este escenario es que el entrenamiento de resistencia aumenta la cantidad de glucógeno que puede almacenarse en los músculos implicados en la natación. Ciertos estudios demuestran que el entrenamiento puede aumentar la cantidad de glucógeno almacenado en los músculos en un 40% a un 60% (McArdle, Katch y Katch, 1996). La mala noticia es que este aumento puede ser más potencial que real. Los nadadores que se entrenan 2 horas o más al día probablemente agotan el glucógeno muscular más rápidamente de lo que puedan reponerlo día a día. Por lo tanto, la cantidad real de glucógeno almacenado en sus músculos es probablemente siempre menor que el máximo que los músculos pueden contener. Por consiguiente, los nadadores probablemente disfrutan del potencial completo de este aumento del glucógeno muscular sólo cuando toman unos días de descanso o realizan unos días de entrenamiento extremadamente ligero. Entonces se benefician de un efecto de supercompensación en el que la cantidad de glucógeno que almacenan en sus músculos supera sus niveles normales no entrenados en las cantidades indicadas, es decir, en un 40% a un 60%. Sin embargo, incluso con el reposo los deportistas no conseguirán un aumento del glucógeno muscular almacenado a no ser que estén comiendo una dieta rica en hidratos de carbono, es decir, una en la que al menos el 60% de las calorías que consumen al día provengan de hidratos de carbono.

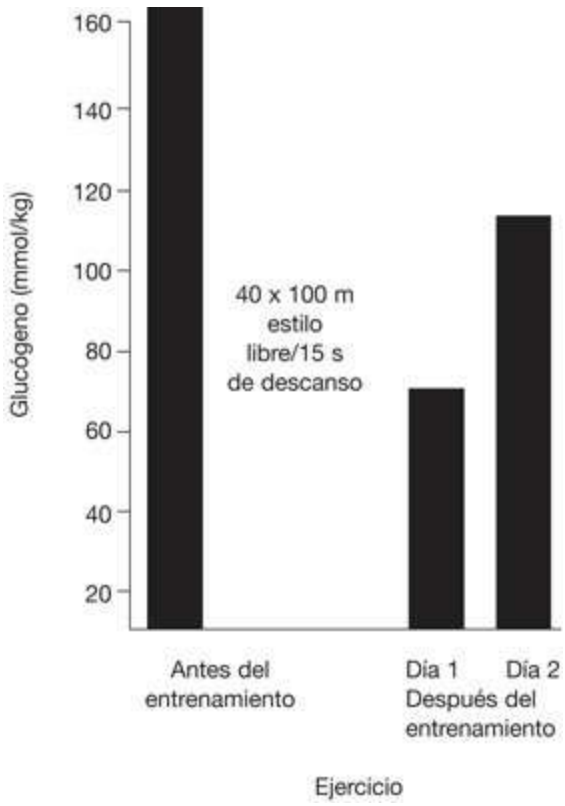


Figura 11.6. El agotamiento del glucógeno de los músculos deltoides de nadadores durante una serie de repeticiones de alta intensidad.

Adaptada de Beltz *et al*., 1988.

Otro efecto importante del entrenamiento respecto al glucógeno muscular es que los deportistas pueden reducir su tasa de utilización. Después de varias semanas de entrenamiento de resistencia, los deportistas se vuelven capaces de utilizar mayores cantidades de glucosa sanguínea y grasas para reciclar el ATP durante las largas sesiones de entrenamiento (Henriksson, 1977; Henriksson, 1992b; McArdle, Katch y Katch, 1996). Esta adaptación reduce la cantidad de glucógeno muscular que pierden de sus músculos durante cada sesión de entrenamiento. Como resultado, tendrán más glucógeno muscular disponible para la próxima sesión de entrenamiento, y podrán entrenarse más intensamente y con mayor frecuencia cada semana.

No se requieren tipos de entrenamiento especiales para aumentar la

cantidad de glucógeno muscular que puede almacenarse en los músculos. Un programa normal mixto de entrenamiento de resistencia y de velocidad utilizará grandes cantidades de glucógeno muscular cada día y proporcionará un estímulo adecuado para aumentar la cantidad almacenada tanto en las fibras musculares de contracción rápida como en las de contracción lenta. Por supuesto, el depósito de glucógeno aumentará sólo en los músculos utilizados en el entrenamiento. Por lo tanto, las actividades que no incluyen nadar pueden ser ineficaces si no implican los músculos utilizados en la natación porque el potencial de dichos músculos para almacenar glucógeno no mejorará.

Un mayor metabolismo de las grasas

La liberación de la energía del metabolismo de las grasas es demasiado lenta para satisfacer la demanda para la reposición del ATP incluso durante las pruebas más largas de natación. Sin embargo, el metabolismo de las grasas puede proporcionar una cantidad substancial de energía para el reciclaje del ATP durante las largas horas del entrenamiento, y se utilizará menos glucógeno muscular como resultado. Por consiguiente, el metabolismo de las grasas ahorra el glucógeno muscular para su uso durante las repeticiones más intensas de la sesión de entrenamiento. Por lo tanto los nadadores pueden realizar estas repeticiones a mayor velocidad. Además, un aumento del metabolismo de las grasas puede reducir la cantidad de glucógeno utilizado durante algunas sesiones de manera que habrá más disponible para sesiones posteriores. Con más disponibilidad de glucógeno, los deportistas podrán entrenarse intensamente durante más sesiones cada semana.

Uno de los beneficios del entrenamiento de resistencia es que aumentará la cantidad de energía facilitada por las grasas a cualquier velocidad de natación submáxima (Jeukendrup, Saris y Wagenmakers, 1998). El entrenamiento de resistencia se logra principalmente aumentando la cantidad de grasas almacenada en los músculos e incrementando las mitocondrias musculares para que se puedan oxidar más ácidos grasos (Holloszy *et al*., 1986). Antes del entrenamiento, el porcentaje de la energía total proporcionada por las

grasas durante una sesión de 2 horas puede estar en el rango del 35% al 40%. El entrenamiento puede aumentar esta cantidad en un 50-60% (Holloszy *et al*., 1986). El entrenamiento aumenta la utilización de las grasas en los hombres más que en las mujeres (Nicklas, 1997). Generalmente, las grasas representan un mayor porcentaje del peso corporal de las mujeres; por lo tanto, éstas pueden ser naturalmente más eficaces que los hombres en utilizarlas para obtener energía y menos capaces de mejorar esta función con el entrenamiento.

El gráfico presentado en la figura 11.7 ilustra el cambio de los porcentajes de energía proporcionados por las grasas, la glucosa sanguínea y el glucógeno muscular durante sesiones de ejercicio a una intensidad moderada similar antes y después del entrena miento. La contribución de las grasas aumenta considerablemente, lo que a su vez reduce las cantidades tanto de glucógeno muscular como de glucosa sanguínea metabolizadas para proporcionar energía.

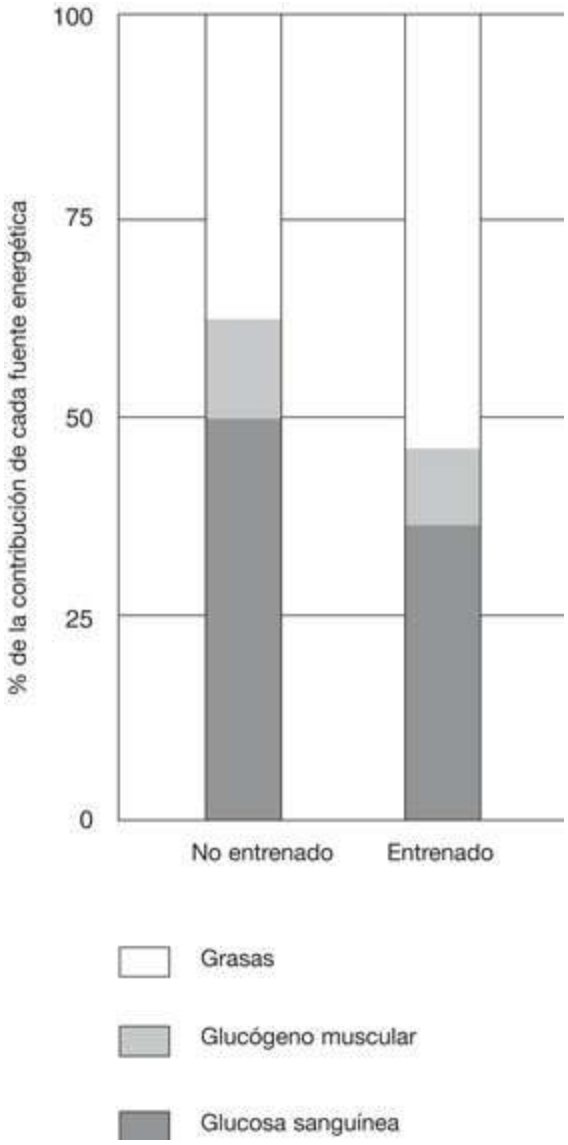


Figura 11.7. Cambios en los porcentajes de grasas, glucosa sanguínea y glucógeno muscular metabolizados durante los esfuerzos moderados de resistencia después del entrenamiento.

Adaptada de McArdle, Katch y Katch, 1996.

El mejor entrenamiento para mejorar el metabolismo de las grasas es la natación de fondo prolongada y lenta. Este tipo de entrenamiento proporciona el mejor estímulo para aumentar la tasa de utilización de las grasas porque

éstas son una fuente principal de energía a velocidades lentas y moderadas. En un estudio, la mayor tasa de metabolismo de las grasas se produjo en esfuerzos de menos del 50% del máximo y con frecuencias cardíacas en el rango de 130 a 150 lpm, o, para ser más exactos, alrededor del 70% de la frecuencia cardíaca máxima del deportista individual (Eisele *et al*., 1997).

La adaptación principal responsable de aumentar la tasa de liberación de energía de las grasas es un aumento de la actividad de las enzimas del metabolismo de las grasas. Esta adaptación es específica de las fibras utilizadas en el entrenamiento; por lo tanto, la natación es la mejor manera de producirla.

Los efectos del entrenamiento que pueden mejorar el rendimiento

Se presenta a continuación un resumen de los efectos del entrenamiento que contribuyen a un mejor rendimiento en las pruebas y en el entrenamiento.

Los efectos de la técnica

Las mejoras en la técnica de brazada reducen la energía requerida para nadar a cualquier velocidad menor que una carrera corta a máxima velocidad.

Los efectos de la potencia

Una mayor potencia de brazada posibilita una mayor velocidad. Varios factores pueden aumentar la potencia:

1. Un aumento de la fuerza muscular y la velocidad contráctil.

2. Un mejor patrón de reclutamiento de manera que las fibras musculares adecuadas se contraigan en el momento oportuno.

3. Un aumento del depósito de creatinfosfato muscular.

Los efectos del metabolismo anaeróbico

El principal efecto del entrenamiento es un aumento de la tasa de reciclaje del ATP mediante la glucólisis anaeróbica, que posibilita una mayor velocidad después de los primeros 5 s de la carrera. Este efecto proviene de un aumento de la actividad de las enzimas anaeróbicas, princi palmente fosforilasa, fosfofructocinasa, piruvatocinasa y lactatodeshidrogenasa.

Los efectos del metabolismo aeróbico

El efecto del entrenamiento que se desea obtener es reducir la tasa y la intensidad de la acidosis durante las carreras. Este efecto es el resultado de dos factores: la reducción de la tasa de producción de ácido láctico en los músculos y el aumento de la tasa de eliminación de lactato de ellos.

1. Muchas adaptaciones de entrenamiento reducen la tasa de producción de ácido láctico:

- Una mayor difusión de oxígeno de los pulmones, que determina un volumen más grande de aire intercambiado cada minuto y un aumento del número de capilares alrededor de los alveolos en los pulmones.

- Un aumento del volumen sanguíneo que permite que la sangre fluya más rápidamente por el cuerpo.

- Un aumento de los glóbulos rojos para que la sangre pueda llevar más oxígeno.

- Un aumento del gasto cardíaco de manera que la sangre realice el viaje de los pulmones a los músculos más rápidamente.

- Un aumento del número de capilares alrededor de los músculos de manera que haya más oxígeno disponible para la difusión.

- Una mejor redistribución de la sangre para que un mayor riego sanguíneo y una mayor cantidad del oxígeno que contiene

puedan llegar a los músculos activos durante cada minuto de ejercicio.

- Un aumento de la mioglobina para que más oxígeno pueda transportarse a las mitocondrias de los músculos cada minuto.

- Un aumento del tamaño y número de las mitocondrias de los músculos de manera que los receptáculos para el metabolismo aeróbico sean mayores y más numerosos.

- Un aumento de la actividad de las enzimas aeróbicas para que el metabolismo aeróbico pueda realizarse a una velocidad mayor.

- Un aumento de la tasa del sistema de lanzadera de la glucosa-alanina para que se pueda eliminar más piruvato antes de que se combine con los hidrogeniones para formar ácido láctico.

2. Varias adaptaciones del entrenamiento aumentan la tasa de eliminación del lactato de las fibras musculares activas:

- Una mayor actividad del transportador de lactato en las fibras musculares activas y en las fibras receptoras.

- Un mayor volumen sanguíneo y un mejor gasto cardíaco de manera que más sangre pueda desplazarse desde las fibras musculares activas y volver hasta ellas en menos tiempo, transfiriendo así más lactato de las fibras musculares activas a la sangre y luego a zonas donde se elimina durante cada minuto de ejercicio.

- Un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares activas y de las receptoras de manera que más lactato puede transferirse dentro y fuera de la sangre durante cada minuto de ejercicio.

- Una mejor redistribución de la sangre para que más lactato pueda ser recogido de las fibras musculares activas durante cada minuto de ejercicio.

Los efectos de entrenamiento que mejoran la capacidad de entrenarse

1. Aumentar la cantidad de glucógeno almacenado en las fibras musculares activas, de manera que los deportistas puedan entrenarse con mayor intensidad con más frecuencia.

2. Aumentar la tasa de metabolismo de las grasas de manera que los músculos utilicen más de este compuesto para proporcionar energía y menos glucógeno, dejando mayor cantidad de éste disponible para más sesiones de entrenamiento intenso.

12

Los principios del entrenamiento

Los tres capítulos anteriores trataron el tema del *por qué* del entrenamiento. El propósito de éste y los capítulos siguientes de la segunda parte será describir *cómo* entrenarse. Trataré de aplicar la información presentada en los capítulos anteriores para sugerir procedimientos de entrenamiento basados en sólidos fundamentos científicos. El primer paso en este proceso es describir los principios en los que se basa el entrenamiento.

Los principios del entrenamiento

No existe un único método que sea el mejor para entrenar cada uno de los varios sistemas energéticos del cuerpo humano. Sin embargo, para tener éxito, todos los programas de entrenamiento deben seguir estos principios:

- Adaptación
- Sobrecarga
- Progresión
- Especificidad
- Individualidad
- Reversibilidad

El principio de la adaptación

El propósito de los programas de entrenamiento es producir cambios metabólicos, fisiológicos y psicológicos que permitan a los nadadores rendir mejor en la competición. El término *adaptación* se refiere a cambios que tienen lugar como respuesta al entrenamiento. El proceso de adaptación ocurre cuando los distintos órganos y tejidos del cuerpo funcionan a un nivel mayor que el normal. Inicialmente ocurrirá alguna insuficiencia funcional porque se les está pidiendo a los órganos y tejidos que proporcionen más fuerza, más energía, más sustancias químicas etc., de lo normal. A causa de esta insuficiencia, los órganos y tejidos se adaptarán de diversas maneras para permitirles satisfacer las demandas que se les imponen.

Quisiera utilizar la manera en que el entrenamiento de resistencia afecta las mitocondrias musculares para ilustrar el proceso de adaptación. Los tipos adecuados de entrenamiento de resistencia aumentarán la demanda de metabolismo aeróbico con el fin de poder proporcionar más energía para reciclar el ATP. Como respuesta, las mitocondrias disponibles serán esforzadas hasta el límite. A causa de este estrés, estas “fábricas químicas” se harán más grandes y más numerosas. Este cambio proporciona lugares más grandes y numerosos para el metabolismo aeróbico para poder satisfacer la demanda. Por lo tanto, se recogerá más oxígeno de la sangre que pasa al lado

de las fibras musculares y se transportará a mitocondrias más grandes y numerosas, donde puede utilizarse para oxidar más piruvato antes de que éste pueda combinarse con los hidrogeniones para producir ácido láctico.

Como ya se ha mencionado, puede ocurrir alguna avería funcional al inicio del proceso, un proceso llamado *catabolismo*. Sin embargo, si se dispone de tiempo suficiente para la recuperación y de una provisión adecuada de nutrientes, estos tejidos se repararán y se reconstruirán para ser más grandes, más fuertes y más funcionales que antes. El proceso de reparación y construcción se llama *anabolismo*.

Debe existir un equilibrio entre los procesos catabólico y anabólico durante el entrenamiento, o no ocurrirán las adaptaciones deseadas. Habrá una pérdida de las adaptaciones previamente adquiridas si a lo largo del tiempo el proceso catabólico excede la capacidad de los tejidos para repararse. Este proceso se denomina de varias formas, como *falta de adaptación* o *sobreentrenamiento*, y los deportistas deben evitarlo. Sin embargo, rehuir la falta de adaptación no es tan sencillo. El deportista debe mantener un equilibrio delicado entre los procesos catabólicos y anabólicos para que los tejidos se adapten. Si el entrenamiento no es lo suficientemente intenso como para causar algún grado de catabolismo, no ocurrirá la estimulación de la reconstrucción y no mejorará el rendimiento. En cambio, si la tasa de catabolismo excede la tasa de anabolismo, los sistemas fisiológicos del deportista y su rendimiento se deteriorarán a lo largo del tiempo.

Algunas adaptaciones al entrenamiento tienen lugar después de varios días, mientras que otras pueden tardar semanas o meses antes de que sean de suficiente magnitud para mejorar el rendimiento.

Generalmente un deportista debe entrenarse de 5 a 7 días por semana antes de que ocurran algunos tipos de mejora, tales como un aumento del volumen sanguíneo, de la redistribución de la sangre y de la eliminación del lactato. Estas mejoras pueden ser significativas después de 10 a 20 días (Green, 1996). Los cambios estructurales en y alrededor de los músculos, tales como aumentos de las enzimas, de la mioglobina, de las mitocondrias, de la proteína contráctil y de los capilares, tardan más. Pueden ocurrir cambios

significativos en 6 a 8 semanas, y puede haber mejoras en algunas funciones fisiológicas hasta durante 4 años con un entrenamiento continuo (Holloszy, 1973).

El proceso de la adaptación incluye por lo menos tres pasos:

1. La creación de la necesidad de una adaptación específica mediante el entrenamiento apropiado.
2. La provisión de nutrientes para el crecimiento y la reparación de tejidos.
3. Realizar suficiente reposo para que tenga lugar el crecimiento y la reparación.

Después de que un deportista haya terminado el proceso de adaptación, el nivel de entrenamiento que produjo las adaptaciones sólo será suficiente para mantenerlas y el nivel de rendimiento que posibilitaron. Para mejorar el rendimiento más aún, el deportista debe aumentar la duración o la intensidad del entrenamiento para crear adaptaciones adicionales. Esta idea nos conduce a los próximos dos principios del entrenamiento: la sobrecarga y la progresión.

El principio de la sobrecarga

La base del principio de la sobrecarga es que no ocurrirán adaptaciones a no ser que las demandas del entrenamiento sean mayores que las demandas normales a las que se enfrenta un mecanismo fisiológico particular. Cuando una persona aumenta las demandas normales impuestas sobre un sistema, decimos que el sistema se encuentra *sobrecargado*.

Aunque es sencillo definirlo, el principio de la sobrecarga es complejo de aplicar. Aunque las demandas del entrenamiento deben ser suficientes para

estimular la adaptación, no pueden ser excesivas o se perderá el efecto del entrenamiento por lesión o por falta de adaptación. En otras palabras, si la cantidad de sobrecarga excede la tolerancia de un sistema fisiológico particular en una cantidad demasiado grande, el sistema simplemente se averiará, causando lesiones a los tejidos que necesitarán interrumpir el nivel o método actual de entrenamiento para poderse reparar.

El principio de la progresión

Como se indicó anteriormente, una carga particular de entrenamiento sobrecargará un sistema fisiológico particular sólo hasta que el sistema se adapte a la carga. En este momento, la intensidad o la duración de la carga de entrenamiento debe aumentar si queremos que se produzcan adaptaciones y mejoras adicionales del rendimiento. El proceso sistemático de aumentar la sobrecarga del entrenamiento se denomina el principio de la *progresión*.

Los deportistas, incluyendo los nadadores, no pueden entrenarse a la misma velocidad semana tras semana y esperar continuar mejorando su capacidad aeróbica o, igualmente, otras capacidades fisiológicas. Deben aumentar gradualmente la intensidad de su entrenamiento a lo largo de la temporada para proporcionar una sobrecarga progresiva que estimulará mejoras adicionales.

El enfoque típico de aplicar los principios de la sobrecarga y la progresión al entrenamiento es simplemente pedir a los nadadores que naden más rápido o una mayor distancia o que naden sus series de repeticiones con períodos de descanso más cortos. Este tipo de entrenamiento se realiza a menudo sin considerar el tipo de sobrecarga que produce. La suposición es que los nadadores mejorarán si se ven constantemente retados para exceder su mejor rendimiento anterior en el entrenamiento. Este método puede tener éxito, pero el entrenamiento puede ser más efectivo si los entrenadores y los nadadores consideran el tipo de sobrecarga que produce y la tasa de progresión que aplica.

Se puede distorsionar la naturaleza del efecto de entrenamiento asignando una sobrecarga incorrecta o intentando progresar demasiado deprisa. Por ejemplo, una serie de repeticiones diseñada para sobrecargar el metabolismo aeróbico puede, en lugar de esto, convertirse en una que estresa el metabolismo anaeróbico, la capacidad del amortiguamiento y la tolerancia al dolor, porque reduce demasiado el intervalo de reposo o aumenta la velocidad con demasiada rapidez. De la misma manera, una serie de repeticiones diseñada para mejorar el metabolismo anaeróbico puede fácilmente convertirse en una que estresa el metabolismo aeróbico si se aumenta la distancia demasiado o se disminuye mucho el intervalo de reposo. En otras palabras, el efecto del entrenamiento puede convertirse en otro que no es el deseado. Por consiguiente, puede que los nadadores no logren el equilibrio deseado entre el entrenamiento de velocidad y el de resistencia que produce el rendimiento óptimo.

Al entrenamiento de la velocidad y al entrenamiento de la resistencia se les debe aplicar una sobrecarga progresiva de formas distintas. Por ejemplo, un entrenamiento diseñado para mejorar la capacidad aeróbica no debe ser forzado. Los aumentos deben aplicarse cuando los nadadores demuestran la capacidad de nadar más rápidamente sin un estrés adicional. Muchos aspectos de la resistencia aeróbica mejoran más eficazmente cuando los nadadores se entrenan ligeramente más allá de su capacidad actual para mantener un equilibrio entre la producción de ácido láctico y su eliminación de los músculos. Si los nadadores exceden este equilibrio demasiado, sencillamente aparecerá la acidosis antes de que se hayan entrenado suficiente tiempo para estimular las mejoras de los varios mecanismos fisiológicos que reducen la producción de ácido láctico y aumentan su tasa de eliminación.

A diferencia del entrenamiento de resistencia, el entrenamiento diseñado para mejorar la velocidad en carreras cortas debe ser forzado. Aplicar una sobrecarga mediante el aumento del volumen o de la densidad de tales entrenamientos no sirve a ningún propósito útil. El método más directo para aumentar la velocidad de la natación es tratar de nadar más rápidamente. Finalmente, el entrenamiento diseñado para aumentar la capacidad amortiguadora y la tolerancia al dolor debe ser forzado. Los nadadores sólo mejorarán estas habilidades esforzándose hasta el límite de sus posibilidades. Pueden lograrlo nadando más rápidamente con menos descanso entre las

repeticiones, produciendo una mayor acidosis. También pueden esforzarse hasta el límite de sus posibilidades nadando durante más tiempo y extendiendo el tiempo que dura la acidosis.

La forma más común de entrenamiento utilizada por los nadadores es el entrenamiento por intervalos, método que se presta perfectamente a la aplicación de una sobrecarga progresiva.

El entrenamiento por intervalos

El entrenamiento por intervalos implica completar un cierto número de distancias o repeticiones con un período de descanso después de cada repetición. Esta combinación se denomina una *serie de repeticiones*. Cuatro variables controlan la elaboración de cada serie:

1. El *número* de repeticiones en la serie.
2. La *distancia* de cada repetición.
3. El *intervalo de descanso* entre cada repetición.
4. La *velocidad* de la repetición.

Ejemplo: 10 x 200/3:10 a velocidad moderada

El ejemplo indica una serie de repeticiones que significa nadar 200 m 10 veces. Se utiliza un tiempo de salida 3:10 en lugar de un período específico de descanso. Este tiempo proporcionaría entre 5 y 15 s de descanso después de cada repetición para los nadadores que cubren la distancia en tiempos de entre 2:50 y 3:05. Los entrenadores utilizan típicamente tiempos de salida en lugar de tiempos de descanso para ayudar a aplicarlos a grandes grupos de nadadores en calles llenas. El ejemplo especifica la velocidad de las repeticiones como moderada, lo que significa que el propósito de la serie es

mejorar la capacidad aeróbica. Se podría prescribir un tiempo real si la anterior prueba o experiencia hubiese identificado una velocidad de natación particular que lograse este propósito. Otros reguladores de la velocidad podrían ser evaluaciones del esfuerzo percibido o frecuencias cardíacas en medio del rango entre reposo y máxima.

Simplemente manipular las cuatro variables puede cambiar el efecto de entrenamiento deseado durante cualquier serie de repeticiones. La serie de repeticiones del ejemplo está diseñada para fomentar la natación aeróbica manteniendo un corto período de descanso, de 5 a 15 s; utilizando un número grande de repeticiones, 10, y prescribiendo una distancia media para la repetición, 200 m. Generalmente los períodos de descanso de 15 s o menos tienden a hacer que el efecto de entrenamiento sea más aeróbico cuando la distancia y el número de las repeticiones son razonablemente grandes. Aumentar el número o la distancia de las repeticiones tendrá un efecto similar.

Aumentar el descanso generalmente cambiará el efecto del entrenamiento de aeróbico a anaeróbico. Cuando los períodos de descanso se extienden a 30 s o más para repeticiones más cortas y 1 min o más para distancias más largas, los nadadores normalmente pueden terminar las series de repeticiones tan deprisa que producen una acumulación gradual de ácido láctico. Disminuir el número de repeticiones o la distancia de cada una fomenta velocidades más rápidas de entrenamiento y, por lo tanto, cambia el efecto de aeróbico a anaeróbico. La tabla 12.1 resume los efectos generales de manipular las variables del entrenamiento por intervalos.

Tabla 12.1 El efecto de aumentar o disminuir las variables del entrenamiento por intervalos

VARIABLE	CAMBIO DE VARIABLE	
	Disminución	**Aumento**
Número	Aumenta el efecto de entrenamiento anaeróbico	Aumenta el efecto de entrenamiento aeróbico

Distancia	Aumenta el efecto de entrenamiento anaeróbico	Aumenta el efecto de entrenamiento aeróbico
Intervalo de descanso	Aumenta el efecto de entrenamiento aeróbico	Aumenta el efecto de entrenamiento anaeróbico
Velocidad	Aumenta el efecto de entrenamiento aeróbico	Aumenta el efecto de entrenamiento anaeróbico

Generalmente, un aumento del número o de la distancia de las repeticiones tenderá a hacer que el efecto del entrenamiento sea más aeróbico mientras que una disminución de cualquiera de los dos tendrá el efecto opuesto y lo hará más anaeróbico. Aumentar el intervalo de descanso entre las repeticiones o la velocidad de las mismas tenderá a aumentar el efecto del entrenamiento anaeróbico, mientras que reducir ambos tenderá a aumentar el efecto aeróbico.

Los efectos de la manipulación de variables que acabo de mencionar son de naturaleza general. Los entrenadores que comprenden el entrenamiento por intervalos pueden diseñar cientos de series de repeticiones que serían excepciones a estas generalizaciones. Por ejemplo, disminuir el tiempo de salida a 3:00 para la serie de repeticiones de 10 x 200 m del ejemplo anterior hará que el efecto del entrenamiento fuera más anaeróbico porque los nadadores tendrían que aumentar mucho su velocidad para terminar cada distancia antes de tener que empezar la siguiente.

La sobrecarga progresiva con el entrenamiento por intervalos

Los nadadores pueden manipular las variables del entrenamiento por intervalos para seguir aplicando una sobrecarga a varios aspectos de sus sistemas fisiológicos de tres maneras:

1. Aumentando la *velocidad* de las repeticiones. Esta forma de sobrecarga comúnmente se refiere a aumentar la *intensidad* del entrenamiento.
2. Aumentando el número de repeticiones de una serie. Este método se refiere a aumentar el *volumen* del entrenamiento. También se puede incrementar el volumen del entrenamiento de otra forma, es decir, aumentando la distancia dedicada en el entrenamiento a mejorar un mecanismo fisiológico particular, como la resistencia aeróbica, la eliminación del lactato, la capacidad amortiguadora, etc. Se puede aumentar la distancia del entrenamiento de forma diaria, semanal o por temporada. Se pueden aumentar las distancias también durante ciertas fases cíclicas de la temporada cuando se hace hincapié en un resultado particular del entrenamiento. El capítulo dedicado a la planificación de la temporada presentará métodos para manipular el volumen del entrenamiento para estos fines.
3. Disminuyendo el *intervalo de descanso* entre las repeticiones. Este procedimiento de sobrecarga se refiere a aumentar la *densidad* del entrenamiento.

El método más común de producir una continua sobrecarga es aumentar una variable mientras se mantienen las demás a su nivel normal. Por ejemplo, un sistema progresivo basado en cambiar la intensidad podría lograrse aumentando la velocidad media de las repeticiones para un tipo particular de serie de entrenamiento sin reducir su volumen ni densidad. Un sistema de progresión basado en cambios de volumen se logra aumentando el volumen del entrenamiento sin cambiar la velocidad ni la densidad. Un sistema de progresión basado en la densidad puede consistir en reducir el intervalo de descanso entre las repeticiones en un tipo particular de serie mientras la velocidad del entrenamiento y el volumen siguen sin cambios. Por supuesto, se puede incorporar más de un sistema de progresión aumentando dos o más variables a la vez sin cambiar las demás. Los nadadores a menudo hacen esto por ellos mismos.

Cualquier método que produce un aumento progresivo de la sobrecarga del entrenamiento mejorará el rendimiento sólo si la cantidad de sobrecarga no aumenta tanto para que ocurra una falta de adaptación. Por esta razón, es mejor aumentar la sobrecarga con pasos pequeños y manejables. Los entrenadores deben utilizar procedimientos de evaluación similares a los que se utilizan en el entrenamiento con pesas para determinar cuándo y cuánto aumentar la sobrecarga. Un capítulo posterior sobre el seguimiento del entrenamiento proporcionará sugerencias de cómo desarrollar procedimientos de evaluación para este propósito.

Quiero aclarar que no existe un único método para aplicar una sobrecarga progresiva al proceso de entrenamiento. Cada uno de los procedimientos descritos anteriormente es, de alguna forma, superior a cada uno de los otros. Sin embargo, al mismo tiempo, cada uno de dichos procedimientos es inferior a los otros de alguna forma. En la próxima sección, describiré las ventajas y los inconvenientes de cada uno de los métodos de progresión: aumentar la intensidad, aumentar el volumen y aumentar la densidad.

Aumentar la intensidad del entrenamiento

El método más directo de mejorar el rendimiento puede ser aumentar la intensidad del entrenamiento porque mejorar los tiempos de las repeticiones en la práctica refleja la meta final del nadador de mejorar su tiempo en la competición. Aunque este método puede ser eficaz para mejorar la resistencia aeróbica, la resistencia anaeróbica y la velocidad de natación, probablemente es más eficaz para aumentar la velocidad de natación y la resistencia muscular anaeróbica.Cuando la meta es mejorar el metabolismo aeróbico, pueden surgir problemas si los cambios de la intensidad del entrenamiento no se controlan cuidadosamente. Por un lado, las velocidades más altas fomentan un cambio hacia el metabolismo anaeróbico y la acidosis producida por este proceso. Con el tiempo, este tipo de entrenamiento podría causar algún deterioro de la capacidad aeróbica si las series de repeticiones de resistencia no se elaboran de forma apropiada o si se les permite a los nadadores nadar las series de forma incorrecta. Las series de repeticiones de

resistencia construidas incorrectamente contendrían demasiado poco kilometraje o intervalos de descanso demasiado largos que no estresan el metabolismo aeróbico de forma casi continua durante un largo período. Aumentos de la intensidad del entrenamiento pueden, de hecho, dañar la resistencia aeróbica cuando los nadadores: (1) recorren la primera parte de la serie demasiado deprisa y se ven obligados por la acidosis a disminuir excesivamente su velocidad para el resto de la serie, o (2) nadan la mayor parte de la serie a una velocidad lenta para poder terminar las últimas repeticiones muy rápidamente.

Cuando se utiliza la intensidad como procedimiento de sobrecarga, otro problema es que los nadadores tienden a mejorar rápidamente pero sólo durante un corto período de tiempo. La mayoría de las mejoras en la velocidad de las repeticiones tienen lugar durante las primeras 4 a 6 semanas del entrenamiento, después de las cuales los nadadores llegan a un punto de beneficios decrecientes o dejan de mejorar del todo. Esto ocurre porque las adaptaciones iniciales al entrenamiento generalmente resultan de mejores respuestas neuromusculares (reclutar las unidades motrices apropiadas en la secuencia correcta) y respuestas circulorrespiratorias y metabólicas más rápidas que ajustan más rápidamente factores como el volumen corriente, el volumen sistólico, la redistribución de la sangre y, por lo tanto, el consumo de oxígeno. Las mejoras no son el resultado de cambios importantes estructurales en los músculos como aumentos de la mioglobina, de las mitocondrias o de la proteína contráctil. Se necesitan varios meses o quizá varios años de un entrenamiento continuo para producir todas las adaptaciones musculares que mejoran la resistencia aeróbica. De los dos tipos, las adaptaciones musculares probablemente tienen un efecto más duradero sobre la resistencia.

Las adaptaciones que se establecen rápidamente también se pierden rápidamente porque son simple-mente ajustes neuromusculares y metabólicos al ejercicio. En cambio, las adaptaciones estructurales, una vez que ocurren, pueden mantenerse durante varias semanas y meses con un entrenamiento considerablemente reducido.

Finalmente tratar de nadar cada vez más rápido es la forma más estresante de la sobrecarga desde el punto de vista emocional. Este tipo de

entrenamiento requiere que los nadadores compitan contra ellos mismos y sus compañeros de equipo día tras día. Aunque esto es ciertamente una parte valiosa del proceso de entrenamiento para los nadadores competidores, también puede exagerarse, en cuyo caso los nadadores pueden saturarse y perder el interés por mejorar sus tiempos en el entrenamiento.

Por estas razones, aumentar las velocidades de las series de repeticiones es un procedimiento para aplicar una sobrecarga progresiva que debe emplearse para mejorar la resistencia principalmente durante la segunda mitad de la temporada después de utilizar otros métodos.

Ventajas y desventajas de aplicar la sobrecarga aumentando la intensidad del entrenamiento

Ventajas

- Es el método más directo para mejorar los tiempos competitivos.
- Es el mejor método para mejorar la velocidad máxima.
- Es uno de los mejores métodos para mejorar la resistencia aeróbica y anaeróbica muscular.
- Las adaptaciones fisiológicas ocurren más rápidamente que con cualquier otro método.

Desventajas

- Es menos eficaz para mejorar la capacidad aeróbica porque aumentar las velocidades de la natación causa un cambio en el reciclaje del ATP alejándolo del metabolismo aeróbico y acercándolo al metabolismo anaeróbico.
- Las mejoras fisiológicas llegan pronto a una meseta.

- Es estresante desde el punto de vista emocional.

Ejemplos de métodos de progresión

- Nadar la serie original de repeticiones de 15 x 200 m con un tiempo de salida de 3 min a un tiempo medio de repetición de 2:45 por 200 m. Tratar de reducir este tiempo medio por repetición gradualmente a lo largo de varias semanas a 2:30 por 200 m. Para mejorar la capacidad aeróbica, no tratar de reducir el tiempo de la repetición hasta que se aprecie una disminución del esfuerzo necesario para nadar la serie. Para mejorar la resistencia muscular aeróbica o anaeróbica, disminuir el tiempo medio de las repeticiones en 2 a 4 s por 200 m cada 2 semanas hasta que se llegue al tiempo objetivo de 2:30.

- Nadar la serie original de 8 x 25 m con un tiempo de salida de 2 min. Tratar de reducir el tiempo medio de la repetición para la serie en 0,50 s a lo largo de 6 semanas.

Aumentar el volumen del entrenamiento

El mejor procedimiento para mejorar la capacidad aeróbica parece ser aumentar el volumen de entrenamiento porque incrementar la distancia de entrenamiento para una serie dada de repeticiones aumenta la demanda del metabolismo aeróbico y reduce la del metabolismo anaeróbico. Sin embargo, aumentar el volumen no es un método eficaz para mejorar la velocidad máxima, por las razones totalmente opuestas. Un mayor volumen reduce la demanda del metabolismo anaeróbico, que es esencial para la velocidad máxima, y aumenta la demanda del metabolismo aeróbico, que sólo desempeña un papel menor en las carreras cortas de velocidad.

Un sistema de sobrecarga progresiva que implica aumentar el volumen del entrenamiento tiene dos ventajas principales comparado con otros procedimientos. Primero, los nadadores pueden mejorar tanto el metabolismo aeróbico como la resistencia muscular anaeróbica gradualmente durante un período más largo antes de llegar al punto de beneficios decrecientes. Cuando se utiliza este método de sobrecarga, los nadadores pueden mejorar a un ritmo estable hasta las 16 semanas sin llegar a una meseta (Nikitin, comunicación personal, 1997).

La segunda ventaja es que aumentar el volumen de entrenamiento es el método menos estresante para aplicar una sobrecarga progresiva. Los nadadores encuentran más fácil, tanto física como emocionalmente, aumentar el número de repeticiones que pueden nadar a una velocidad dada que luchar continuamente para nadarlas más rápidamente.

La principal desventaja de aplicar la sobrecarga mediante un mayor volumen de entrenamiento es que es poco eficaz para mejorar la capacidad anaeróbica, la potencia muscular, y por lo tanto, la velocidad de nado. Aumentar el número de repeticiones que pueden realizarse a una velocidad dada es la antítesis de los procedimientos que se utilizan para aumentar la velocidad de nado. Fisiológicamente, la velocidad máxima de nado está dictada por la potencia muscular, que a su vez es una combinación de fuerza muscular disponible y de su tasa de aplicación. Los nadadores mejoran estos atributos mejor intentando nadar más rápidamente.

La segunda desventaja de este método es que suele causar aburrimiento. Nadar un número creciente de repeticiones a la misma velocidad es menos excitante que nadarlas cada vez más rápido. Para asegurar su cooperación y motivación, los nadadores deben estar convencidos de que aumentar el volumen es un procedimiento valioso de sobrecarga que puede mejorar el rendimiento más eficazmente que otros métodos.

Finalmente, aumentar el volumen para producir una sobrecarga requiere tiempos de entrenamiento cada vez más largos. La mayoría de los entrenadores tienen un tiempo limitado para entrenar a sus nadadores, y no pueden siempre permitirse el lujo de aumentar el volumen de entrenamiento en un área del programa sin reducir el tiempo invertido en otra.

Ventajas y desventajas de aplicar la sobrecarga aumentando el volumen del entrenamiento

Ventajas

- Es un buen procedimiento para mejorar la capacidad aeróbica, la resistencia aeróbica muscular y la resistencia anaeróbica muscular.
- Las adaptaciones fisiológicas suelen continuar a un ritmo estable durante un mayor tiempo que con otros métodos.
- Es el método menos estresante física y emocionalmente.

Desventajas

- Es de poca o ninguna utilidad para mejorar la velocidad máxima.
- Puede resultar aburrido.
- Requiere cada vez más tiempo de entrenamiento.

Ejemplo de un método de progresión

Empezar con una serie original de 4 x 400 m con un tiempo de salida de 5 min y un tiempo medio de 4:48,0. Aumentar el número de repeticiones de 4 a 8 a lo largo de varias semanas mientras se mantiene el mismo tiempo de salida y aproximadamente la misma velocidad de natación. Aumentar el número de repeticiones en dos cada 2 semanas durante 6 semanas.

Aumentar la densidad del entrenamiento

Reducir gradualmente el período de descanso entre las repeticiones es probablemente el procedimiento de sobrecarga más efectivo para mejorar la resistencia muscular tanto aeróbica como anaeróbica porque la meta del nadador en el entrenamiento se acerca más a su meta en la competición, nadar continuamente a algún porcentaje designado de su velocidad máxima a lo largo de la distancia de una carrera particular. Cortos períodos de descanso tienden a aumentar la cantidad de energía que proporciona el metabolismo aeróbico mientras reduce la cantidad proporcionada por el metabolismo anaeróbico. Reducir los períodos de descanso es un procedimiento de sobrecarga especialmente bueno para utilizarlos con entrenamientos que se basan en la velocidad de la carrera porque, como se mencionó anteriormente, disminuir el intervalo de descanso apoya la meta del nadador de nadar cada segmento de la carrera a una velocidad deseada sin descansos entre los segmentos.

Nadar con cada vez menos descansos es una manera exigente de completar las series de repeticiones. Los nadadores, especialmente los de mediofondo y fondo, se enorgullecen de poder nadar una serie de repeticiones a una velocidad determinada con menos descansos de los que previamente habían realizado.

Este método no tiene mucha utilidad para mejorar la velocidad máxima por las razones ya mencionadas con respecto a aumentar el volumen del entrenamiento; no se ajusta a la naturaleza de las adaptaciones de entrenamiento que aumentan la velocidad de natación. Las adaptaciones que aumentan la velocidad incluyen más fuerza muscular y una tasa más rápida de metabolismo anaeróbico.

Otra desventaja de este método es que los nadadores pueden alcanzar la acidosis demasiado a menudo cuando se aplica. Esta desventaja aparece sólo cuando una serie de entrenamiento está diseñada para mejorar la capacidad aeróbica, durante la cual se debe evitar la acidosis, y sólo si la reducción del

descanso no es lo bastante gradual. Cuando la meta es mejorar la resistencia aeróbica, los períodos de descanso sólo deben reducirse cuando las respuestas fisiológicas de los nadadores demuestran que el intervalo de descanso anterior ya no sobrecarga el metabolismo aeróbico. Para proporcionar una sobrecarga, los intervalos de descanso en series diseñadas para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica deben ser lo suficientemente cortos para producir un nivel significativo de acidosis. Pero el objetivo de estas series es reducir la intensidad de esta acidosis. Por lo tanto, los intervalos de descanso no deben reducirse hasta que se observe una reducción de la intensidad de la acidosis.

La última desventaja de este método es la dificultad de aplicarlo. Cuando el grupo de nadadores es grande y las calles están llenas, es muy difícil, si no imposible, elaborar series de repeticiones en las que el intervalo de descanso es el apropiado para cada nadador individual. Invariablemente, algunos nadadores en cada calle serán incapaces de seguir el ritmo y tendrán poco o ningún descanso entre repeticiones.

Ventajas y desventajas de aplicar la sobrecarga aumentando la densidad del entrenamiento

Ventajas

- Es muy efectivo para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.
- Puede ser efectivo para mejorar la capacidad aeróbica si se diseñan y se realizan las series de forma correcta.
- Es una forma muy motivadora de entrenamiento que representa un duro reto.

Desventajas

- Es de poca utilidad para mejorar la velocidad máxima.

- Puede interferir con las mejoras de la capacidad aeróbica si los intervalos de descanso se acortan antes de que las adaptaciones aeróbicas permitan a los nadadores nadar las repeticiones con menos descanso y no producir una acidosis elevada.

- Es difícil de aplicar a grandes grupos en calles llenas de nadadores.

Ejemplo de un método de progresión

Nadar una serie original de 30 x 100 m con un tiempo de salida de 1:30 con un tiempo medio de repetición de 1:13,00. Para mejorar la capacidad aeróbica, reducir el tiempo de salida en 5 s cuando el nadador puede completar la serie con un esfuerzo apreciablemente menor. Para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, reducir el tiempo de salida en 5 s cada 2 semanas durante 6 semanas hasta que sea 1:20.

Combinar los procedimientos para aplicar la sobrecarga

Quizás el mejor método para asegurar una mejora continuada es utilizar alguna combinación de los tres procedimientos para aplicar la sobrecarga que acabo de describir. Utilizarlos en combinación debe ser más eficaz para mejorar el rendimiento que fiarse de un solo método, por al menos dos razones:

1. La tasa de mejora de cualquier función fisiológica particular llega a un punto de beneficios decrecientes después de un cierto período de tiempo. La experiencia ha demostrado que los nadadores sólo mejoran hasta cierto punto con un procedimiento determinado de sobrecarga.

Después de llegar a este punto, utilizar un nuevo método a menudo tendrá como resultado un incremento de mejora adicional que seguir con el procedimiento original.

2. La otra razón para utilizar una variedad de procedimientos de sobrecarga es evitar el aburrimiento y la saturación. Ambos pueden reducir la motivación de los nadadores para entrenarse, mientras que un procedimiento de sobrecarga totalmente nuevo puede renovar su motivación.

Una forma de combinar estos procedimientos para aplicar la sobrecarga es utilizar un sistema de progresión similar al que se usa en el entrenamiento con pesas. En este deporte, los deportistas levantan un peso particular un número cada vez mayor de veces hasta que lleguen a un límite predeterminado. Este sistema de sobrecarga progresiva está basado en aumentar el volumen. Luego los deportistas aumentan el peso, un sistema de sobrecarga progresiva en el que se incrementa la intensidad, y empiezan el proceso de nuevo con el número original de repeticiones. De forma similar, los nadadores podrían aumentar el número de repeticiones en una serie particular hasta un límite predeterminado. Luego podrían volver al número original y empezar el procedimiento otra vez, sólo que esta vez nadando las repeticiones más rápidamente que antes.

Los nadadores también podrían utilizar un sistema en el que primero aumentan la velocidad media de la serie de repeticiones y luego vuelven a la velocidad de natación original y realizan la serie con un intervalo de descanso más corto. Las maneras posibles de combinar las tres variables (velocidad, volumen y descanso) para producir una sobrecarga progresiva están limitadas sólo por la imaginación. En la tabla 12.2 se presentan algunos ejemplos de series de natación que aplican una sobrecarga progresiva utilizando dos o más variables de entrenamiento.

El principio de la especificidad

El principio de la especificidad se refiere al hecho de que las adaptaciones fisiológicas ocurrirán sólo en los tejidos y los órganos estresados durante el proceso de entrenamiento. Al igual que la sobrecarga, el principio de la especificidad es sencillo para definirlo pero complejo para aplicarlo. Quisiera poner un ejemplo del funcionamiento del principio de especificidad con relación al entrenamiento con pesas.

Si un deportista desea que se produzca una adaptación tal como un aumento de la fuerza de un grupo muscular específico, debe realizar ejercicios de entrenamiento de fuerza que impliquen este grupo de músculos. Por ejemplo, las flexiones de bíceps aumentarán la fuerza del bíceps que flexiona el ante-brazo. Las flexiones de bíceps no aumentarán la fuerza de los tríceps que extienden el antebrazo. El deportista debe realizar otro ejercicio para este fin.

Esto era un ejemplo de la especificidad basada en los grupos musculares utilizados. ¿Qué pasa con la especificidad del entrenamiento para las adaptaciones que producirán la resistencia y la fuerza en el mismo grupo muscular? ¿Puede un deportista aumentar la fuerza del bíceps realizando ejercicios de resistencia que impliquen un gran número de flexiones del mismo? ¿Puede un deportista aumentar la resistencia de este grupo muscular haciendo ejercicios de fuerza? La respuesta a ambas preguntas es un sí con reservas. Digo con reservas porque, como es de suponer, el entrenamiento de resistencia será más efectivo para mejorar la resistencia, y el entrenamiento de fuerza será más efectivo para mejorar la fuerza.

Cualquier tipo de entrenamiento mejorará tanto la fuerza como la resistencia de los músculos, por lo menos en las etapas iniciales del entrenamiento. Si la fuerza del bíceps del deportista es de nivel bajo, cualquier ejercicio, incluso los ejercicios diseñados para mejorar la resistencia, aumentarán la fuerza de este grupo muscular. Pero si el nivel de fuerza del deportista ya es razonablemente alto cuando empieza el entrenamiento de resistencia del bíceps, cualquier mejora adicional de la fuerza será mínima, aunque la mejora en la resistencia muscular de dichos músculos será considerable. Por consiguiente, si la meta final es mejorar la fuerza del bíceps, el deportista debe estar haciendo un entrenamiento de fuerza en lugar de un entrenamiento de resistencia. Cuando la meta es

mejorar la resistencia, el entrenamiento de resistencia es el enfoque que se debe adoptar.

Tabla 12.2. Ejemplos de procedimientos combinados para aplicar la sobrecarga

	Combinaciones de velocidad y volumen
Para mejorar la capacidad aeróbica o la resistencia muscular aeróbica	Empezar con una serie original de 10 200 un tiempo de salida de 2:30 un tiempo para la repetición de 2:20. Aumentar el número de repeticiones en 2 cada semana a lo largo de 5 semanas hasta que los nadadores estén haciendo 20 200 m con el mismo tiempo de salida y el mismo tiempo. Luego disminuir el tiempo de la repetición de por 200 empezar el proceso de nuevo.
Para mejorar la resistencia muscular anaeróbica	Empezar con una serie original de 10 × 50 con un tiempo de salida de min y con un tiempo medio para la repetición de 28,0 s. Aumentar el número de repeticiones en 4 cada semana durante semanas hasta alcanzar la meta de 22 × 50 m. Luego volver la serie original de 10 × 50 con un tiempo de salida de 1 min y tratar de realizarla en menos de 28,0 s.
	Combinaciones de velocidad y densidad
Para mejorar la resistencia muscular aeróbica	Empezar con una serie original de 20 × 100 con un tiempo de salida de 1:30 y con un tiempo medio para la repetición de 1:20 s. Tratar de mejorar el tiempo medio para cada repetición hasta 1:15 menos a lo largo de 3 semanas. Cuando se ha logrado, reducir el tiempo de salida a 1:25 s y empezar el proceso de nuevo,

	nadando un tiempo de 1:20 ó menos.
Para mejorar la resistencia muscular anaeróbica	Empezar con una serie original de 6 x 100 m con un tiempo de salida de 2 min, y un tiempo medio para la repetición de 1:00. Tratar de reducir el tiempo a 58,0 s o menos durante 3 semanas. Luego, reducir el tiempo de salida en 10 s y empezar el proceso de nuevo nadando las repeticiones con un tiempo medio de 1:00 ó menos.

Hay que considerar por lo menos cuatro aspectos de la especificidad cuando se planifica un programa de entrenamiento para nadadores:

1. La actividad para la que el nadador se está entrenando.

2. El estilo que el nadador utilizará en la competición.

3. La velocidad competitiva.

4. Las partes del sistema metabólico que requieren ser estresadas.

Con respecto a la actividad, la natación es la forma más específica de entrenamiento para los nadadores. Esta afirmación puede parecer evidente, pero la hago para destacar el hecho de que todas las demás formas de entrenamiento serán efectivas sólo hasta el grado en que utilicen los mismos órganos, huesos y músculos que los que utilizan los nadadores en la competición. La carrera, el ciclismo y otras actividades en seco pueden mejorar las funciones del corazón y del sistema circulatorio tan bien como la natación, pero algunas de las fibras musculares que utilizan los nadadores en la competición no serán utilizadas cuando el entrenamiento no las incluye. Por lo tanto, las actividades en seco deben complementar los entrenamientos en el agua, no sustituirlos.

El entrenamiento debe también ser específico en cuanto al estilo que los nadadores utilizan en la competición. Aunque la transferencia con relación al

uso de los músculos es probablemente considerable de un estilo a otro, algunas fibras no se estresan tan ampliamente con un estilo como con otro. El hecho de que los nadadores experimentan algún alivio cuando cambian de estilo en el entrenamiento apoya esta afirmación.

Ya he mencionado que hay que entrenarse específicamente con respecto a la velocidad. No sabemos hasta qué punto diferentes velocidades de natación implican unidades motrices distintas dentro de los mismos grupos musculares. Pero la investigación indica que se necesitan velocidades de natación razonablemente rápidas para reclutar ciertos tipos de fibras musculares de contracción rápida. Por lo tanto, los nadadores deben realizar algún entrenamiento a la velocidad de la prueba para asegurarse de que entrenan todas las fibras que utilizarán en la competición. El entrenamiento de forma específica en cuanto a la velocidad es también importante para acondicionar a los nadadores a realizar cada carrera particular con la combinación de frecuencia y longitud de brazada más económica. Deben identificar una combinación que produce la velocidad deseada con el menor gasto energético.

Finalmente, el entrenamiento debe ser específico de los sistemas energéticos. Ya he explicado que el metabolismo es realmente una gran unidad funcional con tres partes principales: el sistema ATP-CP, el metabolismo anaeróbico y el metabolismo aeróbico. Entrenar uno de estos sistemas sin implicar los otros dos es imposible porque todos funcionan desde el inicio real del ejercicio. Sin embargo, un deportista puede concentrarse en uno de estos sistemas de manera que el estímulo del entrenamiento mejorará el funcionamiento de ese sistema mucho más de lo que mejora los otros dos. Insisto en esto porque puede que algunos nadadores necesiten concentrarse en mejorar un aspecto del proceso metabólico más que los otros, sean cuales sean el estilo y la prueba para los que se están entrenando. Por ejemplo, considera el caso de un nadador que tiene un sistema anaeróbico excepcional y puede empezar las carreras de forma muy rápida. Sin embargo, suponte que el sistema aeróbico del nadador no está tan bien desarrollado y que como consecuencia no puede mantener este ritmo durante el resto de la prueba. Dicho nadador necesita concentrarse en el sistema aeróbico al inicio de la temporada de entrenamiento porque finalmente será el eslabón débil del rendimiento.

En cambio, suponte que un segundo nadador tiene un sistema aeróbico bien desarrollado pero tiene dificultades para salir rápidamente en sus pruebas y terminarlas con un acelerón fuerte porque su sistema anaeróbico no está bien desarrollado. Este nadador debería adoptar el enfoque contrario y concentrarse en la mejora de su sistema anaeróbico en el entrenamiento.

Ambos nadadores mejorarán más realizando repeticiones que se concentren en su sistema metabólico débil. Por lo tanto, deberían aplicar diferentes intensidades en el entrenamiento de resistencia y de velocidad aunque esten entrenándose para competir en la misma prueba o pruebas.

Hace años, varios fisiólogos del ejercicio nos dieron una regla sencilla para entrenar de forma específica: entrenar a la velocidad de la prueba. Sin embargo, ahora nos damos cuenta de que el entrenamiento específico no debería limitarse a nadar a la velocidad de la prueba. También incluye nadar más despacio y más deprisa que la velocidad de la prueba en ciertos tipos de series de entrenamiento. Por ejemplo, el primer nadador en el ejemplo anterior debería incluir más entrenamiento de resistencia en su programa para enfocar y entrenar el sistema aeróbico, aunque esto significa que pasará una gran cantidad de tiempo nadando más despacio que la velocidad de la prueba. De forma similar, el segundo nadador probablemente debería incluir más entrenamiento de velocidad en su programa, lo que implicaría nadar más repeticiones más rápidamente que la velocidad de la prueba.

A la luz de estudios recientes parece claro que los nadadores deben realizar la mayor parte de su entrenamiento en el agua. También recomiendo que naden un gran porcentaje de su kilometraje de entrenamiento con su estilo o estilos principales porque es la única forma de asegurarse de que están entrenando las fibras musculares que utilizarán en las pruebas. Un último punto importante en cuanto al entrenamiento específico se relaciona con las diferentes fases del sistema metabólico. El entrenamiento de resistencia y el entrenamiento de velocidad hacen hincapié en diferentes aspectos de dichos sistemas. Como sería de esperar, el entrenamiento de la resistencia estresa el metabolismo aeróbico, mientras que el entrenamiento de velocidad estresa el metabolismo anaeróbico. Por esta razón, los nadadores deben realizar las repeticiones tanto de resistencia como de velocidad en su estilo o estilos principales. Median-te este enfoque, los nadadores se

concentrarán en todas las fases del sistema metabólico para lograr una mejora óptima.

¿Cómo de específico debe ser el entrenamiento?

La evidencia de que los nadadores deberían utilizar sus estilos principales en el entrenamiento tanto de velocidad como de resistencia parece irrefutable; sin embargo, los nadadores típicamente nadan a estilo libre durante la mayoría de sus repeticiones de entrenamiento, y este método parece funcionar. Estoy seguro de que todos conocemos a mariposistas y bracistas que han tenido un buen rendimiento en sus especialidades mientras nadaban a estilo libre durante la mayor parte de su entrenamiento. De forma similar, todos los entrenadores han tenido la experiencia de entrenar a nadadores en un estilo y han visto como tuvieron un rendimiento mucho mejor en otro estilo que apenas habían entrenado. Finalmente, la mayoría de los entrenadores han trabajado con nadadores que después de entrenarse para una distancia de carrera particular, como, por ejemplo, la prueba de velocidad de 100 m, tuvieron un mal rendimiento en dicha prueba mientras que registraban el mejor tiempo de toda su vida en la prueba de fondo. El propósito de esta sección es ofrecer algunas consideraciones acerca de estos conflictos aparentes entre la evidencia científica y la experiencia práctica.

Sospecho que por lo menos dos razones explican por qué algunos nadadores nadan más lentamente cuando se entrenan exhaustivamente a un estilo en concreto. La primera es que demasiado entrenamiento erróneo o demasiado poco tiempo de recuperación pueden haber dañado algunos aspectos de las fibras musculares implicadas en nadar con este estilo. Segundo, puede haber ocurrido alguna disminución de los neurotransmisores implicados en la secuencia de contracciones de estas fibras musculares en este estilo particular. En ambos casos, las fibras entrenadas habrán perdido algunas de sus adaptaciones aeróbicas y anaeróbicas, haciendo que el nadador nade más despacio en su especialidad. En cambio, el rendimiento del nadador en otros estilos puede ser excelente porque otras fibras y células nerviosas que no han sido sobreentrenadas o mal entrenadas están más implicadas en

éstos.

La misma idea podría aplicarse a las diferentes distancias competitivas. Cuando los nadadores sufren de sobreentrenamiento o entrenan mal una fase particular del proceso metabólico, puede que naden más despacio en las pruebas en las que domina esta fase particular. Por ejemplo, demasiado entrenamiento intenso de resistencia puede, de hecho, disminuir la capacidad aeróbica de los nadadores de manera que naden más lentamente en las pruebas de fondo para las que se han entrenado y más deprisa en las pruebas de velocidad. El mismo resultado podría ocurrir al revés para los nadadores que sobreentrenan para las pruebas de velocidad. Su rendimiento puede bajar en las pruebas de velocidad en las que el metabolismo anaeróbico es de suma importancia, pero puede que mejore en las pruebas de fondo en las que el metabolismo aeróbico desempeña un papel más importante en la provisión de la energía.

Soy consciente de que esta explicación es altamente teórica. No obstante, la evidencia que apoya la especificidad del entrenamiento es tan convincente que alguna forma de sobreentrenamiento o entrenamiento erróneo parece ser la única explicación posible cuando los nadadores no mejoran después de concentrar su entrenamiento en sólo uno o dos estilos. Tengo dos recomendaciones que podrían ayudar a los entrenadores y a los nadadores a aplicar los principios de la especificidad a su entrenamiento sin exagerar.

1. Suponiendo que la temporada dura 24 semanas, los nadadores probablemente deben concentrarse en un entrenamiento de estilo mixto durante las primeras 8 a 12 semanas. Deben concentrarse en su estilo o estilos principales durante 6 a 10 semanas en medio de la temporada, nadando quizás del 60% al 70% de su kilometraje total en este estilo. Entrenarse de esta forma proporcionará una buena base para todos los órganos, músculos y articulaciones, preparándoles para el entrenamiento específico que vendrá a continuación. Al mismo tiempo, la duración del entrenamiento específico será suficiente para producir adaptaciones significativas, pero no será tanto que exista la posibilidad de causar un sobreentrenamiento elevado o un

entrenamiento erróneo.

2. En su entrenamiento, los nadadores deben nadar series específicas de su estilo para todos los sistemas energéticos. Por ejemplo, los mariposistas, espaldistas y bracistas no deben nadar sus series de resistencia a estilo libre y sólo sus series de velocidad con su estilo principal. Necesitan nadar una parte razonable de su entrenamiento de resistencia con su estilo principal para no descuidar la capacidad aeróbica de algunas fibras musculares específicas.

El principio de la individualidad

Muchos factores hacen que los nadadores respondan de forma individualizada al mismo estímulo de entrenamiento. Dos factores importantes son: (1) el estado de acondicionamiento del nadador cuando empieza el entrenamiento, y (2) su herencia genética.

Con respecto al nivel de acondicionamiento, es bien conocido que los nadadores mejorarán bastante rápidamente si han tenido un largo descanso y no tienen una buena condición física cuando empiezan el entrenamiento. La mayoría de las investigaciones indican que mejorarán enormemente durante las primeras 6 a 12 semanas. Además, todos los aspectos del rendimiento –potencia, resistencia, velocidad, etc.– mejorarán de forma importante independientemente de si el entrenamiento hace hincapié en la velocidad o en la resistencia. Su tasa de mejora se reducirá considerablemente después de las primeras semanas. Al mismo tiempo, algunos llegarán a una meseta y parecerá que progresan poco durante largos períodos de tiempo porque se han acercado a los límites genéticos de ciertos mecanismos fisiológicos. Experimentarán mejoras adicionales, aunque a una tasa inferior, si persisten y no sobreentrenan. Por ejemplo, el $\dot{V}O_2$ máx aumentará en un 20% a un 30% durante las primeras 8 a 12 semanas de entrenamiento. Después, los deportistas pueden seguir mejorando esta medida en un 20% a un 30% adicional, pero puede tardar 1 ó 2 años en producirse tal mejora (McArdle,

Katch y Katch, 1996). La experiencia también indica que después de las primeras semanas de una nueva temporada, el entrenamiento de resistencia puede reducir la velocidad máxima, y viceversa. Un tipo de entrenamiento puede interferir con los resultados de otro.

Con relación a la herencia genética, los estudios realizados con gemelos idénticos han demostrado de forma repetida que la herencia determina en gran medida las respuestas máximas al entrenamiento de varios mecanismos fisiológicos, tanto aeróbicos como anaeróbicos. Factores genéticos tales como el porcentaje de cada tipo de fibra muscular ciertamente afecta la forma en que un deportista individual responde a ciertos tipos de entrenamiento. Por ejemplo, un deportista con una gran proporción de fibras musculares de contracción rápida tenderá a responder de forma favorable al entrenamiento de fuerza, de velocidad y de potencia, pero progresaría menos que el resto del grupo en cuanto a mejorar su capacidad aeróbica. De forma similar, los deportistas con una gran proporción de fibras musculares de contracción lenta normalmente responderán de manera favorable al entrenamiento de resistencia pero podrían tener dificultades para experimentar las mejoras de la mayoría del grupo en cuanto a fuerza, velocidad y potencia. En un estudio se compararon las respuestas de gemelos idénticos al entrenamiento de velocidad con las de un grupo de control no relacionado (Simoneau *et al.*, 1986). Aunque el grupo de control mostró una amplia variación de respuestas al entrenamiento, cada gemelo respondió de forma similar al otro. Según los investigadores, más de la mitad de todas las adaptaciones (del 50% al 60%) fueron similares en cada par de gemelos. En otro estudio, Bouchard y colaboradores (1992) concluyeron que la herencia determina entre el 25% y el 50% de las mejoras del $\dot{V}O_2$ máx después de entrenarse.

Estos estudios y otros similares sugieren que la herencia desempeña un papel principal en la deter-minación del grado en que el entrenamiento puede mejorar las funciones fisiológicas de los deportistas. Estamos aprendiendo, casi diariamente, que la herencia genética dicta las respuestas de los individuos a cada aspecto de la vida. Por lo tanto, creo que las investigaciones futuras mostrarán que la herencia dicta en gran parte el grado en que los individuos responden al entrenamiento. Hace tiempo que asumimos que los buenos o malos hábitos de entrenamiento producían diferentes respuestas individuales al entrenamiento. Sin embargo, todos los

entrenadores han visto a algunos deportistas con unos hábitos menos apropiados de entrenamiento mejorar más que los del equipo que se entrenaban más concienzudamente. Por supuesto que los deportistas que se entrenan concienzudamente tendrán más probabilidad de maximizar su potencial que los que no lo hacen. Sin embargo, desafortunadamente, entrenarse más tiempo, más intensamente y con más inteligencia que otros no garantiza resultados superiores. Por esta razón, deportistas no relacionados responderán sin duda de forma diferente a un entrenamiento particular a causa de su diferente herencia genética. En cualquier grupo de deportistas, algunos responderán normalmente a ciertos tipos de entrenamiento, otros responderán muy bien y otros responderán de forma mínima. Los estudios de investigación controlan típicamente la homogeneidad del entrenamiento y del esfuerzo con mucho más cuidado que un equipo deportivo típico, y sin embargo es normal ver mejoras individuales que varían desde un 0% hasta un 70% (Simoneau *et al.*, 1986; Wilmore y Costill, 1994).

Edad y género también afectan la forma en que los atletas responden al entrenamiento, aunque no hasta el punto que se ha supuesto en el pasado. Las respuestas al entrenamiento de los niños, adolescentes y adultos son mucho más parecidas a las de jóvenes adultos que diferentes. Se puede decir lo mismo al comparar las mejoras de hombres con mujeres. No obstante, los niños y las mujeres, de promedio, responden al entrenamiento de fuerza y potencia con menos mejoras que los jóvenes adultos (Simoneau *et al.*, 1986). La razón que normalmente se ofrece de las diferencias de la respuesta al entrenamiento basadas en la edad y el sexo es que los niños y las mujeres tienen menos tejido muscular con que responder.

El principio de la reversibilidad

Al igual que un entrenamiento apropiado trae como resultado adaptaciones que mejoran el rendimiento, la falta de entrenamiento conduce a la involución de dichas adaptaciones y causa una disminución del rendimiento. Reducciones significativas de ciertas adaptaciones al entrenamiento tendrán lugar en 1 ó 2 semanas después de terminar el entrenamiento. La tasa de la

pérdida será más lenta si sólo se reduce la intensidad o la frecuencia del entrenamiento, pero sólo si la reducción no es demasiado grande. Se pueden mantener los efectos del entrenamiento durante un tiempo prolongado si los individuos reducen el volumen de entrenamiento sólo entre un tercio y la mitad, siempre que la intensidad del entrenamiento permanezca al nivel previo. Las reducciones de la intensidad del entrenamiento traerán como resultado una pérdida más rápida de las adaptaciones.

Varios estudios han mostrado pérdidas de las adaptaciones aeróbicas y anaeróbicas de entre un 7% y un 10% cuando los deportistas dejaron de entrenarse durante sólo 3 semanas (McArdle, Katch y Katch, 1996). Este nivel de reducción causó pérdidas del rendimiento de resistencia de alrededor del 25% al 30% y pérdidas del rendimiento de velocidad del 8% al 12%. Las pérdidas del rendimiento fueron considerablemente mayores cuando se interrumpió el entrenamiento durante un período más largo. Después de 4 a 12 semanas sin entrenamiento, las adaptaciones aeróbicas disminuyeron en un 15% a un 20% y las adaptaciones anaeróbicas disminuyeron en un 18% a un 50%. El rendimiento de la resistencia disminuyó en un 40% y el rendimiento de la velocidad disminuyó en un 14% a un 30%. Largos períodos sin entrenamiento causan disminuciones del rendimiento aún mayores. En un estudio con nadadores universitarios, 85 días sin entrenamiento hizo que nadasen un 3,4% más lentamente en los 50 m (alrededor de 0,80 s más lento) y un 7% más lentamente en los 400 m (17 s más lento). Los valores pico de lactato alcanzados también disminuyeron en un 22% (de 2 a 3 mmol/l más bajos), y la potencia de nadar atado se redujo en un 12%. Un dato complementario de este estudio fue que los tiempos de los nadadores en los 400 m habían vuelto a su nivel previo de entrenamiento después de 91 días de reentrenamiento, pero no pudieron igualar sus tiempos previos para los 50 m o sus mejores puntuaciones previas para la natación atada durante este período de reentrenamiento (Hsu y Hsu, 1999). Este resultado sugiere que la potencia de natación, una vez perdida, requiere más tiempo para recuperarse que la resistencia.

Varios estudios han relacionado estas disminuciones del rendimiento directamente con reducciones de ciertos mecanismos fisiológicos. Por ejemplo, los investigadores afirman que la actividad de las enzimas aeróbicas y la cantidad de glucógeno depositado en el músculo disminuyen

rápidamente cuando cesa el entrenamiento. Pueden disminuir entre un 40% y un 60% después de sólo 4 semanas sin entrenamiento (Wilmore y Costill, 1999). La cantidad de sangre en el cuerpo también tiende a disminuir cuando el deportista deja de entrenarse. Este cambio conduce a una reducción del volumen sistólico y por ende del gasto cardíaco. Se reparte menos oxígeno a los músculos, y se elimina menos ácido láctico. El $\dot{V}$ O2 máx puede reducirse en aproximadamente un 6% de 2 a 4 semanas después de cesar el entrenamiento a causa de la disminución del volumen sanguíneo y del volumen sistólico de aproximadamente un 9% y un 12%, respectivamente.

El número de mitocondrias, que son tan importantes para el metabolismo aeróbico, puede disminuir rápidamente cuando los deportistas dejan de entrenarse. Por ejemplo, en 1 semana sin entrenarse, los deportistas pueden perder un 50% de las mitocondrias adicionales producidas durante 5 semanas de entrenamiento (Olbrecht, 2000). Una vez perdidas, se necesitan hasta 4 semanas de entrenamiento adicional para recuperarlas.

Cuando cesa el entrenamiento, la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo anaeróbico disminuye lentamente y en menor grado que sus equivalentes aeróbicas. En un estudio, las enzimas anaeróbicas mantuvieron su nivel de entrenamiento previo de actividad hasta 12 semanas sin entrenarse (Coyle *et al.*, 1984). Pero otras adaptaciones de naturaleza anaeróbica se perderán durante este tiempo. Por ejemplo, 4 semanas sin entrenamiento causó una disminución significativa de los niveles de bicarbo-nato, que a su vez motivó una reducción en la capacidad amortiguadora. Este efecto, junto con una pérdida del $\dot{V}$ O2 máx, causaron mayores caídas del pH muscular durante las carreras, de manera que los efectos de la acidosis provocaron una mayor reducción de la velocidad de natación (Wilmore y Costill, 1999).

Las ganancias de fuerza no parecen reducirse tan rápidamente y los deportistas pueden mantenerlas con un entrenamiento considerablemente reducido. Sin embargo, la potencia es otra cosa. En un estudio realizado con nadadores (Costill *et al.*, 1985), la fuerza del brazo y del hombro no disminuyó incluso después de 4 semanas de inactividad. En cambio, la potencia de natación decayó entre un 8% y un 13,5% durante este mismo período. Se evaluó la fuerza muscular en seco con trabajos de brazos de esfuerzo máximo en un banco biocinético de natación. Por otro lado se midió

la potencia nadando atado en el agua. Al parecer, como indican los resultados de sus pruebas en seco, los nadadores no perdieron fuerza cuando dejaron de entrenarse, pero sí alguna expresión de esta fuerza cuando estaban realmente nadando. La figura 12.1 ilustra los resultados de un nadador en este estudio.

Por lo menos dos causas pueden explicar este resultado. Las mediciones de la fuerza muscular en seco, incluso cuando simulan la mecánica de la brazada,pueden representar un aspecto diferente de la expresión de la fuerza implicada en la natación real. Con respecto a esto, Sharp (1986) encontró correlaciones bajas entre las medidas de fuerza realizadas en seco con un banco biocinético de natación y la velocidad máxima en el agua.

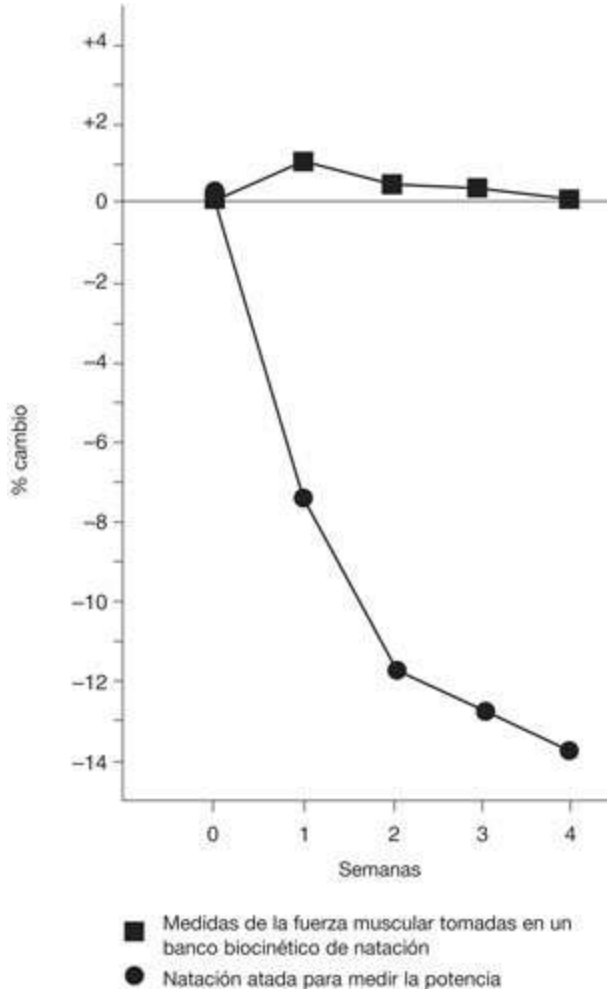


Figura 12.1. Cambios en la fuerza de los brazos, medidos en un banco biocinético, y la

potencia medida durante la natación atada en un sujeto después de 4 semanas de no entrenarse. La fuerza de los brazos cambió poco, mientras que la potencia de natación disminuyó un 13,5%.

Adaptada con permiso de D.L. Costill, D.S. King, R. Thomas y M. Hargreaves (1985). “Los efectos de un entrenamiento reducido sobre la potencia muscular en nadadores”. *Physician and Sports Medicine* 13 (2): 94-101.

Otra posibilidad es que el desentrenamiento tiene un efecto mayor sobre la tasa de desarrollo de la fuerza que sobre la fuerza muscular. La tasa de desarrollo de la fuerza no es una medida de la fuerza máxima. Las tasas lentas de velocidad de contracción proporcionan la mejor expresión de la fuerza máxima. En cambio, la tasa de desarrollo de la fuerza es una medida de lo rápido que un deportista puede desarrollar niveles casi máximos de fuerza una vez empezado el ejercicio. Dopsaj y colaboradores (1998) determinaron que la tasa de desarrollo de la fuerza sólo era una de las medidas de fuerza y potencia tomadas en seco que mostraron una alta correlación con la velocidad máxima.

La flexibilidad de las articulaciones también disminuye rápidamente una vez que cesa el entrenamiento. Las medidas de la flexibilidad del hombro y del tobillo que he tomado a lo largo de tres décadas indican que las personas pierden el rango de movimiento en estas articulaciones durante las 2 a 4 semanas después de cesar los ejercicios de estiramiento.

El principio de la reversibilidad ilustra la necesidad de entrenarse todo el año con pausas puntuales de poca duración. Los deportistas serios nunca deben tomar un descanso del entrenamiento de más de 1 ó 2 semanas, y no deben tomar estos descansos más de dos o tres veces por año. Pausas más largas harán que pierdan un gran porcentaje de las adaptaciones de entrenamiento que trabajaron tanto para adquirir, con el resultado de que pasarán una buena parte de su tiempo de entrenamiento posterior readquiriendo estas adaptaciones en lugar de acumular sobre las mejoras anteriores. En este contexto, Mujike y colaboradores (1996) encontraron una relación significativa entre un alto nivel inicial de acondicionamiento y la cantidad de mejora lograda por los nadadores durante una temporada típica.

El consejo de entrenarse durante todo el año es más aplicable a los

deportistas altamente entrenados que a los que sólo tienen un nivel moderado. Los deportistas altamente entrenados tienen más que perder cuando dejan de entrenarse porque alcanzan un nivel de funcionamiento fisiológico más alto. Además, los atletas altamente entrenados necesitarán mucho más tiempo para readquirir su nivel previo de rendimiento una vez que pierden ciertas adaptaciones fisiológicas. Intentar constantemente alcanzar el nivel previo después de largas y frecuentes pausas en el entrenamiento no es la mejor forma de mantener su potencial.

Los deportistas necesitan disciplina para seguir entrenándose después de que haya transcurrido el período inicial de mejoras significativas en las primeras 8 a 12 semanas de entrenamiento. Muchos deportistas pierden el interés por el entrenamiento cuando su tasa de mejoras disminuye. Algunos también están deseando hacer largas pausas cuando termine su temporada. Pero las diferencias de tiempo entre los nadadores que ganan medallas y los que llegan a la meta detrás de ellos son muy pequeñas en nuestro deporte altamente competitivo. Por lo tanto, aunque la tasa de mejoras puede disminuir considerablemente después de las primeras 8 a 12 semanas de entrenamiento, las adaptaciones de entrenamiento adicionales que un nadador puede alcanzar entrenándose todo el año crean esta pequeña diferencia de rendimiento que conduce al éxito.

Los parámetros del entrenamiento

Los parámetros del entrenamiento se refieren a las directrices que se utilizan para elaborar los programas de acondicionamiento. Los parámetros que deben interesar a los nadadores y entrenadores cuando planifican un programa de entrenamiento son:

- Duración
- Frecuencia

- Intensidad
- Kilometraje

La duración y la frecuencia del entrenamiento se refieren al número de horas al día y el número de días a la semana que los nadadores pasan entrenándose. La intensidad del entrenamiento se refiere a la velocidad del entrenamiento, y el kilometraje del entrenamiento se refiere al número de yardas o metros que los nadadores recorren al día, a la semana y durante la temporada.

Duración y frecuencia del entrenamiento

Los competidores de alto nivel y los que quieren competir al nivel nacional e internacional típicamente se entrenan dos veces al día durante 6 días a la semana y de 10 a 12 meses al año. No obstante, algunos científicos creen que los deportistas pueden mejorar tanto o más entrenándose menos a menudo durante períodos más cortos. Creen que las combinaciones óptimas de la duración del entrenamiento permitirán a los deportistas adaptarse fisiológicamente hasta los límites de su potencial. Dos expertos en el campo, J. H. Wilmore y D. L. Costill (1994) escribieron que “la tasa con la que un individuo puede adaptarse al entrenamiento está limitada y no puede ser forzada más allá de la capacidad del cuerpo para desarrollarse”.

Utilizando investigaciones con corredores de fondo, estos científicos afirmaron que el punto óptimo podría equivaler a un gasto energético semanal de 5.000 a 6.000 Calorías. Esto se traduce en correr entre 80 y 95 km por semana. Para los nadadores, un gasto de 5.000 a 6.000 Calorías correspondería a un kilometraje semanal de 20.000 a 30.000 m. Esta cantidad es menos de la mitad del kilometraje realizado por la mayoría de los nadadores de la elite mundial. La mayor parte de los mediofondistas y fondistas actualmente nadan entre 60.000 m y 80.000 m semanalmente, y durante ciertos períodos del año puede sobrepasar un total semanal de

100.000 m.

Evidentemente, existe una enorme discrepancia entre las recomendaciones de Wilmore y Costill y las prácticas de entrenamiento de los nadadores de éxito. Las opiniones de los científicos pueden ser incorrectas. En cambio, los nadadores pueden estar entrenándose mucho más de lo que es necesario a causa de su deseo de superar a los demás. Vamos a estudiar los argumentos de ambos lados. Podemos separar estos argumentos en tres categorías:

1. ¿Es más eficaz entrenarse todo el año que entrenarse sólo 2 ó 3 meses?
2. ¿Es superior entrenarse dos veces al día durante 6 días que entrenarse una vez al día durante menos días cada semana?
3. ¿Cuál es la duración diaria óptima de entrenamiento?

Entrenarse todo el año o durante la temporada

La anterior sección sobre la reversibilidad de los efectos del entrenamiento realmente contestó a la pregunta sobre entrenarse todo el año comparado con entrenarse durante la temporada. No obstante, el hecho de que las mejoras principales de la función fisiológica tienen lugar durante las primeras semanas del entrenamiento ha hecho que algunas personas se pregunten si es necesario entrenarse más de 8 a 12 semanas para llegar al rendimiento más alto. Creo que períodos más largos de entrenamiento son necesarios porque, como ya se ha dicho, los deportistas pueden seguir mejorando después de 8 a 12 semanas, aunque sea a un ritmo más lento. Por ejemplo, un deportista puede mejorar su $\dot{V}O_2$ máx entre el 15% y el 30%, después de sólo 8 a 10 semanas de entrenamiento. Pero puede aumentar el $\dot{V}O_2$ máx en otro 20% ó 30% continuando entrenándose durante 1 ó 2 años con sólo pausas cortas y puntuales (Holloszy, 1973).

Disponemos de menos información sobre el valor del entrenamiento durante todo el año en las carreras de velocidad. La literatura nos informa de aumentos del 3% al 10% en la velocidad máxima después de 6 a 10 semanas de entrenamiento (Cadefau *et al.,* 1990; Medbo y Burgers, 1990; Nevill *et al.,* 1989; Nummela, Mero y Rusko, 1996). Sólo un investigador (Olbrecht, 2000) ha presentado aumentos adicionales de la tasa del metabolismo anaeróbico después de 1 ó 2 años de entrenamiento casi continuo. Evidentemente, se necesitan más estudios para determinar si el entrenamiento continuo a lo largo de períodos prolongados puede mejorar la velocidad máxima más que el entrenamiento intenso de 1 a 3 meses.

Entrenarse dos veces al día comparado con una vez al día

El número óptimo de sesiones de entrenamiento al día es uno de los temas más debatidos en la natación. Costill y sus colaboradores (1991) presentaron los resultados de un estudio que duró 4 años en el que la tasa de mejora de nadadores que se entrenaban dos veces al día con un volumen medio de entrenamiento de más de 10.000 m se comparó con un grupo que se entrenaba una vez al día con 5.000 m o menos. La mejora media para ambos grupos fue aproximadamente la misma en una variedad de pruebas que iban desde las carreras de velocidad de 100 yardas hasta 1.650 yardas libres. Éste fue uno de los pocos estudios que investigaba el tema con relación a la natación competitiva. Otras investigaciones que compararon los efectos de entrenarse una o dos veces en corredores obtuvieron resultados similares (Mostardi, Gandee y Campbell, 1975; Watt, Buskirk y Plotnicki, 1973). En uno de estos estudios, Mostardi y colaboradores encontraron que grupos de corredores que se entrenaban dos o tres veces al día no mejoraron su tiempo para la carrera de la milla tanto como un grupo que sólo se entrenaba una vez al día. Los investigadores sugirieron que entrenarse más de una vez al día reducía los depósitos de glucógeno muscular y hepático e interfería en el desarrollo de algunas adaptaciones fisiológicas. Los grupos que se entrenaban dos o tres veces al día aumentaron su $\dot{V}O_2$ máx menos que el grupo que se entrenaba una vez al día. Además, el nivel de glucosa sanguínea era

significativamente más bajo en los grupos que se entrenaban dos o tres veces al día.

A pesar de estos resultados, la experiencia de los entrenadores de natación favorece en gran medida entrenarse una o más veces al día. Las razones son muchas. El volumen del entrenamiento generalmente puede ser mayor, y los nadadores realizan un mayor kilometraje a una mayor intensidad si tienen un período de descanso entre las sesiones de entrenamiento. Otros señalan que se pueden realizar muchos ejercicios de entrenamiento cada día sin que unos interfieran con los otros. Por ejemplo, el entrenamiento rápido de resistencia y de velocidad puede realizarse durante la tarde sin la interferencia de un largo entrenamiento de resistencia. Otra razón que se cita a menudo es que los nadadores pueden pasar más tiempo practicando y aprendiendo las destrezas de la natación competitiva cuando se entrenan durante más horas al día. Claramente, se debe realizar un estudio bien controlado para resolver la cuestión de si es más beneficioso entrenarse una o varias veces al día para mejorar el rendimiento.

Seguir entrenándose dos veces al día parece un enfoque sabio hasta que la investigación demuestre de forma concluyente que los nadadores alcanzan los mismos resultados con menos entrenamiento. Varias razones apoyan esta recomendación. Mencioné anteriormente que aumentar el volumen del entrenamiento es quizás el mejor método de aplicar una sobrecarga progresiva al entrenamiento de resistencia de los nadadores. Lo que es más importante, aumentar el volumen tiende a aumentar el papel del metabolismo aeróbico y disminuir el papel del metabolismo anaeróbico en el entrenamiento. Por lo tanto, los nadadores pueden maximizar la mejora de la capacidad aeróbica con menos interferencia de la acidosis. Entrenarse de esta forma produce mejoras bien definidas y duraderas de los mecanismos del metabolismo aeróbico, mientras que entrenarse durante períodos más cortos tiende a mejorar la capacidad aeróbica rápidamente pero en un menor grado. Además, los deportistas parecen perder estas mejoras más rápidamente durante las interrupciones en el entrenamiento.

También es importante el hecho de que aumentar el volumen del entrenamiento es una de las maneras más fáciles de lograr una sobrecarga progresiva. A lo largo de períodos prolongados, los nadadores encuentran

más fácil nadar durante más tiempo a la misma velocidad que nadar más rápidamente durante el mismo tiempo. Así los nadadores, especialmente los que compiten en las pruebas de mediofondo y fondo, pueden mejorar la capacidad aeróbica en mayor grado a lo largo de varios años de entrenamientos durante todo el año incorporando aumentos graduales de volumen en su plan de entrenamiento.

Finalmente, entrenarse dos veces al día proporciona tiempo para incorporar otros aspectos aparte de la resistencia en el entrenamiento diario de los nadadores. El hecho de que los nadadores se estén entrenando durante 4 horas o más al día no significa que deban pasar cada minuto de ese tiempo realizando un entrenamiento de resistencia. Dicho entrenamiento de resistencia debe ser sólo una parte de un programa completo. Los nadadores también deben tener tiempo para el entrenamiento de velocidad, que puede necesitar desde media hora a una hora diaria. Trabajar la técnica, que debe ser parte de un buen programa de entrenamiento, necesitará un tiempo adicional de entrenamiento cada día. Incluso el calentamiento antes del entrenamiento y la vuelta a la calma después pueden añadir otros 30 minutos o más a la necesidad diaria de tiempo, y sin embargo son importantes para fomentar un mejor rendimiento durante el entrenamiento y una recuperación más rápida después. Además, los nadadores necesitan 3 horas o más a la semana para el entrenamiento en seco, incluyendo el de fuerza y de flexibilidad.

La duración diaria óptima del entrenamiento de resistencia

Otro tema que pertenece a la duración del entrenamiento se relaciona con la cantidad de tiempo que los nadadores necesitan para entrenarse cada día. Algunas personas han sugerido que entrenarse no más de 1 hora al día producirá mejores resultados que entrenarse durante períodos más largos. Aunque la investigación apoya esta opinión, los resultados de otros estudios sugieren que duraciones diarias mayores son más beneficiosas.

En un estudio de Dudley, Abraham y Terjung (1982), grupos de ratas

fueron entrenadas diariamente durante diferentes períodos de tiempo. Un grupo de ratas se entrenaban durante 30 min al día, un segundo grupo durante 60 min y un tercer grupo corría durante 90 min al día. Los resultados de este estudio indicaron que los 60 min de entrenamiento diario fueron más eficaces que los 30 min para mejorar la actividad del citocromo c (una enzima aeróbica utilizada como marcador para medir mejoras de la capacidad aeróbica), mientras que entrenarse durante 90 min al día no resultó en ninguna mejora adicional comparado con el entrenamiento de 60 min al día.

Desfortunadamente, este estudio no incluía mediciones adicionales de resistencia aeróbica ni del rendimiento. La noción de un umbral de duración de 60 min para mejorar la capacidad aeróbica no concuerda con los resultados de otros estudios (Baldwin *et al.*, 1972; Fitts *et al.*, 1975; Harms y Hickson, 1983; Hickson, 1981; Hickson y Rosenkoetter, 1981). Todos estos científicos encontraron mejoras considerablemente mayores en varios componentes del metabolismo aeróbico cuando las ratas se entrenaban durante 2 horas al día comparado con las que sólo lo hacían 1 hora al día.

Obsérvese que los mayores aumentos de las enzimas aeróbicas presentados por estos científicos después de 2 horas de entrenamiento tuvieron lugar en las fibras musculares de contracción lenta y las rápidas oxidativas glucolíticas (ROG) en las ratas. La actividad de las enzimas aeróbicas en las fibras rápidas glucolíticas (RG) no cambió mucho incluso después de hasta 2 horas de entrenamiento al día. Al parecer, altas velocidades de entrenamiento son más importantes que la duración del entrenamiento para aumentar la cantidad de enzimas aeróbicas en las fibras musculares rápidas glucolíticas de las ratas. Las fibras CRa de los seres humanos funcionan de forma similar a las fibras ROG de las ratas durante el ejercicio, mientras que las fibras CRb de los seres humanos son similares a las fibras RG de las ratas.

Evidentemente, entrenarse 2 horas al día es superior a entrenarse durante períodos menores de tiempo para mejorar la resistencia aeróbica de las ratas. Una duración del entrenamiento de 2 horas al día probablemente también proporciona los mismos beneficios en los seres humanos. Desafortunadamente, ningún estudio contrasta períodos aún mayores de entrenamiento, es decir, 4 a 6 horas diarias, con duraciones menores. Los

estudios realizados con ratas que he citado en esta sección demuestran sólo que un entrenamiento de 2 horas al día es superior a un entrenamiento de 1 hora o menos diario. Estos resultados no resuelven la cuestión de si entrenarse más horas al día es beneficioso.

La frecuencia semanal del entrenamiento

Los nadadores adolescentes y mayores comúnmente se entrenan 5 ó 6 días a la semana. En cambio, los sujetos de estudios de investigación han logrado mejoras impresionantes de la resistencia entrenándose sólo de 2 a 4 días a la semana. Estos resultados han llevado a algunos investigadores a sugerir que entrenarse de 2 a 4 veces a la semana puede ser tan eficaz como entrenarse con más frecuencia. Por ejemplo, los resultados de un estudio demostraron que entrenarse 2 veces a la semana mejoró el $\dot{V}O_2$ máx tanto como entrenarse 5 veces semanales (Fox *et al.*, 1973). Existen pocas investigaciones con seres humanos para refutar estos resultados. Sin embargo, un estudio excelente con ratas sugiere que entrenarse 6 veces a la semana es muy superior a entrenarse 2 ó 4 días a la semana para obtener mejoras de la capacidad aeróbica y del rendimiento de tipo resistencia.

Hickson (1981) encontró que las ratas que fueron entrenadas 6 veces por semana durante 14 semanas mejoraron considerablemente más en medidas de capacidad aeróbica y tiempo de carrera hasta el agotamiento que los roedores que habían sido entrenados 2 ó 4 veces por semana durante el mismo período de tiempo. Las velocidades del entrenamiento y su duración diaria eran los mismos para todos los grupos durante cada día de entrenamiento. Las ratas corrían en un tapiz rodante hasta 120 min al día a una intensidad igual al 75% de su $\dot{V}O_2$ máx.

Las ratas que se entrenaron 6 días por semana lograron tiempos de carrera hasta el agotamiento que eran, como promedio, un 136% más largos que los tiempos logrados por las ratas que se entrenaron sólo 2 días a la semana. Los tiempos de carrera hasta el agotamiento también eran mayores en un 34% para los roedores que se entrenaban 6 días a la semana comparados con los

que se entrenaron 4 días a la semana. Las ratas que se entrenaron 4 días a la semana también mejoraron su tiempo de carrera hasta el agotamiento en un 76% más que las que se entrenaron 2 días a la semana. Las ratas que se entrenaron 6 días a la semana también fueron superiores a los otros grupos de ratas en cuanto a ciertas medidas de capacidad aeróbica. Los resultados de este estudio ciertamente sugieren que los deportistas deben entrenarse 6 días a la semana para conseguir resultados máximos.

De nuevo, los aumentos de las enzimas aeróbicas con entrenamiento 2, 4 ó 6 días a la semana sólo ocurrieron en las fibras musculares de contracción lenta (CL) y en las rápidas oxidativas glucolíticas (ROG) de las ratas. El aumento de la actividad del citocromo c fue el mismo para todos los grupos de entrenamiento en las fibras rápidas glucolíticas (RG). Hickson creía que la velocidad de entrenamiento utilizada en el estudio (44 m/min, que corresponde a una intensidad de entrenamiento de aproximadamente el 95% del $\dot{V}$O2 máx) no fue suficiente para estimular estas fibras.

La intensidad del entrenamiento

De lo que he presentado hasta este momento, uno puede fácilmente adivinar que la natación veloz es extremadamente importante para mejorar la capacidad aeróbica y anaeróbica de las fibras musculares CRb. La natación veloz es también probablemente importante para mejorar la capacidad anaeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y las CRa, aunque la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta puede mejorar sólo si el nadador alcanza una cierta velocidad umbral.

De nuevo creo que las mejores investigaciones sobre este tema han sido realizadas con ratas. Dos estudios, uno de Dudley, Abraham y Terjung (1982) y el otro de Harms y Hickson (1983), demostraron que la duración y la frecuencia del entrenamiento son probablemente más importantes que la intensidad para mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y las CRa siempre que se logre una intensidad mínima. Al mismo tiempo, los resultados de estos dos estudios sugieren que las altas

velocidades de entrenamiento son más importantes que la duración y la frecuencia para mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb. Los resultados de estos estudios, que fueron sorprendentemente similares, pueden resumirse como se presenta a continuación:

1. El entrenamiento de intensidad moderada causó la mayor mejora de la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta de las ratas. Las mejoras más significativas ocurrieron como respuesta a aumentos de la duración y de la frecuencia del entrenamiento, siempre que las ratas mantenían una intensidad mínima de aproximadamente el 60% del $\dot{V}$ O2 máx. Los efectos del entrenamiento parecían llegar a su valor pico a una intensidad del 85% del $\dot{V}$ O2 máx. Aumentos en ciertos marcadores de la capacidad aeróbica de hecho disminuyeron con velocidades más altas de entrenamiento, mientras que aumentar la duración del entrenamiento de 1 a 2 horas diarias manteniendo una intensidad moderada produjo mejoras mayores de entre un 40% y un 100% (Harms y Hickson, 1983).
2. La capacidad aeróbica de las fibras musculares rápidas oxidativas glucolíticas (ROG) de las ratas (CRa en los seres humanos) parece entrenarse igualmente bien con una intensidad de trabajo moderada que alta. Estas fibras también parecen reclutarse a una intensidad de entrenamiento tan baja como el 60% del $\dot{V}$ O2 máx, y el efecto de entrenamiento llega a su valor más alto a una intensidad igual al 85% del $\dot{V}$ O2 máx. Sin embargo, a diferencia de la respuesta de las fibras musculares de contracción lenta, los marcadores de la capacidad aeróbica no disminuyeron en las fibras ROG de las ratas cuando la intensidad del entrenamiento subía hasta entre el 90% y el 116% del $\dot{V}$ O2 máx. Al parecer estas fibras pueden entrenarse igualmente bien con el entrenamiento de resistencia moderada y rápida, mientras que las fibras musculares de contracción lenta se entrenan mejor con un entrenamiento de resistencia realizada a una velocidad de lenta a moderada.
3. La capacidad aeróbica de las fibras rápidas glucolíticas (RG) (CRb en los seres humanos) respondió mejor a aumentos de la intensidad del entrenamiento. A diferencia de lo que ocurrió con los otros tipos de

> fibras musculares, la capacidad aeróbica no aumentó en las fibras musculares RG de las ratas hasta que las velocidades de carrera alcanzaron 30 m/min en un estudio realizado por Dudley, Abraham y Terjung (1982). Después de esto, su capacidad aeróbica continuó aumentando de forma lineal, obteniendo las mayores mejoras a la velocidad más alta de carrera, que era 60 m/min, equivalente a esfuerzos de aproximadamente el 116% del $\dot{V}$O2 máx de las ratas.

Si pudiésemos aplicar estos resultados a los seres humanos, significaría que la duración del entrenamiento es importante para mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción lenta y las CRa, pero que la velocidad del entrenamiento es más importante que la duración para mejorar la resistencia de las fibras musculares CRb.

El estudio realizado por Harms y Hickson mencionado anteriormente incluyó una medida del rendimiento, el tiempo de la carrera hasta el agotamiento, que proporciona una evidencia aún más directa de la importancia de la intensidad del entrenamiento para mejorar la resistencia. Las ratas que se entrenaron a la velocidad más alta (44 m/min) tuvieron un rendimiento muy superior al de los otros grupos con entrenamientos más lentos en un increíble 348% y 81%, respectivamente, en esta prueba. Corrieron casi 7,5 horas más que las ratas que se entrenaron a la velocidad de 11 m/min (569 contra 127 min) y 4 1/3 horas más que las que se entrenaron a 22 m/min (569 frente a 314 min). Una velocidad de carrera de 44 m/min corresponde a una intensidad de entrenamiento cercano al $\dot{V}$O2 máx de las ratas.

Los resultados de estas investigaciones ciertamente señalan la necesidad de los nadadores de incluir algún entrenamiento de resistencia muy rápido en sus programas para mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb. Las fibras de contracción lenta y las CRa pueden entrenarse razonablemente bien a velocidades submáximas entre el umbral aeróbico y anaeróbico, pero pueden necesitarse velocidades que sobrepasen el 100% del $\dot{V}$O2 máx para mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb.

Aquí hace falta una nota de advertencia. Aunque el entrenamiento rápido de resistencia puede ser necesario para maximizar la resistencia aeróbica, muchas pruebas indican que el entrenamiento rápido de resistencia realizado demasiado a menudo durante largos períodos de tiempo puede provocar acidosis, lesiones musculares y un rendimiento pobre. Por lo tanto, para prevenir la acidosis elevada, los nadadores deben entrenarse a velocidades que sobrepasen el $\dot{V}O_2$ máx sólo durante cortos períodos de tiempo en una sesión de entrenamiento.

Calidad frente a cantidad

El tema de si se obtienen mejores resultados entrenándose durante más tiempo o entrenándose con mayor velocidad ha sido debatido en nuestro deporte durante mucho tiempo, y no se vislumbra una solución en el horizonte. Algunos entrenadores y nadadores creen que el valor del proceso de entrenamiento debe juzgarse según el número de metros o yardas recorridos cada día. Razonan que nadar más metros produce mayor resistencia y mejores tiempos. Otros afirman que los nadadores pueden reducir el kilometraje de entrenamiento sin ninguna pérdida de resistencia si simplemente nadan sus repeticiones a una velocidad mayor. Estas posiciones diametralmente opuestas simplifican demasiado el proceso del entrenamiento. Un buen programa debe tener un equilibrio entre la natación lenta, media, rápida y superrápida. Este equilibrio, más que el kilometraje total, determina la magnitud del efecto del entrenamiento.

Grandes volúmenes de entrenamiento no traerán automáticamente el éxito, ni nadar más rápido obviará la necesidad de entrenarse recorriendo un número adecuado de metros o yardas al día. En cuanto al entrenamiento de velocidad y a la velocidad competitiva, un nadador no puede compensar la natación veloz simplemente nadando más metros. La intensidad es el aspecto más importante de estos dos tipos de entrenamiento, y nadar más metros a velocidades menores simplemente no producirá las mismas mejoras en la resistencia aeróbica y en la anaeróbica. Al mismo tiempo, entrenarse a una velocidad demasiado intensa puede perjudicar muchas de las adaptaciones de

entrenamiento que mejoran la capacidad aeróbica.

Con respecto a la mejora de la capacidad aeróbica, aumentar la velocidad del entrenamiento sólo puede sustituir hasta cierto punto el kilometraje reducido. Aunque nunca ha sido probado de forma concluyente, puede ser verdad que nadar menos metros a una velocidad más cercana a las velocidades umbral producirá mejoras de la capacidad aeróbica similares a, o incluso mayores que, las producidas por nadar durante más tiempo a una velocidad menor. Pero incluso si esta afirmación es cierta, los nadadores pueden nadar a velocidades cercanas a las del umbral sólo durante unas pocas horas seguidas antes de que necesiten de 24 a 48 horas de reposo para reponer la energía perdida de sus músculos. Esta pequeña cantidad de entrenamiento de resistencia probablemente no es suficiente para producir las mejoras máximas de la capacidad aeróbica; por lo tanto, la mayor parte del tiempo de entrenamiento de los nadadores debe todavía dedicarse al entrenamiento de resistencia más lento si quieren maximizar el rendimiento de la resistencia.

Al mismo tiempo, los principios de la sobrecarga y de la progresión deben aplicarse al entrenamiento de resistencia lenta y moderada para producir mejoras máximas de la capacidad aeróbica. La mejor manera de aplicar una sobrecarga sin nadar a la velocidad umbral o más rápido es aumentar el kilometraje en lugar de la velocidad de entrenamiento.

Considero el tema de la calidad frente a la cantidad como un tema polémico porque, como he intentado explicar, no es posible remplazar una por la otra y seguir entrenándose adecuadamente. Todos los tipos de entrenamiento, desde el de resistencia lento hasta el de potencia superrápido, son necesarios para el desarrollo total de los nadadores. La pregunta más importante en cuanto al kilometraje del entrenamiento sería ésta: “¿existe un nivel óptimo que mejorará la resistencia aeróbica lo máximo que puede mejorarse?”.

El kilometraje de entrenamiento

El tema del kilometraje de entrenamiento es otro tema que actualmente no tiene respuesta. Por supuesto, cada persona tiene su opinión. Muchos entrenadores en todo el mundo parecen haber acordado un kilometraje semanal de 80.000 a 85.000 m para entrenar a los fondistas, de 60.000 a 70.000 m semanales para entrenar a los mediofondistas, y de 40.000 a 50.000 m semanales para entrenar a los velocistas. Sin embargo, nadadores de éxito de todas las categorías se entrenan con kilometrajes semanales mayores y menores. Por ejemplo, algunos fondistas y mediofondistas de éxito se entrenan nadando más de 100.000 m a la semana durante períodos cortos a lo largo de cada temporada. Al mismo tiempo, un estudio del entrenamiento de los medallistas de las pruebas de fondo de unos Juegos Olímpicos recientes demuestra que algunos han preparado sus pruebas nadando tan poco como 40.000 a 50.000 m por semana. Las mismas discrepancias son evidentes con respecto a los mediofondistas y velocistas. Algunos medallistas en estos grupos se han preparado para la competición nadando sólo de 30.000 a 40.000 m a la semana, y otros se han entrenado nadando mucho más que estas cantidades de metros.

Un enfoque utilizado para establecer un kilometraje semanal óptimo se basa en lo que ahora conocemos acerca de la disponibilidad de energía para entrenarse. La información disponible sobre la tasa de agotamiento y de reposición del glucógeno muscular durante el entrenamiento sugiere que se necesitan entre 10 y 16 horas para reponer la energía utilizada durante cada hora de natación de intensidad alta. Pero incluso cuando el glucógeno muscular está en un nivel bajo, los nadadores pueden entrenarse eficazmente nadando las repeticiones de resistencia a velocidad lenta y realizando carreras muy cortas de velocidad. En cualquiera de los casos, los nadadores utilizarían tan poco glucógeno durante un día de entrenamiento que podrían terminar el día con un aumento neto del glucógeno muscular relativo al día anterior de entrenamiento. Los nadadores pueden también aumentar el kilometraje de entrenamiento realizando actividades de natación que utilizan otros grupos musculares mientras reponen el glucógeno en los que lo han agotado.

Otro enfoque de este problema fue determinar el kilometraje óptimo necesario para producir ciertos efectos de entrenamiento. La investigación con corredores, citada anteriormente, sugiere que entre 60 y 90 millas de carreras por semana mejorará la capacidad aeróbica hasta el máximo posible

(Costill, 1986). Un volumen semanal equivalente en la natación se sitúa entre 30.000 m o yardas y 50.000 m o yardas, calculado utilizando la regla de 4 a 1 para convertir el kilometraje corriendo a kilometraje nadando (un corredor entrenado puede correr cuatro veces la distancia que puede nadar un nadador entrenado en el mismo tiempo). Desafortunadamente, estos datos con corredores no pueden considerarse una evidencia concluyente de un kilometraje óptimo de entrenamiento para mejorar la resistencia porque sólo se utilizó una medida, el consumo máximo de oxígeno, como criterio para una mejora de la capacidad aeróbica. La velocidad al umbral anaeróbico ha tenido constantemente una relación más estrecha con el rendimiento de resistencia que el $\dot{V}O_2$ máx en varios estudios (LaFontaine, Londeree y Spath, 1981; Sjodin, 1982; Sjodin y Jacobs, 1981; Sjodin, Schele y Karlsson, 1982). Y, por supuesto, el rendimiento es el criterio principal.

Incluso si este kilometraje representase el óptimo para mejorar la resistencia aeróbica, el kilometraje para el entrenamiento de velocidad, el calentamiento y la vuelta a la calma tendría que sumarse a estos números para lograr estimaciones exactas para nadadores. Estas sumas sitúan el kilometraje semanal entre 50.000 m o yardas, y 70.000 m o yardas que está cerca de la cantidad de entrenamiento que utilizan actualmente la mayoría de los competidores de nivel absoluto en las pruebas de fondo y mediofondo. Muchos nadadores se entrenaban con un kilometraje mucho mayor durante la década de los ochenta y al principio de los noventa, pero la mayoría de los entrenadores ahora parecen haber acordado un kilometraje semanal de entre 50.000 m o yardas y 70.000 m o yardas. Quizá los entrenadores han encontrado el verdadero kilometraje óptimo mediante el método de ensayo y error.

Desafortunadamente, ningún estudio realizado con seres humanos compara los efectos de las diversas duraciones de entrenamiento semanal con el rendimiento. Los estudios realizados con ratas descritos anteriormente en este capítulo demuestran sólo que 2 horas al día de un entrenamiento corriendo mejoró el rendimiento de las ratas considerablemente más que períodos más cortos de entrenamiento. Los estudios no sugieren una duración óptima porque no examinaron períodos más largos de entrenamiento.

El deseo de superar al nadador con éxito del otro lado de la ciudad o del

otro lado del mundo ha dictado durante mucho tiempo el volumen de entrenamiento de los nadadores. Esta motivación probablemente continuará influyendo en el volumen de entrenamiento hasta que la investigación proporcione una evidencia concluyente de cuál es el kilometraje óptimo de entrenamiento.

13

El entrenamiento de resistencia

En las últimas dos décadas ha habido un movimiento en contra de juzgar el valor del entrenamiento según el reto físico que presentaba y a favor de juzgarlo según sus efectos sobre los mecanismos fisiológicos del cuerpo humano. En una época se diseñaba el entrenamiento para imponer un estrés máximo a los deportistas. Los entrenadores diseñaban programas alrededor del concepto de llevar a los deportistas hasta el límite de su tolerancia al dolor y luego motivarlos para que siguiesen más allá. Los programas hacían que los nadadores nadasen más rápido, más distancia o con menos descanso en el entrenamiento de lo que ellos o sus competidores jamás habían hecho. En muchos casos, estas tendencias ahora han cedido a diseños que se concentran en fases específicas del metabolismo energético (sistemas energéticos). Estos programas implican concentrarse en cada una de las fases principales del metabolismo energético y en otros aspectos del acondicionamiento físico, tales como potencia y flexibilidad, con procedimientos de entrenamiento específicos diseñados para desarrollar cada uno hasta su potencial óptimo. Esto me parece un enfoque más inteligente del diseño del entrenamiento que debería evolucionar con el tiempo para convertirse en el más eficaz. Los

deportistas deben utilizar seis grandes categorías de entrenamiento para maximizar el potencial de los diferentes sistemas fisiológicos de su cuerpo:

1. El entrenamiento de resistencia
2. El entrenamiento de velocidad
3. El entrenamiento a velocidad competitiva
4. El entrenamiento de recuperación
5. El entrenamiento de fuerza y de la potencia
6. El entrenamiento de flexibilidad

Cada una de estas categorías desempeña un papel importante y algo diferente en el proceso del entrenamiento. El objetivo de éste y los siguientes capítulos es describir el propósito de cada categoría de entrenamiento y los efectos principales de entrenamiento que produce, y sugerir procedimientos para elaborar sesiones que lograrán estos propósitos. También presentaré sugerencias relacionadas con la dosificación correcta para cada categoría de entrenamiento y los métodos que pueden emplearse para rea lizar un seguimiento.

Este capítulo se concentrará en los procedimientos que mejoran la resistencia. El capítulo 14 tratará de los métodos que aumentan la velocidad, añadiendo la potencia de natación y utilizando el entrenamiento a la velocidad competitiva y el de recuperación.

La teoría del entrenamiento basado en el umbral anaeróbico

A mediados de la década de los setenta, el Dr. Alois Mader (Mader, Heck y Hollmann, 1976) presentó una teoría del entrenamiento de resistencia que ha tenido una influencia considerable en el entrenamiento de los deportistas en todos los deportes de resistencia, incluyendo la natación competitiva. Uno de los principios de esta teoría era que las personas podían mejorar la resistencia aeróbica entrenándose a una cierta velocidad submáxima que sobrecargaba el metabolismo aeróbico pero no desencadenaba el metabolismo anaeróbico para causar la acidosis. El término del *umbral anaeróbico* empezó a asociarse con este concepto, y la velocidad que producía la sobrecarga del metabolismo aeróbico se denominó *la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico*.

Mencioné en el capítulo 10 que el término *umbral anaeróbico* era una elección desafortunada para este concepto. Las palabras dan una impresión diferente de la que pretendía Mader. Una impresión errónea común es que el umbral anaeróbico representa una velocidad de entrenamiento en el que empieza el metabolismo anaeróbico. De hecho, algún grado de metabolismo anaeróbico ocurre en los músculos en reposo, lo que sustenta el hecho de que existe ácido láctico en los músculos de los seres humanos incluso cuando están descansando. Por lo tanto, el metabolismo anaeróbico no empieza a ninguna intensidad específica. El término *umbral anaeróbico* pretendía indicar la velocidad máxima de entrenamiento a la que los procesos de producción y eliminación de lactato permanecían equilibrados de manera que no hubiera una acumulación neta de ácido láctico en los músculos, o sólo una pequeña.

A lo largo de los años se han diseñado muchas pruebas para estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de los deportistas. Algunas incluyen mediciones de oxígeno. Otras requieren mediciones del lactato sanguíneo o de las frecuencias cardíacas. También se ha propuesto nadar largas distancias o realizar largas series de repeticiones con descansos cortos para medir la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. La más conocida de éstas es la T-3000. Se describirán las diferentes pruebas que se emplean para medir la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico en el capítulo 16, que trata del seguimiento del entrenamiento.

Originalmente, muchos científicos y entrenadores, incluyéndome a mí, interpretamos erróneamente el trabajo de Mader de dos formas importantes.

Primero, suponíamos que la mayor parte del entrenamiento de resistencia de los deportistas debería reali zarse exactamente a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico, y segundo, creíamos que no era necesario entrenarse a una velocidad mayor para mejorar la resistencia tanto como puede mejorarse.

Entrenarse sólo al nivel del umbral anaeróbico no es la manera más eficaz de mejorar la resistencia. No obstante, la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico representa una velocidad de entrenamiento eficaz para mejorar la resistencia aeróbica por las siguientes razones:

- Entrenarse a esta velocidad mejorará la capacidad aeróbica tanto de las fibras musculares CRa como de las de contracción lenta, mientras que entrenarse a velocidades menores no mejorará tanto la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRa.
- Los deportistas pueden seguir el entrenamiento durante un largo período, de 30 a 60 min, a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico sin producir la acidosis y los daños musculares asociados. Por lo tanto, deberán poder sobrecargar el metabolismo aeróbico durante un período suficientemente largo para producir las adaptaciones que mejoran el proceso.

Por estas razones, el entrenamiento a la velocidad correspondiente al umbral es ciertamente una manera eficaz de mejorar algunos aspectos de la resistencia aeróbica, particularmente en las fibras musculares de contracción rápida. Sin embargo, entrenarse sólo a esta velocidad no mejorará la resistencia aeróbica hasta su máximo potencial. Ciertos vínculos en el proceso del reparto de oxígeno a los músculos, la utilización de este oxígeno dentro de ellos y la eliminación del ácido láctico de ellos requieren entrenarse tanto a velocidades más rápidas como más lentas que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. La multitud de adaptaciones de entrenamiento que producen un aumento de la resistencia son sencillamente demasiado complejas y variadas para responder de forma óptima a una única intensidad de entrenamiento.

¿Por qué hay que entrenarse a una velocidad más rápida que la correspondiente al umbral?

Una razón principal por la que entrenarse a velocidades más rápidas que la correspondiente al umbral anaeróbico es para mejorar la capacidad de las fibras musculares CRb y quizás algunas de las fibras musculares CRa que tienen un umbral más alto. Si podemos ampliar los resultados de los estudios realizados con ratas a los seres humanos, y creo que es posible, todas las fibras musculares de contracción rápida, en particular las CRb, probablemente no se reclutarán hasta que la velocidad del entrenamiento de resistencia esté cerca del máximo. Dudley, Abraham y Terjung (1982) demostraron que la capacidad aeróbica de las fibras musculares rápidas glucolíticas de las ratas mejoró más cuando la velocidad de entrenamiento era mayor que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. Las fibras rápidas glucolíticas de las ratas corresponden a las fibras CRb en los seres humanos. En otro estudio, Harms y Hickson (1983) no encontraron un aumento significativo de la cantidad de mioglobina y de ciertas enzimas aeróbicas en las fibras rápidas glucolíticas de las ratas que fueron entrenadas a tres velocidades diferentes. La más rápida de estas velocidades era equivalente al 100% del $\dot{V}O_2$ máx que, por supuesto, era mayor que la velocidad equivalente al umbral anaeróbico.

¿Por qué hay que entrenarse a una velocidad más lenta que la correspondiente al umbral?

Los deportistas necesitan entrenarse a una velocidad menor que la correspondiente al umbral anaeróbico para mejorar su resistencia. Adaptaciones tales como aumentos del volumen sistólico, de la capilarización

alrededor de las fibras musculares de contracción lenta, y de las mitocondrias y enzimas aeróbicas de las fibras musculares responden mejor a entrenamientos con una velocidad de natación entre lenta y moderada. Un deportista puede incluso perder muchas de estas adaptaciones entrenándose con demasiada intensidad. En un estudio con corredores, la relación entre el rendimiento de éstos en distancias desde 800 m hasta el maratón tuvo una relación significativa con el número de carreras largas a velocidad moderada que realizaban en su entrenamiento. Es decir, los mejores corredores solían ser los que hacían su entrenamiento aeróbico largo y continuo a velocidades menores (Hewson y Hopkins, 1996).

Quizá la razón más convincente de entrenarse a velocidades menores que la correspondiente al umbral anaeróbico es que los deportistas no pueden entrenarse a ésta o velocidades mayores diariamente sin agotar el glucógeno de sus músculos. Una serie de repeticiones a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico reducirá el glucógeno de los músculos en aproximadamente dos tercios, y el cuerpo requerirá de 24 a 36 horas para reponer el glucógeno perdido. Por lo tanto, los nadadores probablemente no pueden nadar largas series de repeticiones a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico más a menudo de tres o cuatro veces por semana sin agotar el glucógeno de los músculos. Por lo tanto, aunque la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico puede ser óptima para el entrenamiento de resistencia, los nadadores no pueden utilizarla con frecuencia. Los nadadores deben nadar a velocidades más bajas pero adecuadas para mejorar la resistencia aeróbica de las fibras de contracción lenta, utilizando más grasa y menos glucógeno muscular para obtener energía los días en los que están intentando reponer este último.

El umbral aeróbico

Como parte de la teoría del entrenamiento al nivel del umbral anaeróbico, algunos científicos del ejercicio han postulado que un segundo umbral,

llamado el *umbral aeróbico*, cuantifica la velocidad mínima que producirá una mejora de la resistencia aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y de algunas CRa que tienen un umbral de intensidad bajo. Kindermann, Simon y Keul (1979) propusieron esta velocidad mínima de entrenamiento en la que el lactato sanguíneo empieza a aumentar de forma apreciable por encima de los niveles de reposo. En su opinión, el aumento del lactato sanguíneo por encima de los niveles de reposo indica que la intensidad del entrenamiento ha estimulado el proceso metabólico suficientemente para producir adaptaciones que aumentarán la capacidad aeróbica. Generalmente, esta velocidad corresponde a un esfuerzo que produce un consumo de oxígeno de entre el 50% y el 60% del máximo (Gaesser y Wilson, 1998). Algunos expertos utilizan un nivel de lactato sanguíneo de 2 mmol/l para estimar la velocidad del entrenamiento que corresponde al umbral aeróbico. Un milimol equivale a 1/1.000 de un mol. Un mol es igual al peso molecular del ácido láctico en gramos.

El uso del término *umbral aeróbico* también fue desafortunado porque implica que el metabolismo aeróbico no empieza hasta que una persona excede el umbral aeróbico. Esta sugerencia no es exacta, por supuesto. El metabolismo aeróbico se produce todo el tiempo, incluso cuando estamos durmiendo. Moriríamos si el metabolismo aeróbico no estuviera produciendo energía durante cada minuto del día.

¿El umbral aeróbico realmente representa la velocidad mínima para el entrenamiento de resistencia? No disponemos de una respuesta clara a esta pregunta. Según el principio de la sobrecarga, cualquier intensidad de ejercicio más allá de la actividad diaria normal de la persona debería mejorar la capacidad aeróbica. De igual forma, cualquier intensidad de ejercicio, incluso en el nivel medio diario, debería mejorar el metabolismo aeróbico si la persona continúa desarrollándola durante más tiempo que el normal diario. Por consiguiente, una intensidad de ejercicio que produce el primer aumento del lactato sanguíneo por encima del nivel de reposo probablemente no representa una velocidad umbral para mejorar el metabolismo aeróbico, porque nadar más despacio durante períodos más largos probablemente podría mejorar también este proceso. No obstante, el concepto del umbral aeróbico es útil porque proporciona una manera conveniente y eficaz de comunicar una velocidad mínima efectiva para entrenar la resistencia. El

aumento del lactato sanguíneo por encima del nivel de reposo proporciona una evidencia cuantificable de que se estimula el metabolismo aeróbico; sin embargo, entrenarse a esta intensidad no crea peligro de producir una acidosis intensa o daños musculares. Además, es improbable que se agote el glucógeno a no ser que el ejercicio continúe durante varias horas.

He presentado esta explicación de los umbrales aeróbico y anaeróbico para ilustrar por qué los deportistas necesitan realizar su entrenamiento de resistencia a diversas velocidades. Tras esta introducción voy a proseguir con una descripción de los niveles (velocidades) que pueden lograr un entrenamiento eficaz de resistencia.

Niveles de entrenamiento de resistencia

Creo que los nadadores deben utilizar tres niveles de entrenamiento de resistencia para lograr el objetivo de mejorar la resistencia. He llamado a este primer nivel *entrenamiento de resistencia básica*, *resistencia 1* (*Re-1*). Un deportista realiza este tipo de entrenamiento a una velocidad menor que la que corresponde a su umbral anaeróbico, pero más rápido que la velocidad de entrenamiento correspondiente al umbral aeróbico.

El segundo nivel de entrenamiento de resistencia se llama *entrenamiento de resistencia al nivel del umbral* o *resistencia 2* (*Re-2*). Un deportista realiza este tipo de entrenamiento a una velocidad que se aproxima a su umbral anaeróbico. Utilicé el término *se aproxima* porque no es necesario nadar exactamente a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico para sobrecargar la resistencia aeróbica en las fibras musculares de contracción lenta y muchas de las fibras musculares de contracción rápida sin producir la acidosis. Esta recomendación es diferente de la que hice en las ediciones anteriores de este libro. Anteriormente, hacía hincapié en que cada nadador debería realizar el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral en el nivel

exacto correspondiente a su umbral anaeróbico individual. Desde entonces me he dado cuenta de que no se necesita este nivel de precisión para producir las adaptaciones de entrenamiento deseadas. Los nadadores sólo necesitan entrenarse aproximadamente al nivel de su umbral anaeróbico individual. El efecto de entrenamiento debe ser el mismo si este nivel está ligeramente por debajo o por encima del umbral, siempre que los nadadores se entrenen durante un período suficiente cada día y cada semana. Los entrenadores no necesitan preocuparse por encontrar el umbral anaeróbico individual de sus deportistas con exactitud, excepto con el fin de evaluar las mejoras de la resistencia aeróbica. Saber que no necesitan esta exactitud para ser eficaces debe facilitar la prescripción del entrenamiento al nivel del umbral de los nadadores. Muchos métodos incruentos, tales como la toma de la frecuencia cardíaca, la velocidad de natación y el esfuerzo percibido, pueden estimar el rango de las velocidades apropiadas para el entrenamiento al nivel del umbral con bastante precisión para aplicar dicho entrenamiento con eficacia.

He denominado el tercer nivel del entrenamiento de resistencia *entrenamiento con sobrecarga* o *resistencia 3* (*Re-3*). Se deben nadar las repeticiones con sobrecarga más rápidamente que las de la velocidad correspondiente al umbral.

Tres niveles de entrenamiento de resistencia

1. Básico: Re-1

2. Umbral: Re-2

3. Sobrecarga: Re-3

El entrenamiento de resistencia básica

El entrenamiento de resistencia básica implica nadar largas distancias a velocidad moderada.

Los efectos del entrenamiento

Dado que las velocidades de natación son submáximas, la mayor parte del trabajo y la mayoría de las adaptaciones musculares al entrenamiento tendrán lugar en las fibras musculares de contracción lenta. La implicación en las fibras CRa será moderada, y los efectos del entrenamiento en las fibras musculares CRb serán mínimos como mucho.

A este respecto, el entrenamiento de resistencia básica cumple otro propósito importante. Dado que las fibras musculares de contracción lenta realizan la mayor parte del trabajo, las fibras de contracción rápida tienen tiempo para reponer el glucógeno que perdieron durante sesiones anteriores de entrenamiento más intenso. Cuando se realiza el entrenamiento de resistencia básica a velocidad mínima, también es posible que se pueda reponer el depósito de glucógeno muscular de las fibras musculares de contracción lenta. Como el metabolismo de las grasas proporcionará más energía a esta velocidad, la cantidad de glucógeno almacenada en las fibras musculares de contracción lenta podría concebiblemente ser mayor al final del día que la cantidad utilizada en el entrenamiento. Las grasas pueden representar del 50% al 75% de la cantidad total de energía gastada durante la natación de resistencia básica según la duración y la velocidad media de las series (Holloszy *et al.*, 1986).

El entrenamiento de resistencia básica también aumenta la cantidad de energía que proporcionan las grasas a todas las velocidades submáximas de entrenamiento, que debería hacer que las fibras musculares utilicen menos glucógeno muscular durante las series de este tipo. En un estudio, el agotamiento del glucógeno muscular durante 1,5 a 2 horas de ciclismo fue menor en un 42% después de 12 semanas de entrenamiento de resistencia, y casi se duplicó la utilización de las grasas (Hurley *et al.*, 1985).

Los principales efectos del entrenamiento logrados en las fibras de contracción lenta y algunas fibras CRa de umbral bajo serán un aumento de la tasa de provisión de oxígeno a los músculos por los sistemas respiratorio y

circulatorio, y un aumento de la tasa de utilización del oxígeno por las fibras musculares de contracción lenta. Los cambios en el sistema respiratorio son un aumento del volumen corriente y volumen minuto máximo, de manera que se pueda intercambiar más aire durante cada minuto de ejercicio. Las adaptaciones circulatorias implican un aumento de los capilares pulmonares, un aumento del volumen sistólico y un mayor gasto cardíaco máximo para que se pueda proporcionar más oxígeno a los músculos por minuto. También aumenta el contenido líquido de la sangre para que siga fluyendo fácilmente. Otro efecto importante del entrenamiento es un aumento de la hemoglobina, pero, al pare-cer, una persona puede adquirir este efecto sólo nadando a la velocidad de la resistencia básica en altura (Wilmore y Costill, 1999). Otras adaptaciones incluyen una mejor redistribución de la sangre, que permite que un mayor porcentaje del riego sanguíneo llegue a los músculos durante cada minuto de ejercicio, y un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares activas, lo que hace que pase por ellos más oxígeno durante cada minuto de ejercicio. También puede aumentar la cantidad de mioglobina de manera que se pueda transportar más oxígeno a las mitocondrias de las fibras musculares de contracción lenta para ser utilizado en el metabolismo aeróbico. Al mismo tiempo, el tamaño y el número de las mitocondrias aumentarán de manera que habrá más y mayores “centrales químicas” donde tiene lugar el metabolismo aeróbico.

El entrenamiento de resistencia básica también mejorará la tasa de la eliminación del lactato de las fibras musculares activas y de la sangre. Las cantidades de proteínas transportadoras de lactato aumentarán tanto para que se elimine más lactato de estas fibras para ser transportado a la sangre como para que sea metabolizado dentro de las mitocondrias. La tasa de difusión del lactato de las fibras musculares de contracción lenta también debería mejorar. Un aumento del número de capilares musculares hará que dichas fibras dispongan de una mayor cantidad de sangre para recoger más lactato durante cada minuto de ejercicio.

Las adaptaciones que implican los sistemas respiratorio y circulatorio pueden lograrse con cualquier forma sensata no específica de entrenamiento de resistencia, sea nadar, correr, montar en bicicleta u otra actividad. Las adaptaciones que implican la redistribución de la sangre, los aumentos del número de capilares alrededor de las fibras

musculares de contracción lenta, los aumentos de los transportadores de lactato, y los aumentos de la mioglobina y de las mitocondrias dentro de ellas sólo pueden lograrse con el entrenamiento específico, es decir, nadando y aun así sólo utilizando las mismas fibras musculares que el nadador usará en la competición. Esta afirmación puede parecer evidente, pero muchos nadadores y entrenadores hacen caso omiso de su importancia. Aunque puede ser posible entrenar todas las fibras musculares que los nadadores utilizan en la competición con otras actividades, incluso un programa bien diseñado puede olvidarse de algunas de ellas. Si esto ocurre, estas fibras llegarán a ser el eslabón débil de la cadena metabólica, lo que puede impedir que los nadadores naden tan rápidamente como deseen. Por consiguiente, la mejor manera de asegurarse de que el nadador esté entrenando las fibras musculares de contracción lenta que utiliza en la competición es que nade su estilo o estilos competitivos durante este entrenamiento de resistencia básica.

Los efectos del entrenamiento de la resistencia básica

Principales

- Un mayor volumen sistólico y gasto cardíaco.
- Un mayor volumen sanguíneo.
- Una mayor capacidad de los capilares pulmonares.
- Una mejor redistribución de la sangre.
- Un mayor número de capilares alrededor de las fibras de contracción lenta.
- Más mioglobina y un mayor número de mitocondrias en las fibras musculares de contracción lenta.

- Una mayor tasa de eliminación de lactato de las fibras de contracción lenta.

- Una mayor tasa de eliminación de lactato de la sangre.

Secundarios

- Más tiempo disponible para reponer el glucógeno muscular de las fibras musculares de contracción rápida.

- Más tiempo disponible para reponer el glucógeno muscular de las fibras musculares de contracción lenta.

- Más provisión de energía por parte de las grasas a todas las velocidades submáximas.

La planificación de la temporada

Se debe hacer hincapié tanto en el entrenamiento de resistencia básica específico como en el no específico al principio de la temporada por dos razones. Primero, el entrenamiento de resistencia básica aumentará la cantidad de oxígeno que puede proporcionarse a las fibras musculares más tarde en la temporada. Segundo, aumentar la tasa del metabolismo de las grasas reducirá el uso del glucógeno durante las series de resistencia de manera que los nadadores puedan reponer las fibras musculares más rápidamente.

Ambas adaptaciones mejorarán su capacidad para tolerar mayores cantidades del entrenamiento más intenso que tendrán que realizar más tarde en la temporada.

El entrenamiento de resistencia básica debe utilizarse ampliamente durante

las primeras 8 a 12 semanas de cada nueva temporada, representando quizás el 60% ó el 70% del kilometraje total del entrenamiento durante esta época. Después de que los nadadores hayan aumentado su capacidad aeróbica y su tasa de metabolismo de las grasas, se puede disminuir el porcentaje de esta forma de entrenamiento a entre el 50% y el 60% del total. Puede ser reemplazado por mayores cantidades de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga.

Directrices para elaborar las series de repeticiones de resistencia básica

Las series de repeticiones incluyen cuatro variables:

1. El volumen de la serie
2. El intervalo de descanso
3. La distancia de la repetición
4. La velocidad del entrenamiento

El volumen de la serie. El volumen de cualquier serie de entrenamiento de resistencia puede expresarse en metros o yardas o en el tiempo que se tarda para terminarla. El primer método para expresarla es útil sólo para los adolescentes y los jóvenes adultos con por lo menos una habilidad natatoria razonable. El segundo método tiene la ventaja de poderse adaptar a nadadores de cualquier edad y habilidad. La forma en que los nadadores estresan sus procesos metabólicos depende de la duración y de la intensidad más que de la distancia. Por ejemplo, un nadador de 20 años de nivel nacional tendría que nadar 2.000 m a la velocidad de resistencia básica para producir el mismo estrés fisiológico que experimenta un nadador de 10 años nadando 1.000 m a una intensidad similar. Un nadador mayor debe estar nadando más rápidamente a la misma intensidad y, por lo tanto, debe recorrer más distancia

que el nadador más joven aunque ambos estarán entrenándose durante aproximadamente el mismo período de tiempo, quizá de 27 a 30 minutos. Aunque expresar la distancia del entrenamiento en tiempo puede ser más útil, la mayoría de nosotros estamos habituados a comunicarla en metros o yardas. Utilizaré tanto distancia como tiempo para sugerir directrices para éste y otros niveles de entrenamiento para que dichas directrices puedan utilizarse para elaborar series de entrenamiento para nadadores de cualquier edad o habilidad. Las distancias que recomiendo serán las más adecuadas para nadadores experimentados de entre 13 y 50 años.

Las distancias de las series básicas de entrenamiento de resistencia pueden ser desde 500 m o yardas, o aproximadamente 6 minutos de nado, hasta la distancia máxima que los nadadores pueden recorrer durante una sesión particular de entrenamiento. Nadar menos de 6 minutos probablemente es demasiado poco para producir un efecto significativo de entrenamiento. A velocidad moderada un nadador requiere de 2 a 3 minutos para estimular los sistemas respiratorio, circulatorio y muscular suficientemente para producir un efecto de entrenamiento.

Dado que la velocidad es baja, las distancias más largas y los tiempos de entrenamiento más prolongados deben producir un mayor efecto de entrenamiento que tiempos y distancias más cortos. Si existe un tiempo o distancia óptimos para el entrenamiento de resistencia básica, actualmente no sabemos cuál es. Puede que los nadadores mejoren su resistencia entrenándose a una intensidad submáxima si tienen energía suficiente para mantener un cierto entrenamiento.

El intervalo de descanso. Los nadadores pueden realizar ejercicios de resistencia básica sin interrupciones o series de repeticiones si los intervalos de descanso son muy cortos. Repeticiones de cualquier distancia, incluso tan cortos como 25 m o yardas, deben producir las mismas adaptaciones de entrenamiento que distancias más largas si los descansos entre cada repetición son tan cortos que el ritmo metabólico de los nadadores no disminuya antes de la próxima repetición. Por esta razón, el tiempo de salida debe ser corto, permitiendo no más de 5 a 10 s de descanso entre repeticiones de 25 a 50 m o yardas. Los intervalos de descanso pueden ser similares en duración o ligeramente más largos al aumentar la distancia de la repetición.

Cuando los nadadores nadan durante más tiempo entre los intervalos de descanso, pueden descansar ligeramente más tiempo sin experimentar una reducción significativa del ritmo metabólico. Para repeticiones de resistencia básica de 800 yardas o más, los descansos pueden durar hasta 1 min.

La distancia de la repetición. Aunque las distancias de las repeticiones de 25 a 50 m o yardas pueden mejorar la resistencia, no recomiendo estas distancias para el entrenamiento de resistencia básica. Los nadadores se entrenan demasiado a menudo a la intensidad del umbral anaeróbico o por encima de ella cuando descansan con frecuencia, incluso cuando los intervalos de descanso son cortos. Costill y sus colaboradores (1988) han demostrado que los nadadores suelen nadar más rápido cuando las distancias de la repetición son menos de 200 m o yardas o cuando los intervalos de descanso son de 60 s. En general, las repeticiones de resistencia básica deben ser de 200 m o yardas y más (2 min o más). Las repeticiones de 100 m o yardas o menos suelen utilizarse demasiado para este propósito porque los entrenadores y los nadadores las prefieren. Son más fáciles de hacer desde el punto de vista físico y de organización. Las calles llenas de nadadores se atascan con menos frecuencia cuando los nadadores se paran más a menudo, de manera que los entrenadores encuentran más fácil controlar a un gran grupo de personas con repeticiones más cortas e intervalos de descanso más frecuentes.

Otra razón por escoger distancias más largas es porque su efecto de entrenamiento probablemente se verá menos afectado negativamente por el período de descanso. El tiempo de salida debe fijarse a menudo según la habilidad media del grupo o de la calle. Por lo tanto, los mejores nadadores estarán trabajando con una razón descanso/trabajo más generosa que los demás. El ritmo metabólico de estos nadadores probablemente no disminuirá de forma apreciable durante el período de descanso cuando las distancias de las repeticiones son mayores.

La velocidad del entrenamiento. Se puede determinar la velocidad del entrenamiento de resistencia básica de maneras que varían entre bastante exactas a menos exactas. La medición del lactato sanguíneo es el método más preciso disponible para escoger esta velocidad, pero dicho método no está disponible para la mayoría de los entrenadores. La velocidad correcta de la

natación en el entrenamiento de resistencia básica varía desde la que causa la primera subida del lactato sanguíneo por encima del nivel de reposo hasta la que está cómodamente por debajo del umbral anaeróbico del nadador individual. Entonces, para la mayoría de los nadadores, la velocidad apropiada para el entrenamiento de resistencia básica será la que produce niveles de lactato sanguíneo de más de 1 mmol/l y de menos de 3 mmol/l.

Otro método para determinar el rango adecuado de velocidades para la repetición a este nivel de entrenamiento de resistencia es añadir entre 2 y 6 s por 100 m o yardas a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de cada nadador individual, si se conoce. Mi experiencia ha sido que, para la mayoría de los nadadores, este método proporcionará una intensidad por encima del umbral aeróbico y por debajo del anaeróbico.

También se puede utilizar la frecuencia cardíaca para determinar la velocidad apropiada para el entrenamiento de resistencia básica. Para la mayoría de los nadadores, una frecuencia cardíaca en el rango de 120 a 150 fomentará una intensidad de natación por encima del umbral aeróbico y por debajo del anaeróbico. Un método un poco más exacto para controlar el entrenamiento es que cada nadador nade a una velocidad que produzca una frecuencia cardíaca de 30 a 60 latidos por debajo de su máxima.

Los ritmos respiratorios y las evaluaciones del esfuerzo percibido son otros métodos que pueden determinar el rango apropiado de velocidades para el entrenamiento de resistencia básica. La respiración debe ser más profunda y más rápida que en reposo, pero los nadadores no deben estar jadeando. Utilizando una escala de 1 a 20, los nadadores deben sentir que están nadando con un esfuerzo percibido de entre 12 y 14.

La sobrecarga progresiva

Aumentar el volumen diario y semanal del entrenamiento de resistencia básica es la manera más eficaz de asegurar una mejora continuada de la capacidad aeróbica. Para aumentar gradualmente la carga, los nadadores

pueden realizar repeticiones progresivamente más largas e incluir más natación del estilo completo y menos con sólo brazos o sólo piernas en las series de resistencia básica. Por supuesto se puede concentrar en sobrecargar los músculos implicados en nadar con sólo brazos o sólo piernas siguiendo el mismo procedimiento con las series de sólo brazos o sólo piernas.

Otros métodos para mantener una sobrecarga son nadar repeticiones de resistencia básica a una velocidad más rápida o descansar menos entre cada una de ellas. Los nadadores deben tener cuidado de no cambiar la naturaleza del efecto de entrenamiento cuando utilizan estos métodos. A lo largo del tiempo, la velocidad de la repetición o la falta de descanso podría producir una intensidad de entrenamiento que equivale o supera el umbral anaeróbico, lo que cambiaría los efectos del entrenamiento y ciertamente aumentaría el estrés del mismo.

Se puede determinar el momento en que hay que aplicar la sobrecarga adicional controlando el entrenamiento con uno o más de los métodos descritos anteriormente – midiendo las concentraciones de lactato sanguíneo, contando la frecuencia cardíaca, contando el ritmo respiratorio, o evaluando el esfuerzo percibido. Nadar más rápido o descansar menos está permitido siempre que el nadador quede dentro del rango de estrés deseado, es decir, con niveles de lactato sanguíneo que no superan los 3 mmol/l, frecuencias cardíacas que no superan 150 latidos o 30 latidos por debajo de la máxima, ritmos respiratorios que no son demasiado difíciles, o un esfuerzo percibido no mayor que 14.

Resumen de las directrices para elaborar series de resistencia básica

- **Volumen de la serie.** 600 m o yardas o 8 min y más. Recomiendo distancias y tiempos mínimos de 2.000 m o yardas y 15 min.

- **Intervalo de descanso.** De 5 a 10 s para las repeticiones más cortas, de 10 a 20 s para las distancias medias y de 20 a 60 s

para las distancias largas.

- **Distancia de la repetición.** Se puede utilizar cualquier distancia, pero recomiendo repeticiones de 200 m o yardas y tiempos de ejercicio de 2 min o más.

- **Velocidad de entrenamiento.** Suficiente para producir lactatos sanguíneos mayores de 1 mmol/l y menores de 3 mmol/l, más lenta que la correspondiente al umbral en 2 a 6 s para 100 m o yardas, frecuencia cardíaca en el rango de 120 a 150 lpm ó 30 a 60 lpm por debajo de la máxima, ritmos respiratorios más rápidos que los de reposo pero no difíciles, o una evaluación del esfuerzo percibido de 12 a 14 en una escala de 1 a 20.

El entrenamiento de resistencia al nivel del umbral

El entrenamiento de esta categoría se realiza a una velocidad que se aproxima al umbral anaeróbico individual del nadador.

Efectos del entrenamiento

Ciertos efectos del entrenamiento producidos por el entrenamiento de resistencia son similares a los producidos por el entrenamiento de resistencia básica. Por ejemplo, mejorar el reparto del oxígeno de los pulmones a los músculos debe aumentar la capacidad aeróbica.

Una de las diferencias más importantes entre el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y el entrenamiento de resistencia básica es que el primero amplía las adaptaciones que mejoran la utilización y el transporte

del lactato para incluir las fibras de contracción rápida. La velocidad aumentada del entrenamiento al nivel del umbral hace que las fibras del grupo de contracción rápida, particularmente las CRa, se recluten y empiecen a implicarse en el trabajo (Ivy *et al.*, 1987). Al mismo tiempo, el hecho de que la producción y la eliminación del ácido láctico estén equilibradas impide que haya una caída acusada del pH muscular, minimizando los daños musculares, y el estímulo es bastante grande para aumentar el número de capilares, la mioglobina y las mitocondrias, e incrementar el transporte del lactato desde los músculos.

El entrenamiento al nivel del umbral puede también mejorar algunos aspectos de la resistencia aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta más que el entrenamiento de resistencia básica porque la intensidad del entrenamiento al nivel del umbral hace que dichas fibras funcionen a los niveles más altos de consumo de oxígeno y eliminación de lactato que puedan mantener sin acumular grandes cantidades de ácido láctico en los músculos.

Los efectos del entrenamiento de resistencia al nivel del umbral

Principales

- Un mayor uso porcentual del $\dot{V}O_2$máx.
- Una mayor eliminación de lactato de los músculos y de la sangre.
- Un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares de contracción lenta y de contracción rápida.
- Un aumento de mioglobina y de mitocondrias en las fibras musculares de contracción lenta y de contracción rápida.

Secundarios

- Un aumento del volumen sistólico y del gasto cardíaco.
- Un aumento del volumen sanguíneo.
- Un aumento de los capilares pulmonares.
- Una mejor redistribución de la sangre.
- Una mayor provisión de oxígeno, especialmente en las fibras musculares de contracción rápida.

La planificación de la temporada

La natación es el mejor método para realizar el entrenamiento al nivel del umbral porque, además de mejorar la redistribución de la sangre, produce efectos de entrenamiento principalmente en y alrededor de las fibras musculares utilizadas en el entrenamiento. Se debe realizar un poco de entrenamiento al nivel del umbral en todas las fases de la temporada para que la capacidad aeróbica de las fibras de contracción rápida pueda mejorar a la vez que la de las fibras de contracción lenta. La cantidad de entrenamiento al nivel del umbral debe disminuir durante las últimas 3 ó 4 semanas antes de la puesta a punto para dar tiempo a las fibras CL y CRa para que readquieran una parte de la capacidad anaeróbica que puedan haber perdido a causa del entrenamiento de resistencia.

A la velocidad correspondiente al umbral, la fuente principal de energía para reciclar el ATP será el glucógeno muscular. Por lo tanto, los músculos activos perderán del 50% al 70% de la cantidad que tenían depositada cuando los nadadores terminen una serie de 1.500 m o más. Esta reducción será particularmente destacada en las fibras CRa. Una vez perdido este glucógeno, se necesitarán de 24 a 48 horas de una actividad reducida para reponer la mayor parte de él, según el contenido de hidratos de carbono de la dieta del

nadador. Por lo tanto, es evidente que el uso aumentado de glucógeno y el tiempo requerido para reponerlo no permitirá a los nadadores entrenarse al nivel del umbral sesión tras sesión sin agotar el glucógeno de sus músculos. Si tratan de nadar al nivel del umbral cuando los músculos tienen agotado su depósito de glucógeno, pueden sufrir la pérdida de tejido muscular, mioglobina y mitocondrias, haciendo que su potencia y su resistencia disminuyan en lugar de aumentar.

Por esta razón, los nadadores no deben intentar terminar las series al nivel del umbral cuando su depósito de glucógeno está muy reducido porque hacerlo fomentará un mayor uso de las proteínas del músculo que, a la larga, puede llevarles al sobreentrenamiento. Los nadadores sabrán que su depósito de glucógeno muscular está en un nivel bajo cuando tienen dificultades para nadar a la velocidad anterior correspondiente al umbral o cerca de ella. Cuando esto ocurre, se deben reducir el volumen de entrenamiento al nivel del umbral y de sobrecarga durante un día o dos para darles tiempo a reponer el glucógeno muscular.

Cada serie o dos de natación al nivel del umbral deben ser seguidas de 1 ó 1,5 días de entrenamiento que permita reponer el glucógeno muscular en las fibras que lo perdieron. Basándonos en lo que sabemos acerca del agotamiento y la reposición del glucógeno, los nadadores que se entrenan 12 veces por semana (dos veces por día, 6 días a la semana) no podrán esperar nadar series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral o más rápidamente durante más de cuatro o cinco de estas sesiones sin agotar seriamente su glucógeno muscular. Los nadadores que se entrenan una vez al día deberían probablemente limitar sus series de resistencia al nivel del umbral a tres o cuatro por semana por la misma razón.

Directrices para elaborar series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral

Se presentan a continuación sugerencias de distancias de series y repeticiones, intervalos de descanso y velocidades de entrenamiento para el

entrenamiento de resistencia al nivel del umbral.

El volumen de la serie. La distancia de las series de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral pueden variar de 500 a 4.000 m o yardas, aunque la distancia ideal está probablemente entre 2.000 y 4.000 m o yardas. El tiempo efectivo para realizar dichas series puede estar entre 6 y 45 min y la duración ideal está entre 20 y 45 min.

Aunque el entrenamiento cerca del nivel del umbral durante cortos períodos de tiempo ciertamente puede producir adaptaciones, las desventajas de las distancias y tiempos más cortos es que los nadadores tenderán a nadar considerablemente más rápido que la velocidad correspondiente al umbral simplemente porque pueden tolerar el aumento progresivo de la acidosis durante estos períodos cortos. En cambio, distancias y tiempos de series más largos hacen difícil nadar más rápidamente que la velocidad al nivel del umbral incluso para los nadadores altamente motivados. Nadar a la velocidad correspondiente al umbral normalmente causará tanto una pérdida rápida de glucógeno como una acumulación gradual de ácido láctico en los músculos. Por lo tanto, los nadadores no pueden mantener esta velocidad durante más de 20 a 40 min antes de fatigarse. Una velocidad mayor les haría fatigarse aún antes. Stegmann y Kindermann (1982) afirmaron que los nadadores no podían nadar continuamente a velocidades por encima de su umbral anaeróbico individual durante más de 30 min sin una reducción considerable de su velocidad. Mi experiencia ha sido que muchos nadadores orientados hacia las carreras de velocidad no pueden mantener la velocidad correspondiente al umbral más de 20 min sin que esto ocurra, aunque algunos fondistas pueden mantenerla durante 40 a 45 min. Los velocistas, como tienen un mayor porcentaje de fibras musculares de contracción rápida, probablemente producen más ácido láctico incluso a velocidad baja y, por lo tanto, no pueden mantener un equilibrio entre la producción del lactato y su eliminación como los fondistas. Los fondistas probablemente pueden nadar a la velocidad correspondiente al umbral durante un mayor tiempo porque tienen un gran porcentaje de fibras musculares de contracción lenta. Estas fibras producen menos ácido láctico a cualquier velocidad submáxima, así que están mejor equipadas para mantener el equilibrio entre la producción del ácido láctico y su eliminación durante un mayor tiempo.

Distancia de la repetición. Se pueden realizar las repeticiones de resistencia al nivel del umbral como una sola repetición larga o como series de repeticiones con intervalos de descanso muy cortos. Al igual que las repeticiones de resistencia básica, las repeticiones al nivel del umbral de cualquier distancia, incluso 25 m o yardas, deben producir las adaptaciones de entrenamiento deseadas si el período de descanso es bastante corto para que el ritmo metabólico no disminuya perceptiblemente entre las repeticiones. No obstante, se recomiendan distancias de repetición de 200 m o yardas o más para el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral por las mismas razones que las mencionadas con respecto al entrenamiento de resistencia básica. Las repeticiones más cortas posibilitan nadar más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral a causa de los frecuentes períodos de descanso. Este enfoque fomenta un mayor metabolismo anaeróbico y un menor metabolismo aeróbico, con lo que se reduce un poco el efecto del entrenamiento.

El intervalo de descanso. Se aplica el mismo consejo dado para los intervalos de descanso en cuanto al entrenamiento de resistencia básica al entrenamiento de resistencia al nivel del umbral. Los intervalos de descanso no deben ser mayores de 5 a 10 s en repeticiones de 25 a 50 m o yardas y pueden ser ligeramente mayores al aumentarse la distancia de la repetición. Intervalos de descanso de 15 a 30 s deben probablemente ser los máximos para cualquier distancia de repetición simplemente porque períodos de descanso más cortos permiten un mayor tiempo para el entrenamiento. Sin embargo, intervalos de descanso más largos no deben disminuir el efecto de entrenamiento en repeticiones de 500 m o yardas o más, porque cada repetición de por sí es bastante para producir un efecto de entrenamiento. De todas formas, no recomiendo largos intervalos de descanso porque, con un tiempo adicional de recuperación, los nadadores nadan más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral durante toda la serie, causando probablemente un uso mayor de glucógeno y una acidosis no deseada.

La velocidad del entrenamiento. Se pueden utilizar varios métodos para estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico para cada nadador concreto. El método más exacto es el análisis del lactato sanguíneo para escoger y controlar la velocidad de natación para el entrenamiento de

resistencia al nivel del umbral. Dicha velocidad producirá niveles de ácido láctico sanguíneo de 3 a 5 mmol/l en la mayoría de los nadadores, aunque algunos velocistas pueden ser capaces de nadar con concentraciones de lactato sanguíneo de entre 5 y 7 mmol/l y mantener un equilibrio entre la tasa de aparición y desaparición de éste en la sangre. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, un nadador no tiene que entrenarse exactamente al nivel de su umbral anaeróbico individual. Entrenarse a una velocidad que se aproxima a este valor debe producir resultados que son igualmente beneficiosos.

Existen varios métodos que no necesitan los análisis de sangre para estimar el umbral anaeróbico de un nadador concreto. Algunos son bastante fiables, pero otros son imprecisos. El capítulo dedicado al seguimiento del entrenamiento presentará una revisión de dichos métodos.

Se pueden utilizar la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido para controlar el entrenamiento al nivel del umbral, aunque estos métodos presentan un mayor margen de error. En general, una frecuencia cardíaca de entre 10 y 20 latidos por debajo de la frecuencia máxima del nadador corresponde a un entrenamiento cercano al nivel del umbral. Sin embargo, entrenarse tan cerca de la frecuencia cardíaca máxima puede hacer que algunos nadadores, especialmente los velocistas, se entrenen muy por encima de la velocidad correspondiente al umbral. El capítulo dedicado al seguimiento del entrenamiento también presentará los procedimientos que utilizan la frecuencia cardíaca para controlar la velocidad del entrenamiento.

Esfuerzos percibidos de 15 a 16 en una escala de 1 a 20 indican normalmente una velocidad de entrenamiento correspondiente al umbral. Para obtener una mayor exactitud, los nadadores deben aprender cómo se siente un nivel de 15 a 18 antes de utilizar el esfuerzo percibido para indicar una velocidad de entrenamiento correspondiente al umbral. La idea es identificar la sensación del esfuerzo que acompaña nadar al nivel del umbral. Para lograrlo se debe determinar la velocidad correspondiente al umbral con un procedimiento más exacto, tal como el análisis de sangre o una de las pruebas que se describen más adelante, y luego el nadador debe aprender a asociar esta velocidad con un nivel particular de esfuerzo percibido. Debería mencionar que un esfuerzo percibido de 15 ó 16 se refiere a la sensación de

esfuerzo al nivel del umbral que los nadadores deben experimentar en medio de la serie, no cerca del principio ni del final. El esfuerzo parecerá más fácil al principio de la serie, y representará un esfuerzo máximo más tarde si la serie es larga (25 min o más) con un descanso corto.

Finalmente, el procedimiento más sencillo para asegurarse de que los nadadores naden cerca de la velocidad correspondiente al umbral es elaborar una serie de repeticiones de forma que no puedan nadar más rápidamente incluso con un esfuerzo máximo. Una serie que requiere 20 min o más para terminarla con intervalos de descanso muy cortos logrará este fin. Los nadadores no podrán nadar más rápidamente de la velocidad correspondiente al umbral durante la mayor parte de la serie por las razones presentadas anteriormente. Si nadan demasiado deprisa, el agotamiento del glucógeno y la acidosis les obligará a reducir su velocidad. El único error que los nadadores pueden cometer es nadar demasiado lentamente en una serie larga de repeticiones. Pero si los nadadores están motivados para nadarla a la velocidad media lo más rápido posible y mantienen esta velocidad a lo largo de toda la serie, la mayoría de ellos estarán nadando a una velocidad cercana a la correspondiente a su umbral anaeróbico individual, ni más lenta ni más rápida. La tabla 13.1 proporciona algunos ejemplos de series que podrían animar a los nadadores a nadar a una velocidad cercana a la correspondiente al umbral.

La sobrecarga progresiva

El objetivo del entrenamiento al nivel del umbral es aumentar la velocidad de natación gradualmente de manera que los nadadores puedan mantener un equilibrio entre la producción y la eliminación del ácido láctico. La velocidad de natación en la que se sitúe el umbral anaeróbico indica que están teniendo lugar adaptaciones que permitirán a los nadadores utilizar más oxígeno y eliminar más ácido láctico durante sus carreras.

Los métodos normales de aplicar una sobrecarga –aumentar el volumen, aumentar la velocidad y reducir el descanso– no funcionan bien con la

natación correspondiente al umbral. Los nadadores pueden nadar más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral pero sólo con cantidades cada vez mayores de energía proporcionada por el metabolismo anaeróbico. Esta circunstancia anula el propósito de las series al nivel del umbral porque cambia el efecto del entrenamiento de forma que en lugar de hacer hincapié en un mayor consumo de oxígeno y mejor eliminación de lactato lo hace en una mejor capacidad amortiguadora. Por consiguiente, no debe intentarse una sobrecarga progresiva obligando a los nadadores a realizar las series al nivel del umbral más rápidamente o realizar series más largas a la misma velocidad. Los entrenadores deben esperar hasta que los nadadores muestren indicios de poder nadar dichas series más rápidamente antes de pedirles que lo hagan. Si no hay análisis de sangre, los tres mejores métodos para evaluar cuándo es el momento de aumentar la velocidad de entrenamiento, reducir el descanso o aumentar el volumen de la serie son controlar la velocidad correspondiente al umbral con series de prueba, registrar la frecuencia cardíaca o medir el esfuerzo percibido.

Tabla 13.1. Series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral

20-40 × 100 con aproximadamente 10 s de descanso cada 100
10-20 × 200 con aproximadamente 10 s de descanso cada 200
5-10 × 400 con aproximadamente 10 15 s de descanso cada 400
3-4 × 800 con aproximadamente 30 s de descanso cada 800
5 × 200/10 s + 3 × 300/15 s + 2 × 400/20
Estas series están diseñadas para nadadores de entre 13 y 30 años. Los intervalos de descanso sugeridos son aproximados porque se comprende que, para poderlos aplicar, se elaboran la mayoría de las series de natación con tiempos de salida que proporcionan intervalos de descanso algo diferentes según la velocidad de natación.

Cualquiera de las series de repeticiones utilizadas en los ejemplos

anteriores podrían utilizarse como una serie de prueba. Como alternativa, los entrenadores podrían desarrollar una por su cuenta utilizando las directrices. Los nadadores deben repetir esta serie cada 2 a 4 semanas. Su velocidad correspondiente al umbral habrá mejorado cuando puedan nadar la serie entera a una velocidad media mayor. No se debe aumentar el intervalo de descanso para fomentar una mejora porque un descanso más largo simplemente permitirá una mayor recuperación de la acidosis entre las repeticiones, posibilitando así que los nadadores proporcionen más energía anaeróbica y menos energía aeróbica durante la serie.

Otro método para determinar cuándo hay que aplicar una sobrecarga adicional es medir la frecuencia cardíaca durante las series al nivel del umbral.

Cuando los nadadores puedan realizar estas series a la misma velocidad media continuamente con una frecuencia cardíaca más baja, probablemente habrán mejorado su umbral anaeróbico. Finalmente, cuando los nadadores puedan nadar una serie de resistencia al nivel del umbral a la misma velocidad con una sensación de menor esfuerzo, su umbral probablemente habrá mejorado. Cuando ocurre cualquiera de estos dos cambios, entonces los nadadores pueden nadar series al nivel del umbral a una nueva velocidad más rápida, que produzca una frecuencia cardíaca que, de nuevo, esté entre los 10 a 20 latidos de la máxima o a una en la que perciban el esfuerzo en el rango de 15 a 16.

Resumen de las directrices para elaborar series de resistencia al nivel del umbral

- **Distancia de la serie.** 500 m o yardas o 6 min y más. Recomiendo distancias de las series de 2.000 a 4.000 m o yardas o duraciones de 20 a 45 min.

- **Distancia de la repetición.** Se puede utilizar cualquier distancia, pero recomiendo repeticiones de 200 m o yardas y tiempos de ejercicio de 2 min y más.

- **Intervalo de descanso.** De 5 a 10 s para las repeticiones cortas, de 10 a 20 s para distancias medias y de 20 a 60 s para repeticiones largas.

- **Velocidad de entrenamiento.** Suficiente para producir niveles de lactato sanguíneo de 3-5 mmol/l, una frecuencia cardíaca de 10 a 20 latidos por debajo de la máxima o esfuerzos percibidos en el rango de 15 a 16 en una escala de 1 a 20.

El entrenamiento de resistencia con sobrecarga

El entrenamiento de resistencia con sobrecarga debe realizarse a velocidades que superen las correspondientes al umbral anaeróbico. Este tipo de entrenamiento es altamente anaeróbico y produce niveles elevados de acidosis.

Efectos de entrenamiento

Lo que acabo de decir sobre la naturaleza anaeróbica del entrenamiento de resistencia con sobrecarga puede provocar la pregunta de por qué está incluido en la categoría del entrenamiento de resistencia. Lo sitúo en esta categoría porque nadar largas distancias o series largas de repeticiones con un corto descanso a una velocidad que es mayor que la correspondiente al umbral anaeróbico aumentará las tasas de uso del oxígeno y de eliminación de lactato de las fibras CRb y causará mejoras similares en las de contracción lenta y las CRa. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga también aumentará la capacidad amortiguadora de las tres categorías de fibras musculares.

Treffene y sus colaboradores (1980) encontraron que la tasa máxima de

eliminación de lactato de los músculos hacia la sangre ocurría a velocidades de natación que eran desde un 6% hasta un 14% más rápidas que la velocidad correspondiente al umbral. Este resultado probablemente se produjo a causa de la eliminación adicional de lactato de las fibras CRb y las CRa con un umbral alto una vez que éstas empezasen a contraerse.

Evidentemente, los nadadores deben realizar algún entrenamiento de resistencia a una velocidad que supere la correspondiente al umbral anaeróbico para aumentar las tasas de capacidad aeróbica y la eliminación de lactato de las fibras CRb y las CRa con umbral alto.

Finalmente, el estímulo para aumentar la capacidad amortiguadora de las tres categorías de fibras musculares es la acidosis.

Los nadadores pueden crear esta condición solamente nadando a velocidades en las que la acumulación de ácido láctico en los músculos es más rápida que su eliminación. Por consiguiente, el entrenamiento a la velocidad correspondiente a la resistencia con sobrecarga debe mejorar la capacidad amortiguadora de los músculos mejor que nadar a una velocidad menor.

Los efectos del entrenamiento de resistencia con sobrecarga

- Un aumento del consumo máximo de oxígeno de todas las fibras musculares entrenadas, incluyendo las CRb.
- Un aumento del número de capilares alrededor de las fibras musculares entrenadas incluyendo las CRb.
- Un aumento de las cantidades de mioglobina y mitocondrias en todas las fibras musculares entrenadas incluyendo las CRb.
- Un aumento de la tasa de eliminación del lactato de todas las

fibras musculares entrenadas incluyendo las CRb.

- Un aumento de la capacidad amortiguadora de las tres categorías de fibras musculares.

La planificación de la temporada

Al igual que el entrenamiento al nivel del umbral, la natación es el mejor método para el entrenamiento de resistencia con sobrecarga porque es la única manera de asegurarse de que se están entrenando en la sesión de entrenamiento las mismas fibras musculares que las que se utilizan en la competición. Los nadadores deben realizar un poco de entrenamiento de resistencia con sobrecarga durante todas las fases de la temporada para que pueda mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb a la vez que la de los otros tipos de fibras. Sin embargo, no se debe hacer hincapié en el entrenamiento de resistencia con sobrecarga hasta que los nadadores hayan mejorado de forma significativa su capacidad aeróbica con el entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral. Este trabajo debe tener lugar entre 4 y 6 semanas antes de las competiciones más importantes de forma que los nadadores tengan tiempo suficiente para que se produzcan las adaptaciones de entrenamiento deseadas antes de que compitan. El volumen del entrenamiento de resistencia con sobrecarga debe disminuir durante las últimas 3 a 4 semanas antes de la puesta a punto para dar tiempo a las fibras musculares CRb para readquirir una parte de su capacidad anaeróbica que puedan haber perdido durante el tiempo que se estaban entrenando aeróbicamente.

El entrenamiento de resistencia con sobrecarga puede agotar la provisión de glucógeno de los músculos tan rápidamente como el entrenamiento al nivel del umbral, quizás aún más rápidamente a causa del mayor uso de las fibras CRb. Un problema adicional es el daño muscular que puede haber causado la acidosis intensa del entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Por consiguiente, después de una o dos series consecutivas de entrenamiento

de resistencia con sobrecarga, debe seguir de 1,5 a 3 días de entrenamiento más fácil para permitir la reposición del glucógeno muscular en las fibras y la reparación del tejido muscular. Por esta razón, los nadadores deben planificar sólo una o dos series principales de resistencia con sobrecarga durante cada semana de entrenamiento, aunque pueden nadar a la velocidad de sobrecarga durante períodos cortos varias veces cada semana. Por ejemplo, pueden nadar las últimas repeticiones de algunas series de resistencia básica y al nivel del umbral varias veces durante cada semana.

Debe tenerse en cuenta también el número de series de resistencia al nivel del umbral y de tolerancia al lactato (descritas en el próximo capítulo) planificado cada semana cuando se determina el número y la colocación de las series de sobrecarga. Como se mencionó anteriormente, las series al nivel del umbral también reducen el glucógeno muscular de manera significativa. Los nadadores no tendrían tiempo suficiente para reponer este glucógeno si nadasen una o dos series de sobrecarga por semana además de tres o cuatro series al nivel del umbral. En lugar de esto, las series con sobrecarga deben reemplazar una o más de estas series al nivel del umbral.

Las series de tolerancia al lactato también causan la acidosis y daños a los tejidos, y por lo tanto no deben programarse durante el tiempo en el que se supone que el nadador está recuperándose de una serie con sobrecarga o además del número máximo semanal de series con sobrecarga.

Directrices para elaborar series de repeticiones de resistencia con sobrecarga

Se pueden utilizar las siguientes directrices cuando se elaboran series de repeticiones de resistencia con sobrecarga.

El volumen de la serie. Mi experiencia es que la distancia o volumen mínimo de series de repeticiones de resistencia con sobrecarga que producirán un efecto razonable de entrenamiento es 500 m o yardas o 6 min. La distancia y

tiempo máximos son probablemente alrededor de 1.200 a 2.000 m o yardas o 15 a 20 min. Varios investigadores han presentado opiniones similares (Madsen y Lohberg, 1987; Stegmann y Kindermann, 1982).

Al igual que las series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral, los fondistas suelen poder nadar algo por encima del umbral antes de que la acidosis cause una reducción importante de la velocidad de natación. Los mediofondistas y los velocistas generalmente experimentarán una mayor reducción del pH muscular en menos tiempo cuando nadan más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral.

La distancia de la repetición. Los nadadores también pueden realizar las repeticiones de resistencia con sobrecarga con distancias de 1.000 ó 2.000 m o yardas sin pausa o como series de repeticiones con intervalos de descanso muy cortos. Las repeticiones de cualquier distancia producirán las adaptaciones de entrenamiento deseadas siempre que el esfuerzo sea máximo o cercano al máximo y el intervalo de descanso sea relativamente corto. Nadar demasiado rápido en estas series no es un problema. Por lo tanto, las distancias cortas por repetición son probablemente tan eficaces como las más largas para mejorar la resistencia de todos los tipos de fibra muscular.

El intervalo de descanso. Los intervalos de descanso pueden ser similares a los recomendados para el entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral. Podrían ser un poco más largos o ultracortos sin perturbar el efecto de entrenamiento. Aumentar el intervalo de descanso a 20 ó 30 s con repeticiones más cortas y a entre 30 s y unos pocos minutos con repeticiones más largas no cambiará el efecto del entrenamiento porque los nadadores estarán nadando a una mayor tasa de esfuerzo. Por consiguiente, necesitarán más tiempo para recuperarse al mismo nivel que el que habrían alcanzado con un descanso más corto cuando nadaban más despacio. Aumentar el intervalo de descanso puede incluso incrementar el efecto del entrenamiento en algunos tipos de series de repeticiones porque con ligeramente más tiempo para eliminar el ácido láctico de los músculos durante el intervalo de descanso los nadadores podrán realizar series un poco más largas a una velocidad media mayor antes de que la acidosis les obligue a parar.

Pueden utilizarse intervalos de descanso ultracortos durante estas series para ayudar a los nadadores a simular la natación continua a la velocidad competitiva o cercana a ella durante períodos más largos. Nadar una serie de repeticiones de un total de 1.000 ó 2.000 m o yardas con el tiempo de salida más corto que puede realizar el nadador es una de las maneras más motivadoras y eficaces de realizar el entrenamiento de resistencia con sobrecarga.

La velocidad de entrenamiento. No es necesario medir las concentraciones de lactato sanguíneo cuando se controla el entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Cuando realizan estas series a la velocidad apropiada, la mayoría de los nadadores tendrán unas concentraciones de lactato sanguíneo desde 6 mmol/l hasta lo que sea su concentración máxima particular.

Mi experiencia es que nadar unos tiempos más rápidos en 2 a 3 s por 100 m o yardas que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico particular del nadador es adecuado para reclutar y entrenar las fibras musculares CRb. La investigación no ha determinado si nadar más rápidamente es aún más eficaz, aunque existen indicios de que sí lo es.

Las frecuencias cardíacas deben ser máximas durante las series de resistencia con sobrecarga, y el esfuerzo percibido debe ser de 17 a 20 en una escala de 20 puntos. En la tabla 13.2 se presentan ejemplos de series de repeticiones que deben animar a los nadadores a nadar a velocidades de resistencia con sobrecarga.

La sobrecarga progresiva

En contraste con los métodos utilizados para el entrenamiento al nivel del umbral, los métodos normales para sobrecargar, aumentar el volumen, aumentar la velocidad y reducir el descanso funcionan bien para aplicar la sobrecarga progresiva al entrenamiento de resistencia. Cuando los nadadores pueden nadar más rápidamente durante una de estas series, están mejorando y

es el momento de aplicar una sobrecarga de alguna manera. Los entrenadores deben establecer una serie de prueba para evaluar si han ocurrido estas mejoras. Cualquiera de las series presentadas en la tabla 13.2 servirá para este fin.

También se ha utilizado el análisis de sangre para controlar las mejoras que resultan del entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Los expertos han comparado las velocidades que producen concentraciones de lactato sanguíneo de entre 6 y 10 mmol/l para este fin porque estos valores están por encima del umbral anaeróbico de la mayoría de los deportistas.

Tabla 13.2. Series de repeticiones de resistencia con sobrecarga

20-40 × 50 con aproximadamente 15 s de descanso cada 50
15-20 × 100 con aproximadamente 10 30 s de descanso cada 100
6-10 × 200 con aproximadamente 10 30 s de descanso cada 200
3-5 × 400 con aproximadamente 15 s a 1 min de descanso cada 400
2 × 300/30 s de descanso, 3 × 200/30 s de descanso, 5 x 100/30 s de descanso
10 a 20 × 100 con el tiempo de salida más corto posible

Controlar la frecuencia cardíaca y el esfuerzo percibido no será efectivo para determinar las mejoras provocadas por el entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Los nadadores deben alcanzar su frecuencia cardíaca máxima cuando realizan estas series, y deben experimentar los niveles máximos de esfuerzo percibido, aunque su frecuencia cardíaca y particularmente su sensación de esfuerzo puede disminuir un poco en series normalizadas de sobrecarga cuando mejoran. Sin embargo, es mucho más fácil desde el punto de vista administrativo evaluar dichas mejoras aumentando la velocidad.

Resumen de las directrices para elaborar series de resistencia con sobrecarga

- **Distancia de la serie.** 500 m o yardas o 6 min y más. Recomiendo distancias de las series de 1.200 a 2.000 m o yardas o duraciones de 15 a 20 min.

- **Distancia de la repetición.** Se puede utilizar cualquier distancia hasta 2.000 m o yardas con eficacia.

- **Intervalo de descanso.** De 5 a 30 s para las repeticiones cortas, de 15 a 60 s para distancias medias y de 30 s a 2 min para repeticiones más largas.

- **Velocidad de entrenamiento.** Más rápida que la velocidad correspondiente al umbral. Un tiempo de 1 a 2 s más rápido que la velocidad correspondiente al umbral por 100 m o yardas normalmente indica que se están activando las fibras CRb. La frecuencia cardíaca debe ser máxima, y el esfuerzo percibido debe ser de 18 a 20 en una escala de 1 a 20.

Los efectos perjudiciales de nadar por encima de la velocidad correspondiente al umbral demasiado a menudo

He intentado explicar por qué es necesario hacer algunos entrenamientos muy rápidos para mejorar la resistencia aeróbica a un nivel máximo. Sin embargo, si se hace demasiado a menudo, puede producir el efecto contrario. Los resultados de varios estudios sugieren que, de hecho, los nadadores pueden perder resistencia nadando a velocidades por encima de la correspondiente al umbral con demasiada frecuencia en los entrenamientos.

Madsen y Olbrecht (1983) afirmaron que los nadadores que se entrenaban a velocidades que producían concentraciones de lactato sanguíneo cercanos a los 6 mmol/l (que probablemente estaban por encima del umbral anaeróbico de la mayoría de los nadadores) revelaron deterioros de su rendimiento en mediciones de resistencia aeróbica. Hollmann y colaboradores (1981) afirmaron que los sujetos que se entrenaron durante 6 semanas con un nivel de lactato sanguíneo por encima de los 4 mmol/l, que también está por encima del umbral anaeróbico para la mayoría de los deportistas, no mejoraron su resistencia aeróbica. Heck *et al.* (1985) encontraron resultados similares cuando los sujetos se entrenaron durante 20 semanas a velocidades por encima de las que producían niveles de lactato sanguíneo de 4 mmol/l.

En otro estudio diseñado para investigar los efectos del entrenamiento por encima del umbral anaeróbico, Gabriel y colaboradores (1998) encontraron que los sujetos "sufrieron los síntomas típicos del sobreentrenamiento" después de sólo 4 semanas de entrenamiento a velocidades por encima de las que correspondían a su umbral anaeróbico. Además, su rendimiento disminuyó un 3% en una prueba de esfuerzo máximo de 60 s y un 14% en una prueba del tiempo hasta el agotamiento a una velocidad equivalente al 110% del umbral anaeróbico de cada sujeto. Urhausen y colaboradores (1998) también encontraron disminuciones del rendimiento después de 4 semanas de entrenamiento por encima del umbral anaeróbico. Además, revelaron que entrenarse por encima del nivel del umbral anaeróbico causó una reducción significativa de un 20% a un 42% de la secreción de ciertas hormonas, incluyendo adrenalina, noradrenalina y la hormona del crecimiento. Mikesell y Dudley (1984) también afirmaron que los corredores que realizaron su entrenamiento de resistencia a velocidades altas perdieron capacidad aeróbica.

Existen cuatro razones que explican por qué la capacidad aeróbica puede deteriorarse si los deportistas se entrenan por encima del umbral anaeróbico con demasiada frecuencia. Primero, el entrenamiento intenso reduce la cantidad de trabajo de resistencia que un deportista pueda realizar. Cuando los nadadores realizan series de entrenamiento por encima del nivel del umbral anaeróbico, ocurre un aumento gradual del lactato muscular que reduce el pH y causa fatiga después de 10 a 20 minutos. Después de fatigarse, los nadadores probablemente necesitarán de 10 a 30 minutos de natación fácil

antes de que se normalice el pH muscular y puedan ejecutar otra serie intensa de repeticiones (Hermansen y Osnes, 1972). De manera que los nadadores pasan una pequeña cantidad de tiempo nadando deprisa y una gran cantidad de tiempo nadando a niveles de recuperación que son demasiado lentos para mejorar la capacidad aeróbica. Las velocidades lentas son normalmente inadecuadas para sobrecargar el metabolismo aeróbico, y los nadadores no pueden mantener repeticiones rápidas bastante tiempo para sobrecargar el metabolismo aeróbico adecuadamente.

La segunda razón por la que entrenar frecuentemente a velocidades más altas que la correspondiente al umbral anaeróbico puede ser perjudicial se relaciona con el efecto sobre las fibras de contracción lenta. Como describí anteriormente, la evidencia sugiere que nadar más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral puede disminuir algunos aspectos de la capacidad aeróbica en las fibras de contracción lenta a la vez que mejora la capacidad aeróbica de las fibras de contracción rápida. Este hallazgo refuerza la importancia de entrenarse a velocidades tanto más lentas como más rápidas que la velocidad correspondiente al umbral. Entrenarse de esta forma puede aumentar la capacidad aeróbica de todos los tipos de fibras musculares.

Una tercera razón puede ser el efecto de entrenarse con bajos niveles de glucógeno muscular. Una o dos series de repeticiones nadadas cerca de la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico o más rápidamente disminuirá el glucógeno muscular de forma considerable. Si los nadadores tratan de ir rápido en las sesiones siguientes de entrenamiento antes de reponer el glucógeno muscular, quemarán cantidades significativamente mayores de proteínas para obtener energía, utilizando su propio tejido muscular para obtener energía. Los músculos perderán algunas mitocondrias que proporcionan resistencia y algunas proteínas estructurales que les dan fuerza y potencia. Cuando dicha pérdida llegue a ser importante, descenderá el rendimiento.

La cuarta razón se relaciona con el desgaste de los sistemas endocrino e inmune y los efectos potencialmente dañinos de una acidosis intensa y frecuente en los músculos. Varios estudios han demostrado una reducción de la secreción de ciertas hormonas, principalmente la hormona del crecimiento humano y las hormonas de las glándulas adrenales implicadas en la reacción

de lucha o huida –cortisol, adrenalina y noradrenalina– cuando los deportistas se sobreentrenan. Las hormonas adrenales están involucradas en la reacción de lucha o huida que prepara el cuerpo para un esfuerzo. Entrenarse por encima de la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico inicialmente causa un aumento de la secreción de estas y otras hormonas. Sin embargo, con el tiempo disminuye la tasa de secreción. Estas reducciones de la secreción se acompañan generalmente de síntomas de sobreentrenamiento, incluyendo un menor rendimiento, pérdida de peso, falta de interés y menor motivación. Dado que la hormona del crecimiento estimula el crecimiento de los tejidos y las hormonas adrenales facilitan la liberación de energía del glucógeno y de las grasas, su supresión puede causar una inversión de las adaptaciones de entrenamiento y una disminución del rendimiento. Una reducción de las hormonas adrenales también dificultará la realización de esfuerzos máximos en el entrenamiento y la competición.

La experiencia y la evidencia disponible sugieren que los nadadores no deben nadar a la velocidad correspondiente al umbral y más rápido con demasiada frecuencia. Deben asegurarse de que proporcionen tiempo suficiente para reponer el glucógeno utilizado por los músculos para obtener energía durante estas series, reparar el daño causado a los músculos y reponer las hormonas que utilizaron.

¿Deben los nadadores competir entre sí durante el entrenamiento de resistencia?

El concepto de que ciertos tipos de entrenamiento de resistencia deben realizarse a velocidad óptima en lugar de máxima es difícil de aceptar para algunos entrenadores y nadadores porque va en contra de la naturaleza competitiva del deporte. Muchos de nosotros crecimos creyendo que el éxito era el resultado de esforzarnos para nadar más rápido durante todas las fases de nuestro entrenamiento. Nos animaron a competir contra nuestros compañeros de equipo en las sesiones de entrenamiento y a tratar de vencer al máximo número posible de ellos. Aunque este enfoque era bueno para algunos aspectos del proceso de entrenamiento, puede ser perjudicial para

otros, particularmente el entrenamiento de resistencia. Los nadadores pueden y deben realizar el entrenamiento de resistencia con sobrecarga al nivel máximo de esfuerzo. Competir contra los compañeros de equipo puede mejorar este esfuerzo. Sin embargo, el entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral no deben realizarse de forma similar.

Competir contra compañeros de equipo más rápidos durante las repeticiones de resistencia básica y de resistencia al nivel del umbral simplemente hace que los nadadores más lentos se entrenen dentro o más allá de sus zonas de resistencia con sobrecarga, donde experimentarán una acidosis intensa con demasiada frecuencia. Como se ha mencionado varias veces anteriormente, la capacidad aeróbica de las fibras de contracción lenta mejora más eficazmente entrenándose a las velocidades óptimas, no máximas.

Los nadadores no deben preocuparse por competir contra sus compañeros de equipo durante las series de repeticiones de resistencia básica y al nivel del umbral. Su objetivo debe ser nadar dentro del rango de velocidades óptimas que sobrecarguen varios aspectos de la capacidad aeróbica sin producir una acidosis intensa. Deben nadar a estas velocidades distancias progresivamente mayores o nadar con descansos progresivamente menores entre las repeticiones. Deben aumentar su velocidad de entrenamiento en estas dos categorías de entrenamiento de resistencia sólo cuando alguna forma de autoseguimiento indique que están físicamente preparados para hacerlo.

Los observadores no especializados pueden dudar de la sabiduría de este consejo. Los nadadores que compiten en el entrenamiento, incluso cuando se supone que deben nadar a las velocidades correspondientes a la resistencia básica y al nivel del umbral, por lo general mejorarán bastante rápidamente durante las primeras 4 a 6 semanas. Estas mejoras iniciales pueden limitar su rendimiento potencial más adelante en la temporada. Los nadadores que no establecen primero una buena base para la resistencia aeróbica con un entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral nadando a la velocidad óptima limitarán su capacidad para realizar volúmenes suficientes de entrenamiento rápido de resistencia más tarde. Finalmente, sufrirá su rendimiento en las pruebas de mediofondo y fondo.

Dicho esto, quiero reiterar que los nadadores deben nadar rápidamente y competir contra sus compañeros de equipo durante el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y todas las formas de entrenamiento de velocidad. Entrenarse de esta forma mejorará no sólo la resistencia de las fibras de contracción rápida y la capacidad amortiguadora de todas las fibras, sino que también fomentará su espíritu competitivo. Este espíritu es esencial para mejorar el rendimiento, y debe fomentarse en aquellos aspectos del entrenamiento en los que su expresión no perturbará los objetivos de entrenamiento del nadador.

Tipos especiales de entrenamiento de resistencia

En esta sección me gustaría presentar la utilidad de diferentes tipos de entrenamiento de la resistencia que se utilizan comúnmente. El primero es el *entrenamiento de tipo maratón y* fartlek. Esta categoría realmente abarca dos tipos de entrenamiento. Sin embargo, son similares en su efecto y administración, de forma que los he combinado en una categoría.

El entrenamiento de tipo maratón y *fartlek*

Nadar tipo maratón y *fartlek* son métodos de entrenamiento que implican nadar continuamente durante largos períodos de tiempo. La diferencia principal entre los dos métodos es que el ritmo de natación en el entrenamiento tipo maratón es constante, mientras en el del *fartlek* los nadadores pueden variarlo de varias maneras, alternando la velocidad de natación, alternando los estilos de natación y alternando natación del estilo completo con sólo piernas y sólo brazos. *Fartlek* es un término sueco que significa “juego de velocidades”.

Los nadadores raramente utilizan cualquiera de los dos métodos. La natación por intervalos es el tipo principal de entrenamiento utilizado en nuestro deporte, pero algunos expertos creen que se emplea demasiado y que los nadadores deben realizar más distancias largas y de forma continua. Razonan que nadar largas distancias sin descansos periódicos puede ser un método más eficaz para mejorar la capacidad aeróbica. Se basan en el hecho de que los corredores de fondo utilizan largas carreras continuas de tipo maratón o *fartlek* durante gran parte de su entrenamiento.

Una de las razones que se da para utilizar distancias largas y continuas de natación es que los nadadores pueden estresar su sistema aeróbico más eficazmente con menos interferencia de la acidosis. Tomando descansos frecuentes, los nadadores pueden nadar cada segmento de una serie de repeticiones más rápidamente que si nadasen la distancia total de forma continua. Por consiguiente, los nadadores motivados suelen nadar a un ritmo que supera su capacidad aeróbica simplemente porque los intervalos periódicos de descanso les permiten una recuperación parcial de la acidosis. Con el entrenamiento de tipo maratón, la mayoría de las mejoras de la capacidad aeróbica tendrán lugar solamente en los sistemas respiratorio y circulatorio y en las fibras de contracción lenta. Sin embargo, los nadadores pueden superar esta limitación simplemente nadando la última parte de las distancias largas a una velocidad rápida. Se obligará a las fibras de contracción rápida a contraerse, mejorando así su tasa de utilización de oxígeno y eliminación de ácido láctico. Las fibras musculares de contracción rápida recibirán un efecto de entrenamiento similar durante la parte rápida del entrenamiento de *fartlek*.

En desacuerdo con esto, los que proponen el entrenamiento por intervalos creen que la capacidad de nadar una distancia a una velocidad media más alta dividiéndola en segmentos con intervalos cortos de descanso después de cada repetición proporciona un mayor estímulo de entrenamiento. También señalan el hecho de que el entrenamiento de la natación es diferente del entrenamiento de la carrera porque los nadadores se aíslan y se aburren más fácilmente durante un entrenamiento largo y continuo. Pierden el contacto con sus compañeros de equipo y con su entorno, mientras que los corredores pueden conversar y disfrutar del cambio de paisaje en las carreras largas.

Estoy de acuerdo con los expertos que creen que nadar largas distancias de forma continua puede proporcionar un vehículo eficaz para mejorar la capacidad aeróbica. Sin embargo, dados el aislamiento y el aburrimiento que experimentan los nadadores, deben utilizar otros métodos para estos fines. No obstante, nadar largas distancias de forma continua de tipo maratón o *fartlek* probablemente debe desempeñar un papel más importante en los programas de entrenamiento de los mediofondistas y fondistas. El entrenamiento por intervalos sigue siendo el mejor procedimiento para mejorar la resistencia a causa de la velocidad adicional de cada segmento de la distancia total y porque los nadadores se motivan con la retroalimentación inmediata de ver sus tiempos periódicamente durante la serie.

La natación de tipo maratón o *fartlek* debe durar un mínimo de 15 min, aunque es preferible que dure 30 min o más. Los nadadores deben nadar el tipo maratón a un ritmo moderado cuando el objetivo es mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción lenta mientras se fomenta la reposición del glucógeno y la reparación de los tejidos en las fibras de contracción rápida. Se deben nadar los últimos 300 a 800 m de estas distancias a una velocidad muy rápida cuando el objetivo es mejorar la resistencia de todos los tipos de fibras.

Los nadadores deben nadar las distancias de tipo *fartlek* con una gran diferencia entre los segmentos rápidos y lentos cuando el objetivo es mejorar la resistencia tanto de las fibras de contracción lenta como de las de contracción rápida. Los segmentos rápidos deben ser lo bastante largos para estimular el consumo de oxígeno hasta niveles casi máximos, y los segmentos lentos deben ser suficientemente lentos para permitir una recuperación parcial de la acidosis resultante. Los nadadores pueden lograrlo realizando los segmentos rápidos durante 2 a 6 minutos, seguidos de segmentos más lentos tres o cuatro veces más largos.

El entrenamiento de tipo *fartlek* también puede servir para otros propósitos. Intercalando segmentos rápidos con segmentos más cortos de recuperación, el *fartlek* puede ser una forma de entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Por ejemplo, segmentos rápidos de 100 a 200 m o yardas pueden ser seguidos de segmentos más lentos de 50 a 100 m o yardas.

El entrenamiento de tipo *fartlek* también puede mejorar la capacidad amortiguadora y la velocidad. Para mejorar la capacidad amortiguadora, los segmentos rápidos deben ser de 25 a 200 m o yardas, y los segmentos de recuperación, de 50 a 600 m o yardas. Para el entrenamiento de velocidad, los segmentos rápidos deben ser muy cortos y muy rápidos y los segmentos lentos deben ser largos. Los segmentos rápidos deben ser lo bastante cortos y rápidos para causar una tasa de metabolismo anaeróbico cercana a la máxima, y los segmentos lentos deben ser lo bastante largos y lentos para permitir una recuperación casi completa de la acidosis resultante. Segmentos rápidos de 10 a 50 m o yardas y segmentos lentos de 50 a 200 m o yardas son ideales para este propósito.

Finalmente, el entrenamiento de tipo *fartlek* puede realizarse mezclando los estilos competitivos durante los segmentos rápidos y lentos o mezclando el estilo completo con sólo piernas o sólo brazos del mismo estilo o de uno diferente durante los segmentos rápidos y lentos. Los nadadores deben ejecutar su estilo principal durante los segmentos rápidos y utilizar otros estilos o sólo piernas o sólo brazos durante los segmentos lentos para la recuperación. El cambio de estilo o la transición a sólo piernas o sólo brazos durante los segmentos lentos permitirá una mayor recuperación de manera que los nadadores puedan realizar los segmentos rápidos a una velocidad mayor, proporcionando un mejor estímulo a las fibras musculares de contracción rápida y requiriendo una mayor contribución del metabolismo anaeróbico.

La tabla 13.3 presenta ejemplos de entrenamientos de tipo *fartlek* para cada uno de estos propósitos.

Tabla 13.3. Ejemplos de entrenamientos de tipo fartlek

Para mejorar la capacidad aeróbica
Nadar 1 h sin pausa. Alternar 200 m libres aproximadamente a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico con 100 m libres no más lento que la velocidad correspondiente al nivel del umbral aeróbico

Nadar 2.000 yardas sin pausa. Alternar 100 yardas libres a la velocidad aproximada del umbral anaeróbico con 100 yardas libres no más lento que la velocidad correspondiente al umbral aeróbico

Para mejorar la resistencia aeróbica muscular

Nadar 30 min sin pausa. Alternar 150 m espalda a velocidad alta con 50 m de cualquier otro estilo a velocidad lenta

Para mejorar la resistencia anaeróbica muscular

Nadar 1.000 m sin pausa. Alternar 50 m mariposa muy rápida con 50 m de cualquier estilo a velocidad lenta

Nadar 800 yardas sin pausa. Alternar 75 yardas espalda nadando rápidamente con 25 yardas de ejercicios de estilo

Para mejorar la velocidad máxima

Nadar 700 yardas sin pausa. Alternar 25 yardas libres máxima velocidad con 75 yardas de ejercicios de estilo

Intervalos a velocidad de crucero

Dick Bower, de Nueva Orleans, Luisiana, desarrolló los intervalos a velocidad de crucero. El Sr. Bower con muchos otros entrenadores los han utilizado con éxito a lo largo de las últimas tres décadas. Nadar intervalos a la velocidad de crucero es uno de los mejores procedimientos para individualizar el entrenamiento de resistencia con grupos de nadadores de diferentes edades, sexo y habilidades.

En muchos programas de entrenamiento se fija el tiempo de salida de una serie de repeticiones para los nadadores más lentos del grupo, los nadadores medios del grupo o los mejores nadadores del grupo. Todos estos métodos tienen desventajas inherentes. La mayoría de los nadadores de un grupo

normalmente descansan demasiado entre las repeticiones cuando se fija el tiempo de salida para los nadadores más lentos. Como resultado, algunos de los nadadores menos motivados del grupo pueden nadar más lentamente que su velocidad óptima para el entrenamiento de resistencia, y los miembros altamente motivados pueden nadar tan deprisa que cambian la naturaleza de la serie de una que mejora la capacidad aeróbica a una que mejora el metabolismo anaeróbico. Cuando se fija el tiempo de salida para los nadadores medios del grupo, los mejores nadadores siguen pudiendo nadar demasiado lentamente o demasiado deprisa, y los nadadores más lentos se verán obligados a nadar de forma anaeróbica en sus esfuerzos para seguir el ritmo de los demás. Los nadadores más lentos normalmente no terminan estas series. Fijar el tiempo de salida para los nadadores más rápidos del grupo amplía esta respuesta a todos menos unos pocos nadadores del sector más rápido.

Los intervalos a velocidad de crucero permiten a los entrenadores individualizar la velocidad de entrenamiento y el tiempo de salida para un gran número de nadadores con una amplia variedad de habilidades que están entrenándose juntos en un número limitado de calles. El primer paso para utilizar este procedimiento es que los nadadores realicen una prueba para determinar su velocidad de entrenamiento y tiempo de salida ideales. La primera versión de esta prueba pedía que los nadadores nadasen una serie de 5 x 100 m o yardas con el tiempo de salida lo más rápido posible. Aunque esta prueba funcionó bien para los nadadores de resistencia bien entrenados, ha sido reemplazada por una de 10 x 100 porque se determinó que la mayor duración era más apropiada para una gama más amplia de nadadores (Bower, 1997). Los nadadores deben terminar la prueba al ritmo más rápido posible que puedan mantener descansando exactamente 10 s entre cada repetición. Los nadadores experimentados saben cronometrarse con el reloj de la piscina, pero los principiantes pueden requerir ayuda de los entrenadores y compañeros que están en el borde de la piscina.

El entrenador debe registrar el tiempo total para la serie completa de 10 x 100, incluyendo el tiempo de descanso, para cada nadador cuando termina la 10ª repetición. Se añaden 10 s a este tiempo porque el nadador sólo descansó nueve veces. Luego se divide el total por 10 y se registra el cociente. A continuación se presenta un ejemplo del procedimiento.

El procedimiento general es redondear el cociente al múltiplo más cercano de 5 s para proporcionar el mismo intervalo de crucero para varios nadadores con cocientes similares. En la prueba de intervalos a la velocidad de crucero se ha redondeado el cociente de 1:24 a 1:25 por esta razón. Un cociente de 1:26 sería redondeado al intervalo de crucero de 1:30.

Procedimiento para determinar el tiempo de salida para un intervalo a la velocidad de crucero con la prueba de intervalos a la velocidad de crucero

Prueba = 10 x 100 con 10 s de descanso entre repeticiones

Tiempo total para el nadador = 13:50

13,00 x 60 + 50 + 10 = 840 s

840 / 10 = 1:24

Redondeo hasta un intervalo de crucero de 1:25

Todos los nadadores con un intervalo de crucero particular se asignan a la misma calle para sus repeticiones de entrenamiento de resistencia. Estas series de repeticiones normalmente requerirán 15 min de tiempo de natación. Para los fines de aplicar una sobrecarga estas series deben aumentar hasta 30 min, en pasos de 5 min, al mejorar los nadadores. Estos deben realizar cada serie según las instrucciones del entrenador. Normalmente, el entrenador les pedirá que intenten nadar tan relajadamente como sea posible siempre cumpliendo el tiempo de salida. En dicho caso, los nadadores pueden nadar las repeticiones más lentamente que la velocidad media de natación que lograron durante la prueba sin disminuir el valor de la serie para mejorar la resistencia. Por ejemplo, un nadador con un tiempo total de 13:50 para la prueba de intervalos de crucero tendría un tiempo medio para las 10 x 100 repeticiones de aproximadamente 1:14 (1:24 menos 10 s de descanso por cada 100). Sin embargo el tiempo de salida calculado de 1:25 permitiría a dicho nadador

terminar la serie de 100 a una velocidad menor (de 1:15 a 1:24) sin ningún problema. Para facilitar la administración, el tiempo de salida sería 1:25 para los nadadores que tenían un tiempo medio de repetición de entre 1:11 y 1:15 en la prueba de intervalos de crucero.

Los nadadores pueden realizar sus repeticiones de entrenamiento a cualquier velocidad que les permita cumplir el tiempo de salida asignado de 1:25, incluso si dicha velocidad es más lenta que el tiempo medio de repetición en la prueba de intervalos de crucero. Entrenarse de esta forma correspondería al entrenamiento de resistencia básica. Algunos días, los entrenadores pueden pedir a los nadadores que intenten lograr el mejor tiempo de repetición posible cumpliendo el tiempo de salida asignado. En este caso, estarían entrenándose al nivel del umbral o con sobrecarga según el volumen de la serie, más o menos de 20 min.

La prueba de intervalos de crucero será más válida si los nadadores empiezan la serie nadando tiempos ligeramente más lentos y luego terminando con tiempos ligeramente más rápidos. Los nadadores que empiezan demasiado rápido y pierden velocidad durante la serie quizá querrán repetirla unos días después para obtener resultados más precisos.

La distancia de la repetición no tiene que ser 100 m o yardas para la prueba de intervalos de crucero. Cualquier distancia que los nadadores puedan completar en un tiempo de 1:00 a 1:45 es válida. Por supuesto, esta gama de tiempos significa que la mayoría de los nadadores estarán repitiendo distancias de 100 m o yardas durante la prueba. Sin embargo, en grupos grandes, algunos de los nadadores más jóvenes y menos experimentados quizá necesiten nadar repeticiones de 50 ó 75 m o yardas para lograr el límite superior del rango de tiempos.

Una vez que se han establecido los intervalos de crucero para cada nadador, se puede organizar la piscina de manera que cada una o dos calles estén ocupadas por nadadores con el mismo intervalo de crucero. Por ejemplo, en una piscina de seis calles, los miembros más rápidos del equipo pueden estar nadando en las calles 1 y 2 con tiempos de salida de 1:10 y 1:15, respectivamente. La mayoría del grupo puede estar nadando en las calles 3, 4 y 5 con un tiempo de salida de 1:20, y los nadadores más lentos podrían estar

nadando en la calle 6 con un tiempo de salida de 1:25. Si la duración de la serie es 20 min y la distancia de la repetición 100 yardas, se podría esperar que los nadadores más rápidos terminasen 16 ó 17 repeticiones de 100 yardas o m. La mayoría de los nadadores terminarán 15 repeticiones en el tiempo asignado y los nadadores más lentos terminarán 14 repeticiones.

Las ventajas fisiológicas y de organización de entrenarse con los intervalos de crucero son dobles. Todos los nadadores empezarán y terminarán casi al mismo tiempo, y estarán entrenándose a un ritmo y con un tiempo de salida que son suficientemente estimulantes para mejorar su resistencia sin hacer que fracasen en el intento. Cada nadador en la piscina puede entrenarse al nivel adecuado sea cual sea su edad o habilidad, y los nadadores pueden entrenarse con pocas trabas y colisiones.

Las distancias de las repeticiones mayores de 100 m o yardas pueden utilizarse en series de intervalos de crucero duplicando el tiempo de salida para las 100 yardas para las repeticiones de 200 yardas, triplicándolo para las repeticiones de 300, etc. Mediante la realización de una prueba de intervalos de crucero en el estilo deseado, se pueden establecer intervalos de crucero también para cada estilo competitivo, para la prueba de estilos individual y para repeticiones de sólo piernas o sólo brazos.

En sus textos publicados relacionados con los intervalos de crucero, Bower advirtió que el resultado de una prueba de intervalos de crucero no es apropiado para el entrenamiento de mariposa. Sugiere que las distancias de las repeticiones sean más cortas de 100 m o yardas, y el intervalo de reposo más largo, y los tiempos se basen en la velocidad actual del nadador para los 200 m o yardas mariposa. Por ejemplo, los buenos mariposistas deben realizar 50 repeticiones con tiempo de salida de 1 min o más hasta que puedan hacer 20 a una velocidad media más rápida que su velocidad para una prueba competitiva de 200 mariposa. Cuando lo hagan, pueden disminuir el tiempo de salida en 5 s y volver a empezar el proceso, progresando hacia el tiempo de salida más rápido que les permite repetir 20 x 50 en un tiempo menor que el que registran en la prueba de 200. Un objetivo excelente para buenos mariposistas adolescentes y mayores es alcanzar un momento en que pueden nadar 20 x 50 m o yardas con un tiempo de salida de 50 s.

La prueba de los intervalos de crucero fue diseñada para animar a los nadadores a entrenarse cerca de su velocidad correspondiente al umbral anaeróbico, pero nunca se habían presentado datos para verificar si lograba su propósito. Por lo tanto, Richard Firman y yo comprobamos su validez para este fin. Nuestros sujetos fueron 12 nadadores competidores universitarios varones (Firman y Maglischo, 1986). Probamos el grupo con el "viejo" método de 5 x 100 con el tiempo de salida más corto, como era el uso común en la época en que realizamos el estudio.

Después de determinar el intervalo de crucero para cada nadador, pedimos a los sujetos que nadasen una serie de 20 x 100 con el tiempo de salida de su intervalo de crucero. Registramos la velocidad media para cada repetición de la serie y la comparamos con la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico que se había calculado a partir de análisis de sangre sólo unos pocos días antes. También tomamos muestras de lactato sanguíneo cerca del final de cada serie de intervalos de crucero para averiguar qué concentraciones de lactato sanguíneo estaban siendo producidas por las repeticiones.

Encontramos que la velocidad de la repetición durante la serie de intervalos de crucero de 20 x 100 era generalmente más lenta que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico determinada por los análisis de sangre. Sin embargo, en 5 de los 12 sujetos, las concentraciones de lactato sanguíneo estaban ligeramente por encima de las que habían producido cuando nadaban a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. Los niveles de lactato sanguíneo eran casi los mismos o cercanos a los asociados con el umbral anaeróbico en los restantes 7 sujetos.

Nuestra conclusión fue que los intervalos de crucero son un método eficaz para animar a los nadadores a entrenarse al nivel de su umbral anaeróbico o cercano a él. Aunque no hemos investigado su validez, la prueba de 10 x 100 descrita anteriormente probablemente aumentaría en cualquier grupo el número de nadadores que están entrenándose cerca de la velocidad correspondiente a su umbral anaeróbico simplemente porque la mayor distancia de la prueba hace más hincapié en la resistencia.

Bower (1997) también ha propuesto añadir intervalos de cruceromás y

crucero-menos al procedimiento del entrenamiento con intervalos de crucero para ampliar su uso al entrenamiento de resistencia básica y con sobrecarga. Los intervalos de crucero diseñados para simular el entrenamiento de resistencia básica se designan *crucero-más*, y los que están diseñados para estimular el entrenamiento de la resistencia con sobrecarga se denominan *crucero-menos*. Se nadan las repeticiones de cruceromenos con una reducción de 5 s por 100 al tiempo de salida del intervalo de crucero. Por lo tanto, los nadadores deben nadar más rápidamente para cumplir el tiempo de salida, lo que colocaría a la mayoría en el rango metabólico del entrenamiento de resistencia con sobrecarga. La duración de la serie debe ser menos de 15 min cuando se utilizan los tiempos de salida de cruceromenos. Normalmente, cuando se utiliza el procedimiento de cruceromás se añaden unos 5 ó 10 s al tiempo de salida de la prueba de intervalos de crucero. Este tiempo adicional permite a los sujetos nadar más lentamente y seguir cumpliendo el tiempo de salida. Si se nada cada repetición muy rápidamente y se utiliza el descanso adicional para la recuperación, los tiempos de salida del proceso cruceromás pueden emplearse para el entrenamiento de resistencia a la velocidad de sobrecarga y para repeticiones de velocidad. Por esta razón, los entrenadores deben especificar el objetivo de las repeticiones cruceromás para que los nadadores las realicen correctamente. Cuando el objetivo es nadar a la velocidad de la resistencia básica, los nadadores deben nadar más despacio que en sus series normales de intervalos a velocidad de crucero. Cuando el objetivo es entrenarse en los rangos de resistencia con sobrecarga con intervalos de crucero-más, las series deben ser más cortas que las normales y los nadadores deben nadar con más rapidez que normalmente.

La última, la más rápida, es otra modificación al procedimiento de intervalos de crucero que Bower ha presentado en los últimos años. Este método implica nadar la última repetición de una serie más rápidamente que las demás. En algunos casos, los nadadores tienen 1 min adicional de descanso antes de esta repetición para que puedan nadarla más rápidamente. Este procedimiento sirve para muchos propósitos. Añade una dimensión de entrenamiento de la velocidad a cada serie de intervalos de crucero y así mejora el entrenamiento anaeróbico. No lograr nadar la última repetición más rápidamente que las demás también puede señalar problemas potenciales de entrenamiento. Cuando los nadadores no pueden nadar la última repetición más rápidamente que las demás, probablemente han estado

sobreesforzándose demasiado durante la serie. Esforzarse mucho será beneficioso sólo cuando el propósito de la serie ha sido nadar a la velocidad correspondiente al entrenamiento de resistencia con sobrecarga o más rápidamente. Evidentemente no es deseable en las series diseñadas para fomentar la natación a las velocidades correspondientes a la resistencia básica o al nivel del umbral. Cuando un nadador no puede realizar la última repetición de una serie de intervalos de crucero o de cruceromás muy rápidamente, puede estar experimentando varias reacciones negativas al entrenamiento. Puede haber entrado en un estado de falta de adaptación. Una incapacidad para nadar la última repetición rápidamente también puede significar un agotamiento del glucógeno muscular, una deficiencia nutricional, una falta de motivación que puede ser de origen hormonal o la aparición inminente de una enfermedad debilitante.

Series de repeticiones australianas basadas en la frecuencia cardíaca

El Dr. Bob Treffene, un célebre científico del ejercicio australiano, desarrolló las series de repeticiones australianas basadas en la frecuencia cardíaca. Este método consiste en una serie de repeticiones de resistencia nadadas a una velocidad más rápida que la correspondiente al umbral anaeróbico con un intervalo de descanso de duración media. El nombre de la serie viene del hecho de que las velocidades de entrenamiento se controlan contando la frecuencia cardíaca del nadador durante las repeticiones. Se diseñaron las series de frecuencia cardíaca principalmente para mejorar la tasa de eliminación del lactato de los músculos y de la sangre. Treffene *et al.* (1980) afirmaron que la tasa máxima de eliminación del lactato de los músculos y de la sangre tiene lugar a velocidades que son de un 6% a un 14% más rápidas que la que corresponde al umbral anaeróbico. Por consiguiente, las series de frecuencia cardíaca se diseñaron con la idea de que los sujetos nadarían las series de resistencia a una velocidad que fomentase una tasa máxima de eliminación de lactato de los músculos y así mejorase este mecanismo fisiológico.

Otros investigadores han cuestionado la validez de las series de frecuencia cardíaca con este objetivo. Sus resultados muestran que se alcanzan las tasas máximas de eliminación de lactato a velocidades que son más lentas que las correspondientes al umbral anaeróbico. Sin embargo, un hecho anecdótico apoya claramente las series de frecuencia cardíaca, como se ve en el hecho de que todos los medallistas australianos de los Juegos Olímpicos de 1992 y 1996 las utilizaban en su entrenamiento.

Se clasificarían las series de frecuencia cardíaca como entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3). Como tal, las adaptaciones de entrenamiento que producen deben ser las que describí para esta categoría de entrenamiento. La ventaja principal de las series de frecuencia cardíaca sobre el entrenamiento de resistencia más lento es probablemente que las primeras implican todas las fibras de contracción rápida además de las de contracción lenta, fomentado así adaptaciones en estas fibras que aumentarán las tasas de utilización de oxígeno y eliminación de lactato.

Las series de frecuencia cardíaca se elaboran de la forma siguiente.

- La serie no debe durar menos de 15 min de natación real, aunque 30 min es el tiempo óptimo para la mayoría de los nadadores. Los adolescentes y jóvenes nadadores de estilo libre pueden normalmente terminar de 2.400 a 3.000 m en 30 min, pero puede que los nadadores de otros estilos sólo naden de 2.000 a 2.400 m en 30 min.

- Las distancias de repetición sugeridas para los nadadores de resistencia son de entre 100 y 400 m. Para los mediofondistas, las distancias ideales de la repetición están entre 50 y 200 m, y para los velocistas las distancias de la repetición deben estar entre 50 y 100 m. Recomiendo éstas porque permiten a los sujetos nadar más cerca de su velocidad competitiva en las series de frecuencia cardíaca.

- Los intervalos de descanso deben ser más cortos que el tiempo necesario para nadar las repeticiones. Al mismo tiempo, deben ser un poco más largos que los que se utilizan típicamente durante la natación de resistencia básica para que los nadadores puedan realizarlos más cerca de la velocidad competitiva. Por ejemplo, buenos nadadores de estilo libre pueden escoger

tiempos de salida de entre 1:30 y 2:00 para las repeticiones de 100 m. El tiempo de salida en este rango generalmente proporciona entre 30 y 40 s de descanso entre las repeticiones para la mayoría de los sujetos. Los nadadores deben realizar repeticiones de 50 m con tiempos de salida de entre 1:00 y 1:30 para que tengan entre 30 s y 45 s de descanso entre las repeticiones.

• Todos los nadadores deben realizar sus series de frecuencia cardíaca a una velocidad que supere la correspondiente a su umbral anaeróbico y tan cercana a la de la competición como sea posible. Los fondistas normalmente podrán nadar las series de frecuencia cardíaca cerca de la velocidad de la competición cuando las repeticiones son cortas. Deben poder nadar repeticiones más rápidamente que la velocidad de los 1.500 para las repeticiones de 50 m y muy cerca de esta velocidad para las de 100 m. Nadarán generalmente las repeticiones más largas un poco más lentamente que la velocidad de la carrera, pero todavía superarán la correspondiente al umbral anaeróbico. Los mediofondistas también podrán nadar sus series de frecuencia cardíaca a una velocidad cercana a la de la carrera cuando la distancia de la repetición es 50 m, y deben poderla nadar sólo un poco más lentamente que la de la competición cuando la distancia de la repetición es de 100 m. La velocidad de la repetición será siempre más lenta que la de la competición para los velocistas. No obstante, al igual que los nadadores de otros grupos, deben estar nadando estas series más rápidamente que la velocidad correspondiente a su umbral anaeróbico particular.

• El verdadero indicador de las velocidades apropiadas para los nadadores durante estas series es la frecuencia cardíaca. Estas velocidades deben estar dentro de un margen de 10 a 20 lpm de la frecuencia máxima de cada nadador después de los primeros 500 m de la serie de repeticiones, y los nadadores deben mantener su frecuencia cardíaca 10 lpm por debajo de la máxima durante la mayor parte de la serie. Los nadadores deben esforzarse para alcanzar su frecuencia cardíaca máxima durante los últimos 200 m de cada serie. Se especifican frecuencias cardíacas altas pero submáximas para la mayor parte de la serie para asegurar que los sujetos naden a una intensidad suficiente para fomentar altas tasas de eliminación de lactato, pero no tan rápida que no puedan terminar la serie. Por consiguiente, los nadadores deben desacelerar si su frecuencia cardíaca supera la máxima menos 10 lpm antes de los últimos 200 m de cada serie de repeticiones.

• Los mediofondistas y los fondistas deben hacer las series de frecuencia cardíaca dos o tres veces por semana. Los velocistas deben nadar solamente una serie de frecuencia cardíaca por semana. Estas series suelen agotar el glucógeno muscular, particularmente en las fibras de contracción rápida, de manera que puede que los velocistas encuentren que realizar las series de frecuencia cardíaca demasiado a menudo interfiere con la calidad del trabajo de velocidad que realizan en otros momentos durante la semana. Necesitan tiempo suficiente para reponer la fuente principal de energía en sus músculos.

Un ejemplo de una serie de frecuencia cardíaca realizada por un bracista con un mejor tiempo de 1:09 se ilustra en la tabla 13.4. La serie consiste en 15 x 100 m de braza con un tiempo de salida de 2 min.

Para facilitar su aplicación, se puede suponer una frecuencia cardíaca máxima de 200 para los nadadores las primeras veces que realizan las series de frecuencia cardíaca. Una vez que hayan terminado una serie, la frecuencia cardíaca máxima que han registrado puede utilizarse para todas las series posteriores. Sin embargo, después, cada nadador debe haber identificado su frecuencia cardíaca máxima para que estas series se realicen de la forma más eficaz.

Se puede determinar la frecuencia cardíaca máxima de un nadador contando las frecuencias cardíacas de las últimas repeticiones durante las primeras dos o tres series de frecuencia cardíaca que realiza. Esta máxima puede revisarse hacia arriba cada vez que el nadador logre un valor más alto durante una serie de frecuencia cardíaca posterior.

Tabla 13.4. Resultados de una serie de frecuencia cardíaca para un bracista

El mejor registro del nadador en los 100 m braza es 1:09
Frecuencia cardíaca máxima = 211
Serie: 15 x 100 con tiempo de salida de 2 min, piscina corta

NÚMERO	TIEMPO (S)	FRECUENCIA CARDÍACA (LPM)	NÚMERO	TIEMPO (S)	FRECUENCIA CARDÍACA (LPM)
1	1:20,9		9	1:18,2	195
2	1:20,6	181	10	1:17,7	195
3	1:19,5	185	11	1:17,7	197
4	1:19,2	186	12	1:17,3	198
5	1:19,0	187	13	1:17,2	199
6	1:18,4	190	14	1:17,2	200
7	1:17,9	191	15	1:15,5	205
8	1:17,6	192			

Adaptada de Treffene, 1995.

La experiencia con este procedimiento de entrenamiento ha permitido desarrollar otras series de frecuencia cardíaca utilizadas por muchos de los entrenadores australianos de natación de mayor éxito. Según este método, los nadadores disminuyen su tiempo periódicamente durante la serie, utilizando su frecuencia cardíaca para controlar en cuanto aumentan su velocidad de natación. El procedimiento normal es dividir la serie de repeticiones en tres partes. Los nadadores nadan el primer tercio de las repeticiones a una frecuencia cardíaca que es igual a la máxima menos 30 lpm; el tercio medio a una frecuencia cardíaca que es 20 lpm menos que la máxima, y la mayor parte del tercio final de la serie a una frecuencia cardíaca que es 10 lpm menor que la máxima. Los nadadores tratan de lograr la frecuencia cardíaca máxima en la última o las últimas dos repeticiones de la serie.

Esta forma de nadar no es tan intensa como el tipo tradicional de serie de frecuencia cardíaca. Por consiguiente, los nadadores pueden utilizarlo con mayor frecuencia durante la semana. Los primeros dos tercios de este tipo de serie de frecuencia cardíaca corresponden probablemente a nadar al nivel del umbral, tal y como lo he definido. El último tercio corresponde a mi definición de resistencia con sobrecarga.

Series de repeticiones de tiempo descendente

Las series de repeticiones de tiempo descendente son muy parecidas a las que se acaban de describir. Algunos entrenadores utilizan el término *serie progresiva* cuando se refieren a nadar repeticiones que se hacen cada vez más rápidas. Un ejemplo de una serie de repeticiones de velocidad progresiva sería nadar 6 x 300 m con un tiempo de salida de 3:45, intentando nadar cada una o dos repeticiones ligeramente más rápidamente que las previas.

Series de este tipo son una forma excelente de entrenamiento de resistencia para los entrenadores y nadadores que no quieren preocuparse por controlar la velocidad de entrenamiento o la intensidad con el lactato sanguíneo, la frecuencia cardíaca o el esfuerzo percibido.

La distancia de la serie debe tardar en completarse por lo menos 15 min, de manera que la mayoría de los nadadores adolescentes y adultos nadarían por lo menos 1.000 m o yardas. Las repeticiones pueden ser de cualquier distancia considerada apropiada. Los intervalos de reposo deben ser tan cortos que se ajusten a la naturaleza de resistencia de la serie, aunque pueden ser un poco más largos cerca del final para fomentar mayores velocidades.

Se puede descender el tiempo de las repeticiones de varias maneras. Puede aumentar progresivamente la velocidad, cada una o dos repeticiones, desde el principio hasta el fin, o puede aumentar por etapas de la misma manera que se describió para la forma alternativa de las series de frecuencia cardíaca en la sección anterior. Finalmente, se pueden aumentar las velocidades de las repeticiones nadando a una velocidad constante durante la mayor parte de la serie y luego terminándola con algunas repeticiones muy rápidas para hacer hincapié en mejorar la capacidad aeróbica, el amortiguamiento y la tasa del metabolismo anaeróbico. Aumentar la velocidad progresivamente durante toda la serie permitirá a los nadadores entrenarse para mejorar la capacidad aeróbica y la eliminación del lactato en las fibras musculares de contracción lenta al principio de la misma y luego cambiar para mejorar los mismos mecanismos en las fibras musculares de contracción rápida más tarde en la

misma serie.

La ventaja de las series de tiempo descendente es que los sujetos pueden nadar por todo el espectro de las velocidades de entrenamiento de resistencia desde la básica a la de sobrecarga en una serie. También pueden incluir una parte de entrenamiento de la velocidad nadando las últimas repeticiones muy rápidamente. Por consiguiente, saben que están entrenando los sistemas circulatorio y respiratorio y todas las diversas facetas del metabolismo tanto en las fibras musculares de contracción lenta como en las de contracción rápida con una serie de repeticiones. Y pueden lograrlo sin analizar ni controlar las velocidades de entrenamiento.

Mi experiencia ha sido que los nadadores de éxito se entrenan más con este tipo de series que con cualquier otro método. La gran ventaja del entrenamiento es que los nadadores pueden estresar varias fases del metabolismo con una serie de repeticiones, tanto las fibras de contracción lenta como las de contracción rápida. Una segunda ventaja es que nadan a una velocidad submáxima durante la mayor parte de la serie de manera que estresan el metabolismo aeróbico con poca interferencia del metabolismo anaeróbico hasta que la serie esté casi terminada. Por lo tanto, pueden estar razonablemente seguros de que la acidosis no interferirá para alcanzar las adaptaciones del entrenamiento de resistencia que buscan, incluso si no controlan el progreso de su entrenamiento de ninguna forma.

Una posible desventaja de nadar las series de forma progresivamente más rápida es que algunos nadadores pueden nadar demasiado lentamente, durante demasiado tiempo en la serie, muy a menudo.

Algunos nadadores suelen entrenarse muy lentamente durante la mayor parte de la serie para poder nadar muy deprisa durante las últimas repeticiones. Nadar la mayoría de las repeticiones en una serie de velocidad progresiva a la velocidad de la resistencia básica es aceptable, incluso deseable, si el objetivo es mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción lenta mientras se recupera de series anteriores más intensas. Sin embargo, los nadadores deben reducir progresivamente el tiempo de las repeticiones antes en estas series cuando el objetivo es mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción rápida.

Uno de los mayores errores que pueden cometer los sujetos motivados durante las series progresivas y otros tipos de series de repeticiones de resistencia es *esforzarse demasiado*. Decimos que se esfuerzan demasiado cuando existe una situación en la que los nadadores tratan de nadar las series de repeticiones a una velocidad poco realista. Nadar demasiado rápido muy pronto durante las series de resistencia progresivas puede hacer que los nadadores sufran una acidosis antes de haber completado la mayor parte de la serie. Cuando esto ocurre deben desacelerar hasta la velocidad de recuperación para el resto de la misma. El resultado es que el nadador entrena el metabolismo anaeróbico, particularmente la capacidad amortiguadora, más que los mecanismos responsables de la provisión de oxígeno y la eliminación de lactato. La acidosis ocurre normalmente tan pronto en la serie que el metabolismo aeróbico de hecho desacelerará y no tendrán lugar las adaptaciones deseadas.

Muchos nadadores creen erróneamente que están entrenándose correctamente cuando se esfuerzan demasiado porque se han esforzado hasta el agotamiento durante la serie de repeticiones. La realidad es que su velocidad rápida en las primeras etapas de la serie hace hincapié en el metabolismo anaeróbico y reduce el efecto de entrenamiento en el metabolismo aeróbico. Después, su velocidad lenta durante las últimas repeticiones no será suficiente para estimular mejoras adicionales del metabolismo aeróbico o anaeróbico, a pesar de la dificultad que experimentan para terminarlas. Las únicas ventajas de nadar una serie de repeticiones de esta manera son mejorar la tolerancia al dolor, la capacidad amortiguadora y la capacidad de mantener una buena mecánica de brazada cuando el nadador está fatigado. Las desventajas son, primero, que los efectos de entrenamiento son todos anaeróbicos y harán poco para mejorar la resistencia aeróbica, y, segundo, que pueden producirse daños musculares y lesiones articulares, que les obligará a reducir el entrenamiento durante varios días. Por estas razones, los nadadores no deben esforzarse demasiado durante las series progresivas con mucha frecuencia, o más bien nunca. Pueden lograr los efectos de entrenamiento anaeróbicos más eficazmente con otros métodos, que se describirán en la sección sobre el entrenamiento de velocidad en el próximo capítulo.

Series de repeticiones con descansos descendentes

Cuando los nadadores utilizan series de repeticiones con descansos descendentes, nadan con un tiempo de salida menor desde el principio hasta el fin. Se puede disminuir el tiempo de salida en un cierto número de segundos con cada repetición, o se puede disminuir por etapas reduciéndolo después de terminar un número especificado de repeticiones. Se puede reducir el tiempo de salida sin interrupción entre las etapas, o se puede incluir un corto período de recuperación entre las etapas de manera que el largo grupo de repeticiones se realice como varias series más cortas. Un ejemplo de una serie normal de repeticiones con descansos descendentes sería nadar 30 x 100 m. El tiempo de salida sería 1:20 en las primeras 10 repeticiones, 1:15 en las 10 siguientes y 1:10 en las últimas 10 repeticiones.

Disminuir las series de repeticiones con descansos progresivamente menores cumple más o menos el mismo propósito que el descrito para las series de tiempo descendente. Permiten a los nadadores entrenarse a través del espectro completo de metabolismo aeróbico y anaeróbico, utilizando tanto las fibras musculares de contracción lenta como las de contracción rápida, sin la interferencia de la acidosis. Los sujetos suelen nadar las partes iniciales de estas series a una velocidad menor porque saben que tendrán que nadarlas más rápidamente más tarde cuando se reduzca el tiempo de salida. Por lo tanto, suelen entrenarse aeróbicamente (en las zonas de resistencia básica y al nivel del umbral) durante las primeras partes de la serie y anaeróbicamente (en la zona de sobrecarga) durante las últimas repeticiones.

Series de repeticiones con el tiempo de salida más corto

A causa del reto que suponen las series de repeticiones con el tiempo de salida más corto son una forma popular de entrenamiento de resistencia. El objetivo para los nadadores es terminar la serie de repeticiones con el tiempo de salida más corto que les permita terminar una repetición antes de tener que

empezar la siguiente. Un ejemplo de una serie de repeticiones con el tiempo de salida más corto sería nadar 20 x 100 m con un tiempo de salida de 1:10, suponiendo que se tardaría en nadar la mayoría de las repeticiones de 1:03 a 1:07.

Entrenarse de esta forma ofrece muchas ventajas. El tiempo de salida corto anima a los sujetos a nadar a velocidades que sobrecargan más el metabolismo aeróbico y menos el metabolismo anaeróbico, retrasando así la acidosis intensa hasta que hayan terminado la serie. Los nadadores aprenden el valor de escoger bien el ritmo cuando se entrenan. Los nadadores sin experiencia cometen a menudo el error de pensar que nadar rápidamente les proporcionará más descanso, haciendo así que sea más fácil terminar la serie. Lo que no entienden es que nadar demasiado deprisa al principio de la serie produce la acidosis, que les hace perder el tiempo de salida más tarde en la misma. Después de sus primeros pocos intentos los nadadores aprenden rápidamente que nadar más despacio y cumplir apenas el tiempo de salida al principio de la serie mejorará su capacidad para cumplirlo más tarde en la misma. Mediante la aplicación de esta experiencia a las pruebas competitivas, pueden aprender que escoger un ritmo estable o empezar más despacio (parcial negativo) producirá normalmente un rendimiento competitivo más rápido en las carreras de mediofondo y fondo.

Otra ventaja importante de las series de repeticiones con el tiempo de salida más corto es que sobrecargan el metabolismo de forma eficaz para los mediofondistas y fondistas. Al nadar las series con un tiempo de salida muy corto, se entrenan para llevar una velocidad submáxima predeterminada con menos descanso de forma progresiva, trabajando con el objetivo de nadar a esta velocidad sin ningún descanso. Mejorarán su capacidad para nadar a un porcentaje más alto de su $\dot{V}O_2$máx sin producir una acidosis intensa (el umbral anaeróbico respiratorio). Además, mejorarán su capacidad de amortiguamiento a causa de la manera en que la acidosis se desarrolla a lo largo de la serie.

Largas series de repeticiones con el tiempo de salida más corto posible probablemente hacen mayor hincapié en la mejora de la resistencia aeróbica. Puede que las series de repeticiones más cortas con tiempo de salida muy corto no sean lo suficientemente largas para estimular el metabolismo

aeróbico muscular y la eliminación del lactato tan eficazmente como los estimulan las series más largas. Por lo tanto, el efecto principal de las series cortas es probablemente mejorar la capacidad amortiguadora muscular.

Series de repeticiones de distancia mixta

Se construyen las series de repeticiones de distancia mixta cambiando las repeticiones de diferentes distancias en una serie que los nadadores realizan con cortos intervalos de descanso. Un ejemplo de una serie de repeticiones de distancia mixta sería nadar 300 m con un tiempo de salida de 4:00, 200 m con un tiempo de salida de 2:45 y 100 m con un tiempo de salida de 1:30. Los nadadores entonces podrían repetir esta serie cuatro veces. Podrían continuar al final de una serie con el inicio de la siguiente sin descanso, o podrían hacer un corto intervalo de descanso entre las series.

Se pueden elaborar series de este tipo para el entrenamiento de resistencia básica, al nivel del umbral o con sobrecarga asignando velocidades más altas o más bajas y acortando o alargando el tiempo de salida.

Realizar tiempos de salida más cortos y series largas animarán a los nadadores a entrenarse en la zona de la resistencia básica. Tiempos de salida un poco más largos o series más cortas (distancia total menos de 3.000 m) permitirán que naden a la velocidad correspondiente al umbral, y pueden nadar en la zona de resistencia con sobrecarga si las series son aún más cortas (distancia total menos de 2.000 m) o si los tiempos de salida aumentan. Nadar un grupo de series sin pausa entre ellas anima a los nadadores a permanecer dentro de las zonas del entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral para poder terminar todas las series. Hacer breves pausas entre las series anima a los sujetos a nadar la última repetición de cada serie en la zona anaeróbica porque tendrán algún tiempo para recuperarse antes de empezar la siguiente.

Las series de distancia mixta generalmente funcionan como las series descendentes. Empezar con distancias de repeticiones más largas y

disminuirlas a lo largo de la serie animará a los nadadores a aumentar su velocidad sobre la marcha. Empezar con distancias más cortas y aumentarlas durante la serie animará a los nadadores a escoger un ritmo ligeramente más lento para las primeras repeticiones para que puedan cumplir el tiempo de salida en las repeticiones más largas. Por consiguiente, las series de distancia mixta, como las series descendentes, fomentan el desarrollo de la resistencia en todos los tipos de fibras musculares mientras que retrasan la acidosis hasta el final de las mismas.

La ventaja principal de las series de distancia mixta es la variedad que ofrecen comparadas con las series en las que las repeticiones son todas de la misma distancia.

Series de repeticiones con velocidad mixta

Una serie en la que aumenta o disminuye la velocidad para ciertas repeticiones dentro de la serie se llama serie de repeticiones de velocidad mixta. Este tipo de serie puede hacer que los sujetos naden cuatro series de 5 x 100 m con un tiempo de salida de 1:30. Luego nadan la serie de diversas formas. Un método podría ser nadar las primeras 3 x 100 repeticiones de cada serie a una velocidad correspondiente a la resistencia básica y los últimos 2 x 100 a una correspondiente al umbral. Otro método podría ser nadar 4 x 100 m de cada serie a la velocidad de la resistencia básica o al nivel de umbral y los últimos 100 m a la velocidad de la carrera correspondiente a una prueba de 200 ó 400 m. Se podría elaborar la misma serie para mejorar la capacidad amortiguadora haciendo que los sujetos naden los primeros 4 x 100 de la serie a la velocidad de recuperación y los últimos 100 m a velocidad máxima.

Series de este tipo son excelentes para animar a los nadadores a combinar los tres niveles del entrenamiento de resistencia. Las repeticiones más lentas mejoran las tasas de consumo de oxígeno y de eliminación de lactato de las fibras musculares de contracción lenta, y las repeticiones más rápidas hacen lo mismo para las fibras musculares tanto de contracción lenta como de contracción rápida. Al mismo tiempo, las repeticiones rápidas ayudan a

mejorar la capacidad amortiguadora de todas las fibras musculares. Las series de repeticiones de velocidad mixta también son eficaces para el entrenamiento de velocidad porque nadar suavemente durante un número de repeticiones entre las repeticiones rápidas de una serie particular proporciona una recuperación más rápida de la acidosis. Tendré más que decir sobre la utilización de una serie de repeticiones de velocidad mixta para este fin en el capítulo siguiente.

Se debe elaborar las series de repeticiones de velocidad mixta con cuidado cuando el objetivo es mejorar la resistencia. Si se espera demasiado de la repetición final de cada serie, los sujetos tenderán a nadar las otras repeticiones de la serie a las velocidades de recuperación que no proporcionan estimulación suficiente para mejorar la resistencia aeróbica.

Series de repeticiones de estilo mixto

Se mezclan varios estilos competitivos en un grupo de repeticiones en las series de repeticiones de estilo mixto. La tabla 13.5 presenta ejemplos de este tipo de serie.

Se elabora la primera serie principalmente para mejorar la capacidad aeróbica. Los nadadores deben realizar la mayoría de las repeticiones en la zona de la resistencia básica, nadando sólo las últimas pocas repeticiones a velocidad más alta. El segundo grupo de series también está diseñado para mejorar la capacidad aeróbica, aunque los nadadores pueden hacer la repetición de mariposa al final de cada serie a una intensidad ligeramente mayor. Los sujetos no deben nadar esta repetición tan rápidamente que no puedan mantener una velocidad de resistencia básica durante la primera repetición de la serie siguiente. Los nadadores pueden mezclar los diversos estilos competitivos como se presenta aquí o concentrarse en sólo dos o tres estilos. En el ejemplo número 3, se combina sólo piernas con sólo brazos con repeticiones en las que nadan dos estilos competitivos, estilo libre y mariposa, en varias series de repeticiones. El objetivo es mejorar la resistencia muscular aeróbica con las cuatro series de 400 m libres y mejorar

la capacidad amortiguadora con las cuatro series de 100 m mariposa. Las repeticiones de sólo piernas y sólo brazos sirven de descanso activo para ayudar a recuperarse.

A menudo se combinan estas series con series de repeticiones de distancia mixta como se presenta en el ejemplo número 1. En este caso, los sujetos nadan una distancia diferente con cada estilo competitivo. Con la distancia de la repetición progresivamente más corta y con la repetición de mariposa en último lugar, los nadadores deben escoger una velocidad menor en las primeras repeticiones y nadar rápidamente al final de cada serie. Nadar una serie de esta forma con un tiempo de salida corto animará a los sujetos a nadar aeróbicamente durante la mayor parte de la serie y anaeróbicamente al final.

Se puede fomentar el entrenamiento de resistencia o de velocidad cuando se agrupan las repeticiones juntas en varias series como se presenta en el ejemplo número 2. Para el entrenamiento de resistencia, los nadadores deben mantener una velocidad moderada hasta la última repetición de cada serie.

Aplicar un tiempo de salida corto y con poco o ningún descanso entre las series animará a los nadadores a realizar las repeticiones en las zonas del entrenamiento correspondientes a la resistencia básica y al nivel del umbral. En este caso, la última repetición de cada serie no será extremadamente rápida porque los nadadores pronto aprenderán que no pueden permitirse que se produzca una acidosis elevada en esta repetición y seguir nadando en las zonas de la resistencia básica y al nivel del umbral durante las siguientes series de repeticiones. Este tipo de serie puede utilizarse para entrenar la velocidad designando sólo ciertas repeticiones como carreras de velocidad y utilizando las restantes dentro de la serie para la recuperación.

Las series de repeticiones de estilo mixto también pueden elaborarse mezclando la natación con el estilo completo con sólo piernas y con sólo brazos como se ve en el ejemplo número 3. Las series elaboradas de esta forma pueden utilizarse para el entrenamiento de resistencia o para la velocidad siguiendo las directrices presentadas en el párrafo anterior.

Series de este tipo son populares entre los nadadores porque no suelen ser

tan aburridas como los otros tipos de series. Pueden ser eficaces para el entrenamiento de resistencia básica y de velocidad, pero son uno de los métodos menos eficaces para mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción rápida. Cambiar los estilos y mezclar el estilo completo con sólo brazos o sólo piernas suele reducir la duración del estímulo para el entrenamiento aeróbico recibido en cualquier grupo de fibras musculares. Evidentemente, los nadadores utilizan algunos de los mismos grupos musculares en los cuatro estilos competitivos, pero un estilo puede no requerir los grupos musculares utilizados en otro. El efecto de descansar algunas fibras de repetición en repetición es incluso más exagerado cuando se mezclan las repeticiones en las que se nada el estilo completo con las que requieren sólo piernas o sólo brazos.

Como ya se indicó previamente, las series de repeticiones de estilo mixto tienen dos propósitos principales. Son un método excelente para elaborar series únicas e interesantes para el entrenamiento de resistencia básica. También pueden ser muy eficaces para el entrenamiento de velocidad. Para lograr este propósito, los sujetos deben nadar sólo algunas de las repeticiones de la serie muy rápidamente y realizar las otras a la velocidad de la recuperación.

Creo que las series de repeticiones de estilo mixto se utilizan demasiado para el entrenamiento de resistencia. Dado que no son demasiado efectivas para este propósito, recomiendo que no se utilicen frecuentemente. Las series en las que los sujetos naden todas las repeticiones con un solo estilo son mucho más efectivas para mejorar la resistencia.

Tabla 13.5. Series de repeticiones de estilo mixto
Se supone que en este ejemplo el nadador tiene una velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de 1:10 por 100 m.
Ejemplo número 1: objetivo mejorar la capacidad aeróbica Nadar 4 × 200 m estilo libre con un tiempo de salida de 2:45 Nadar 6 × 150 m espalda con un tiempo de salida de 2:30

Nadar 8 × 100 m braza con un tiempo de salida de 1:45

Nadar 10 × 50 m mariposa con un tiempo de salida de 50 s

Total = 3.000 m

Ejemplo número 2: objetivo mejorar la capacidad aeróbica. Repetir esta serie cuatro veces.

Nadar 1 × 300 m estilo libre con un tiempo de salida de 4:00

Nadar 1 × 200 m espalda con un tiempo de salida de 3:00

Nadar 1 × 150 m braza con un tiempo de salida de 2:40

Nadar 1 × 100 m mariposa con un tiempo de salida de 1:45

Total = 3.000

Ejemplo número 3: objetivo mejorar la resistencia aeróbica muscular y la capacidad amortiguadora. Repetir esta serie cuatro veces.

Nadar 1 × 400 m estilo libre con un tiempo de salida de 5:00

Nadar 1 × 200 m sólo piernas estilo libre con un tiempo de salida de 3:30

Nadar 1 × 100 m mariposa con un tiempo de salida de 2:00

Nadar 1 × 300 m sólo brazos ejercicio de brazada con un tiempo de salida de 4:30

Los 400 m estilo libre y los 100 mariposa deben nadarse en la zona de resistencia con sobrecarga. Las repeticiones de sólo piernas o sólo brazos deben nadarse en la zona de recuperación.

Total = 4.000 m (1.600 de entrenamiento de sobrecarga, 400 m de entrenamiento de la capacidad amortiguadora y 2.000 de natación de recuperación)

El entrenamiento hipóxico

Hipoxia es el término que se utiliza para identificar una provisión reducida de oxígeno en la sangre y en los tejidos corporales. *El entrenamiento hipóxico* se refiere a nadar la distancia de una repetición con un patrón respiratorio restringido con la creencia de que reducirá la provisión de oxígeno. Cuando nadan las repeticiones hipóxicas, los nadadores no respiran una vez durante cada ciclo de brazada, como es la práctica normal, sino que mantienen la respiración durante uno o más ciclos de brazada antes de respirar.

El propósito original del entrenamiento hipóxico era simular el entrenamiento en altura. Los que proponían esta teoría pensaban que reducir la frecuencia respiratoria de los nadadores también disminuiría la provisión de oxígeno y crearía el mismo tipo de hipoxia que tiene lugar en altura. La investigación ha demostrado que esta suposición es incorrecta. Varios estudios han demostrado que el entrenamiento hipóxico no reduce la provisión de oxígeno a los tejidos (Craig, 1978; Dicker *et al.*, 1980; Stager *et al.*, 1985; Stanford *et al.*, 1985; Van Ness y Town, 1989; Yamamoto *et al.*, 1985). Aunque algunos de los estudios encontraron pequeñas reducciones del oxígeno alveolar, dichos efectos no fueron suficientes para simular las condiciones encontradas en altura.

A pesar de resultados como éstos, la natación hipóxica sigue siendo una forma popular de entrenamiento para los nadadores competitivos, quizás porque produce otros efectos de entrenamiento actualmente sin identificar. En cambio, puede ser que la dificultad de nadar con una respiración restringida atraiga a los entrenadores y nadadores a causa del esfuerzo y la disciplina que supone. Algunos entrenadores razonan que un entrenamiento que causa tanta angustia debe estar haciendo algo beneficioso para los nadadores.

Sin embargo los efectos beneficiosos no son evidentes, por lo menos en cuanto a la capacidad aeróbica. Dado que no simula las condiciones en altura, el entrenamiento hipóxico no será más eficaz que el entrenamiento normal para aumentar la cantidad de glóbulos rojos o para producir otras

adaptaciones que han sido atribuidas al entrenamiento en altura. Se podría argumentar que la respiración restringida puede, de hecho, reducir el efecto general de entrenamiento aeróbico. Cuando respiran menos durante largas distancias o largas series de repeticiones, los nadadores deben necesariamente nadar más despacio para que el pH muscular no disminuya demasiado deprisa (Van Ness y Town, 1989). Una provisión de oxígeno comprometida causará una mayor producción de ácido láctico, que a su vez aumentará la acidosis a velocidades más lentas. Por lo tanto, intentar cubrir una distancia larga con una respiración restringida hará que se nade más despacio que cuando se respira de forma normal. Esta circunstancia podría resultar en por lo menos una reacción física no deseada. Se estará nadando más despacio de lo que se podría nadar. Por lo tanto, la mecánica de la brazada será menos parecida a la que se utiliza en la competición. Si se trata de nadar a la velocidad normal de entrenamiento con frecuencia se creará una acidosis intensa que puede dañar los tejidos musculares a una tasa mayor que la de la reparación. Con el tiempo, habrá una pérdida de fuerza, de velocidad y de resistencia.

Todos los nadadores tienen una tolerancia límite a la acidosis. Pueden llegar a este nivel respirando menos y nadando más despacio o respirando más y nadando más rápidamente. Sugiero que es más eficaz entrenarse nadando más deprisa mientras se sigue cumpliendo el objetivo de mejorar la resistencia. La mecánica de la brazada del nadador será más parecida a la de la competición, y es menos probable que la acidosis interfiera en la tentativa de obtener efectos de entrenamiento aeróbico. Por lo tanto, si el objetivo del nadador es mejorar la resistencia aeróbica, creo que nadar respirando normalmente es más razonable. Nadar con una respiración sin restricciones también tiene más sentido si el objetivo es mejorar la capacidad amortiguadora porque las repeticiones serán más parecidas a la competición.

Algunos entrenadores han sugerido que el entrenamiento hipóxico puede aumentar la capacidad amortiguadora de los músculos y de la sangre a causa de la acidosis que ocurre cuando se reduce la provisión de oxígeno. Es improbable que el entrenamiento hipóxico sea más efectivo que la natación libre para este propósito. De hecho, puede ser menos efectivo por las razones citadas anteriormente, a saber, que se puede nadar más rápidamente y por tanto con frecuencias y longitudes de brazada más parecidas a las competitivas cuando se respira de forma normal. Al mismo tiempo, los

nadadores pueden producir el mismo grado de acidosis con la respiración normal que el que conseguirían con el entrenamiento hipóxico.

La adaptación al entrenamiento hipóxico que sí tiene lugar con dicho entrenamiento es una mejora de la capacidad para mantener la respiración (Van Ness y Town, 1989). El entrenamiento hipóxico produce una condición llamada *hipercapnia*, que es un aumento del dióxido de carbono (CO_2) en el aire alveolar. La hipercapnia produce un fuerte deseo de respirar. Cuando el nadador tiene dificultad para mantener la respiración, es el aumento del CO_2no la reducción de oxígeno lo que hace que una persona se sienta privada de aire. Mantener la respiración con frecuencia puede aumentar la resistencia del nadador a este deseo, permitiéndolo resistir a él y nadar cada largo de una carrera con menos respiraciones. Por esta razón, el entrenamiento hipóxico puede ser una ayuda valiosa de entrenamiento para los velocistas de estilo libre y mariposa, pero no por las razones normalmente presentadas. Los espaldistas también pueden sacar un beneficio del entrenamiento hipóxico si utilizan el batido de delfín subacuático en sus carreras. Los bracistas no necesitan el entrenamiento hipóxico porque sólo necesitan mantener la respiración durante el viraje. Pueden mejorar esta capacidad más efectivamente con ejercicios como el de la doble brazada subacuática que con el entrenamiento hipóxico.

Tabla 13.6. Ejemplo de series de repeticiones para mejorar la capacidad de mantenimiento de la respiración

Estos ejemplos de series de repeticiones pueden utilizarse para mejorar la capacidad de mantenimiento de la respiración en las pruebas de 50 y 100 m libres y para mejorar el batido de delfín subacuático en las pruebas de espalda y mariposa.

Para las pruebas de 50 m

4 a 8 × 25/1 min tiempo de salida. Respirar sólo una vez durante las primeras veces que se realiza la serie. Luego nadar sin respirar.

6 × 50/2 min tiempo de salida. Se pueden utilizar varios patrones de

respiración diferentes. Una respiración en cada largo, o ninguna en el primer largo, 2 en el segundo, o ninguna en el primero y una en el segundo.

Para las pruebas de 100 m

4 × 100/2 min tiempo de salida. Respirar cada 2, ó 4 ciclos de brazada.

10 × 100/1:30 min tiempo de salida. Respirar cada ó 3 ciclos de brazada.

6 × 200/3 min tiempo de salida. Respirar cada 2 ciclos de brazada.

6 × 100/2 min tiempo de salida. Respirar en cada ciclo de brazada durante los primeros 50 m de cada repetición y cada segundo o tercer ciclo en los últimos 50 m.

4 × 200/3 min tiempo de salida. Respirar cada ciclo de brazada en los primeros 50 m, cada segundo ciclo de brazada en los siguientes 100 m y cada tercer ciclo en los últimos 50 m.

El batido de delfín subacuático para pruebas de espalda y mariposa

8 × 25/1 tiempo de salida. Batidos de delfín subacuático.

4 a 6 × 50/2 min tiempo de salida. Nadar 15 m de cada largo con sólo piernas.

4 × 100/3 min tiempo de salida. Nadar 15 m de cada largo con sólo piernas.

3 × 200/5 min tiempo de salida. Nadar 15 m de cada largo con sólo piernas.

Los nadadores pueden desarrollar rápidamente la capacidad para nadar las carreras con menos respiraciones. Se estima que se necesitan sólo algunas

semanas de entrenamiento manteniendo la respiración para aliviar el deseo de respirar que produce una acumulación de dióxido de carbono en los tejidos. En la tabla 13.6 se presentan ejemplos de series de repeticiones que pueden mejorar la capacidad de mantener la respiración durante las carreras de velocidad.

Dado que el entrenamiento hipóxico es fisiológicamente estresante, recomiendo que los nadadores lo realicen sólo algunos días de la semana durante la temporada.

Los velocistas deben escoger un período de 3 a 4 semanas al principio de la temporada cuando pueden hacer hincapié en mantener la respiración realizando algún tipo de entrenamiento con respiración restringida. Después de disminuir su sensibilidad a la hipercapnia, deben poder mantener este efecto de entrenamiento durante el resto de la temporada con sólo una o dos series de entrenamiento semanal manteniendo la respiración.

El entrenamiento oclusivo

Un nuevo tipo de entrenamiento que acaba de encontrarse en los programas de nadadores competidores se llama entrenamiento oclusivo. Este método implica entrenarse con artefactos apretados como correas alrededor de la parte superior de los brazos o de las piernas. El propósito de estos artefactos es ocluir, o impedir, parte del riego sanguíneo. El razonamiento que hay detrás de este entrenamiento es que reducir el riego sanguíneo, y por lo tanto la provisión de oxígeno y de nutrientes a los músculos, mejorará su adaptación al entrenamiento. Un número limitado de estudios han investigado los efectos del entrenamiento oclusivo para el entrenamiento tanto de resistencia como de fuerza. Los resultados de estos estudios han sido favorables. Por esta razón, algunos expertos han sugerido que entrenarse con correas alrededor de los brazos o las piernas podría mejorar el entrenamiento tanto de resistencia como de fuerza en un grado mayor que el entrenamiento normal no oclusivo. Tengo dudas de si esta forma de entrenamiento es realmente beneficiosa. Describiré los resultados de algunas investigaciones

representativas del entrenamiento oclusivo y luego diré por qué no estoy a favor de este procedimiento.

Sundberg (1994) realizó un estudio en el que los sujetos hicieron 4 semanas de entrenamiento de resistencia con ciclismo en el que se ocluía el riego sanguíneo de una pierna pero no de la otra. Se colocaba una banda alrededor de una pierna que aplicaba una presión de 50 mm Hg de manera que el riego sanguíneo disminuía entre un 13% y un 20%. Se tomaron varias mediciones de ambas piernas antes y después del entrenamiento. Estas incluían $\dot{V}O_2$máx, tiempo del ejercicio hasta el agotamiento, capilarización, almacenamiento de glucógeno, fuerza, actividad de las enzimas y el porcentaje de los tipos de fibras. Como sería de esperar, ambas piernas mejoraron con el entrenamiento, pero en todos los casos los porcentajes de mejora eran mayores en la pierna ocluida. El porcentaje del incremento de $\dot{V}O_2$ máx en la pierna ocluida era casi el doble del de la pierna no ocluida. El aumento de los capilares en la pierna ocluida era un 42% mayor, y el almacenamiento del glucógeno era casi un 10% mayor. La actividad de las enzimas aeróbicas aumentó un 20% en la pierna no ocluida y un 26% en la pierna ocluida. La oclusión también causó un cambio en el porcentaje de los tipos de fibras. El porcentaje de fibras de contracción lenta aumentó un 4% en la pierna ocluida, mientras que no hubo ningún cambio en el porcentaje de fibras de contracción lenta en la pierna no ocluida. Al mismo tiempo, el porcentaje de fibras musculares CRa disminuyó un 3% en la pierna ocluida. No ocurrió ningún cambio en el porcentaje de fibras CRa en la pierna no ocluida.

Las mejoras adicionales de la pierna ocluida deberían haber tenido un efecto beneficioso en la resistencia y así fue. Se midió cada pierna por separado antes y después del entrenamiento. El tiempo de trabajo hasta el agotamiento aumentó un 25% en la pierna ocluida pero sólo un 13% en la pierna no ocluida.

Debería mencionar que el entrenamiento de resistencia produjo algunos efectos que serían perjudiciales para el rendimiento de velocidad en la pierna ocluida pero no en la no ocluida. Un efecto de entrenamiento negativo importante fue que la fuerza cayó un 8% en la pierna ocluida, pero siguió sin cambios en la pierna no ocluida. Los autores creyeron que la pérdida de

fuerza puede haber estado relacionada con la disminución del número y del tamaño de las fibras CRa en la pierna ocluida.

Otros efectos de entrenamiento oclusivo que podrían considerarse perjudiciales se relacionan con la tasa de utilización de la energía. Las reducciones del ATP y del CP fueron mayores en la pierna ocluida que en la pierna no ocluida durante las pruebas, y los niveles de lactato eran más altos en los músculos de la pierna ocluida. El uso del glucógeno muscular era también mayor en los músculos de la pierna ocluida, probablemente porque se restringía su provisión de glucosa sanguínea. La diferencia en la utilización de glucógeno no fue sustancial entre las fibras musculares de contracción lenta. Las fibras de contracción lenta de la pierna ocluida tenían un 80% de su glucógeno agotado después de 45 min de ejercicio intenso, mientras que las fibras de contracción lenta de la pierna no ocluida perdieron aproximadamente el 70% de su glucógeno. Las diferencias en la utilización de glucógeno eran mucho más marcadas en las fibras musculares de contracción rápida. Las de la pierna ocluida perdieron aproximadamente el 30% de su glucógeno, mientras que las fibras de contracción rápida de la pierna no ocluida perdieron aproximadamente el 10%.

Los investigadores también han estudiado el efecto de la oclusión con respecto al entrenamiento de fuerza. Takarada y sus colaboradores (1998, 2000) encontraron que la hormona del crecimiento humano aumentó significativamente cuando una parte del cuerpo ocluida realizaba varias repeticiones hasta el agotamiento con un peso ligero. El mismo ejercicio no produjo un cambio significativo de la concentración de esta hormona en el cuerpo cuando las partes no estaban ocluidas (Takarada *et al.*, 1998, 2000). Aumentos de la hormona del crecimiento humano deberían incrementar el tamaño y la fuerza de los músculos.

En el primero de estos estudios, los sujetos realizaron flexiones del bíceps de un brazo tanto con el brazo derecho como con el izquierdo. Un brazo estuvo ocluido durante el entrenamiento mientras que el otro no sufría una restricción del riego sanguíneo (Takarada *et al.*, 1998). La resistencia utilizada para el entrenamiento del brazo ocluido era el 50% del peso que los sujetos podrían levantar en una repetición, y se utilizó una resistencia del 80% de la máxima para una repetición para el entrenamiento del brazo no

ocluido.

Los investigadores encontraron un aumento similar del tamaño del bíceps de cada brazo. Los aumentos de la fuerza muscular también fueron similares en el brazo ocluido y en el no ocluido. Concluyeron que el entrenamiento ocluido y el no ocluido eran igualmente efectivos para aumentar el tamaño y la fuerza muscular, pero que el entrenamiento ocluido puede producir los mismos resultados con una resistencia considerablemente menor. Desafortunadamente, los autores no incluyeron un grupo que se entrenase con una resistencia baja y ninguna oclusión, ni estudiaron un grupo que se entrenase con alta resistencia y oclusión. La inclusión de sujetos en grupos de este tipo nos habría permitido determinar: (1) si el entrenamiento con una resistencia baja y sin oclusión era tan efectivo como el entrenamiento oclusivo con una resistencia baja para mejorar el tamaño y la fuerza muscular, y (2) si el entrenamiento oclusivo con una alta resistencia era más o menos efectivo que el entrenamiento con una alta resistencia sin oclusión para el mismo propósito.

A partir de estos resultados, se puede argumentar que pueden producirse varios efectos de entrenamiento aeróbicos y anaeróbicos más eficazmente con oclusión que con el entrenamiento normal no oclusivo. Tengo mis dudas acerca de esta proposición, por lo menos en cuanto al entrenamiento en la natación, por estas tres razones principales:

1. Los nadadores pueden obtener mejoras de la misma magnitud como las que resultan del entrenamiento oclusivo simplemente entrenándose a una mayor intensidad sin oclusión. Además, entrenarse con mayor intensidad debería ser más efectivo de otras formas. La primera parte de esta afirmación parece evidente tras el estudio del entrenamiento con resistencias. Los sujetos lograron los mismos resultados con el brazo no ocluido entrenándose con un 80% de la resistencia máxima para una repetición que con el brazo ocluido entrenándose con pesas más ligeras. La razón por la que entrenarse a una intensidad mayor debe ser más efectivo es que los nadadores estarían entrenándose a velocidades mayores que son más cercanas a las que utilizan en la competición. Los nadadores tendrían que nadar más despacio durante

el entrenamiento ocluido a causa del uso adicional de energía y la acumulación de ácido láctico. Estas velocidades lentas y frecuencias lentas de brazada no fomentarían el mantenimiento de la frecuencia de brazada y de la velocidad utilizadas en la competición.

2. El entrenamiento oclusivo parece producir más efectos que muchas personas considerarían negativos en cuanto al entrenamiento a largo plazo. Tasas mayores de utilización de glucógeno muscular harían necesario realizar más natación de recuperación para proporcionar tiempo para su reposición. Esta necesidad reduciría la intensidad media de entrenamiento cada semana, y los sujetos no podrían nadar tan a menudo las series de resistencia al nivel del umbral y de sobrecarga, ni las series a la velocidad competitiva. Tratar de entrenarse con intensidad cuando el nivel del glucógeno muscular está bajo podría también hacer que los nadadores perdiesen una parte de su tejido muscular, que podría finalmente reducir su fuerza y potencia. Tasas más altas de acumulación de ácido láctico también podrían causar más daños musculares, que aumentarían más aún la cantidad de natación de recuperación que necesitarían los nadadores cada semana. Otro efecto negativo es que el entrenamiento oclusivo orientado a la resistencia podría reducir la fuerza muscular y la potencia anaeróbica más de lo que haría el entrenamiento normal. La pérdida de fuerza y de potencia anaeróbica causaría una pérdida de velocidad que podría ser perjudicial para los nadadores de mediofondo y los velocistas. Finalmente, el entrenamiento oclusivo puede perturbar el equilibrio delicado entre la producción y la eliminación de lactato durante el ejercicio, causando la producción de más ácido láctico a velocidades menores y una menor tasa de su eliminación de los músculos.

3. Quizás el argumento más convincente en contra del entrenamiento oclusivo en la natación se relaciona con los músculos implicados. El entrenamiento oclusivo afectará sólo los músculos de las piernas y de los brazos. Los nadadores llevan las bandas que restringen la circulación cerca de la parte superior de cada muslo y justo por debajo del hombro en cada brazo. Esta colocación significa que los grandes músculos de hombros, tronco, espalda y caderas, que proporcionan la mayor parte de la fuerza propulsora para los nadadores, no estarían

mayormente afectados por la oclusión. Por consiguiente, el riego sanguíneo a los músculos que realizan la mayor parte del trabajo en la natación competitiva no disminuiría.

Creo que los argumentos en contra del entrenamiento oclusivo orientado a la resistencia son persuasivos, a pesar del hecho de que el entrenamiento oclusivo parece ser efectivo para producir ciertas adaptaciones fisiológicas. Los argumentos en contra de su uso para el entrenamiento de velocidad son aún más fuertes. La manera más efectiva para estresar el metabolismo anaeróbico y la producción de potencia debería ser nadando más rápidamente no más lentamente. Cuando se nada más rápidamente en el entrenamiento, se estarán utilizando combinaciones de frecuencias de brazada y longitudes de brazada similares a las que se utilizan en la competición. Además, las sensaciones que se controlan para disminuir el arrastre también serán similares a las que se experimentan en la competición. Por otro lado, el entrenamiento oclusivo puede ser perjudicial para mejorar la tasa del metabolismo anaeróbico. Las frecuencias rápidas de brazada y la aplicación de una fuerza muscular sustancial estimularán la tasa del metabolismo anaeróbico más que nadar a velocidades más lentas y con menos fuerza. En resumen, una evaluación de las respuestas fisiológicas que produce la oclusión me sugiere que el entrenamiento oclusivo no es un procedimiento viable para los nadadores competidores. A la larga tiene el potencial de causar más daño que beneficios.

Correr

Correr y otras actividades en seco tales como subir y bajar cuestas y escaleras han llegado a ser actividades comunes para principios de temporada en algunos programas de natación. Muchos entrenadores y nadadores creen que estas actividades mejorarán la resistencia más de lo que podría mejorarla sólo la natación.

Correr evidentemente producirá adaptaciones centrales que pueden mejorar la capacidad aeróbica del nadador. Correr entrenará los sistemas circulatorio y respiratorio, causando mejoras en el gasto cardíaco, el volumen sistólico, el volumen corriente y la capacidad de difusión pulmonar, que mejorarán la provisión de oxígeno durante la natación. Puede que correr logre esto tan bien como la misma natación. Correr también producirá adaptaciones en los músculos de las piernas, tales como aumentar la capilarización, la redistribución de la sangre, y el número y el tamaño de las mitocondrias. Pero la natación puede producir todas estas adaptaciones igual de bien. Lo que es más importante es que la natación producirá efectos significativos de entrenamiento en los músculos de la parte superior del cuerpo. Éstos son los músculos que son cruciales para tener éxito en la mayoría de los estilos competitivos, y correr no puede producir efectos significativos de entrenamiento en ellos.

Se puede preguntar cómo correr llegó a ser una parte tan popular de muchos programas de natación. El razonamiento para incluir correr en el entrenamiento de los nadadores se basó originalmente en una investigación en la que sujetos entrenados lograron mayores frecuencias cardíacas y tasas más altas de consumo de oxígeno cuando corrían que cuando nadaban (Holmer, 1974). Desafortunadamente, algunas personas interpretaron estos resultados en el sentido en que correr era superior a la natación para mejorar la resistencia aeróbica. Sin embargo, esta conclusión es errónea. Los resultados del estudio demostraron sólo el principio de la especificidad. La mayoría de los sujetos del estudio de Holmer eran corredores entrenados; sólo unos pocos eran nadadores entrenados. Nadie se dio cuenta de que Holmer también afirmó que los nadadores competidores del grupo lograron frecuencias cardíacas y valores de consumo máximo de oxígeno más altos cuando nadaban que los que podían lograr los corredores.

Otros estudios han apoyado repetidamente la posición de que los deportistas logran los mayores aumentos del consumo de oxígeno con el entrenamiento específico (Magel *et al.,* 1975; McArdle *et al.,* 1978; Pechar *et al.,* 1974). En uno de estos, Magel *et al.* (1975) entrenaron a 15 hombres durante 1 hora al día, 3 días a la semana, durante un período de 10 semanas con repeticiones estándar de natación. Se midió el $\dot{V}O_2$máx para cada sujeto antes y después del entrenamiento, mientras nadaban y mientras corrían en un

tapiz rodante. El $\dot{V}O_2$máx durante la natación aumentó un 11% y el tiempo de natación hasta el agotamiento aumentó un 34%. En cambio, los sujetos no mostraron ninguna mejora en el $\dot{V}O_2$máx corriendo.

Los nadadores que compiten deben utilizar la carrera sólo como una forma complementaria de entrenamiento, nunca como sustituto. Cualquier nadador que sustituye correr por nadar para mejorar la capacidad aeróbica debe comprender que los resultados serán inferiores a los que podría obtener invirtiendo el mismo tiempo y esfuerzo en nadar.

Correr cuesta arriba o subiendo escaleras no es aconsejable para los nadadores bajo ninguna circunstancia. Las únicas mejoras que los nadadores pueden esperar obtener de correr escaleras arriba se producirán en los músculos de las piernas utilizadas en la carrera. Ninguna mejora ocurrirá en los músculos de la parte superior del cuerpo. Al mismo tiempo, los músculos de la pierna que son más activos en la natación que en la carrera no recibirán el mismo beneficio del entrenamiento que el que resultaría de nadar. Creo que los nadadores podrían invertir el tiempo que pasan subiendo cuestas y escaleras corriendo con mejor provecho realizando ejercicios de sólo piernas para mejorar la velocidad y la resistencia de los músculos de las piernas. En cuanto a las actividades en seco, los ejercicios que aumentan la potencia de la extensión de la pierna, tales como saltos pliométricos, saltos verticales y ejercicios de extensiones potentes de las piernas con pesas, mejorarían la potencia de las piernas para las salidas y los virajes más de lo que podría hacer el subir cuestas o escaleras corriendo.

Finalmente, subir cuestas o escaleras corriendo puede ser peligroso. Son comunes las lesiones causadas por una caída. Algunas de éstas pueden requerir que el nadador necesite algunos días de descanso para curarse, pero otras pueden ser tan graves que pueden obligarles a disminuir el entrenamiento durante una buena parte de la temporada. Pueden ocurrir lesiones en los tobillos, rodillas y las articulaciones de la cadera a causa del tremendo esfuerzo requerido para levantar el cuerpo de forma explosiva con una pierna.

Aunque personas de ambos sexos son susceptibles de sufrir lesiones de las piernas subiendo cuestas y especialmente escaleras corriendo, la incidencia

de tales lesiones es probablemente mayor entre las mujeres que entre los hombres. Como promedio, las mujeres tienen articulaciones más sueltas y ligamentos y tendones más pequeños. Además, la grasa representa un mayor porcentaje de su peso corporal, y los músculos un porcentaje menor. Estas diferencias entre los sexos hacen que las mujeres sean más susceptibles a lesionarse con actividades en las que tienen que soportar el peso corporal. Por otro lado, las mujeres generalmente tienen caderas más anchas que los hombres, lo que aumenta el ángulo entre el hueso largo del muslo, el fémur, y uno de los dos huesos largos de la pierna, la tibia. Cuando la mujer flexiona la rodilla, este mayor ángulo entre los huesos del muslo y de la pierna permite que la rótula, o patela, se desplace lateralmente más de lo que se desplaza en el hombre. Por lo tanto, las mujeres son más susceptibles a lesiones de rodilla, particularmente dislocaciones de la rótula (Wells, 1985). No recomiendo incluir subir y bajar escaleras corriendo en el programa de entrenamiento de nadadores, y especialmente nadadoras.

14

Entrenamientos de velocidad, a velocidad competitiva y de recuperación

Los entrenadores y los científicos han estado preocupados por el entrenamiento de recuperación a lo largo de los años, y con razón. Una mayor resistencia aeróbica probablemente contribuye más a un mejor rendimiento en todas las pruebas de 100 m o yardas y más que cualquier otra adaptación fisiológica. Pero también debo señalar que se ha prestado demasiada poca atención al entrenamiento de velocidad y de potencia. Las adaptaciones en estas áreas contribuyen a un mejor rendimiento en todas las pruebas, no sólo las de velocidad sino también las de medio fondo e incluso las de fondo. Las mejoras de velocidad y potencia proporcionan a los velocistas de las pruebas más largas y a los mediofondistas lo que se conoce como *velocidad fácil*, la capacidad de empezar las carreras más rápidamente con menos esfuerzo. También proporcionan a los nadadores de medio fondo y de fondo lo que se denomina un *acelerón final*, la capacidad de nadar más rápidamente durante la última parte de la carrera.

La natación a velocidad competitiva es otra parte del régimen de entrenamiento de la que los nadadores y los entrenadores a veces hacen caso omiso. Nadar a la velocidad competitiva en el entrenamiento simula la competición real mucho mejor que cualquier otra forma de entrenamiento. Utilizándola, los nadadores entrenan los procesos metabólicos aeróbicos y anaeróbicos para que interactúen de la forma más económica y efectiva para cada distancia competitiva. También entrenan su cuerpo para contrarrestar los efectos debilitadores de la fatiga, principalmente la acidosis, más efectivamente durante las carreras. Finalmente, el entrenamiento a velocidad competitiva ofrece a los nadadores la oportunidad de descubrir qué combinaciones de frecuencia y longitud de brazada funcionan mejor para cada distancia competitiva.

El entrenamiento de recuperación aumenta tanto la tasa como el grado de adaptación de todas las formas del entrenamiento. Dado que acelera la eliminación de toxinas de los músculos y la provisión de nutrientes, el entrenamiento de recuperación realiza una función importante. Este tipo de entrenamiento no produce simplemente “metros basura” como opinan algunas personas.

Los objetivos del entrenamiento de velocidad

Los dos principales objetivos del entrenamiento de la velocidad son aumentar la velocidad máxima para que los nadadores puedan empezar las carreras más rápidamente y mejorar su capacidad amortiguadora para que en la carrera puedan mantener una velocidad que esté más cerca de la máxima. Los temas presentados en esta sección serán los elementos del metabolismo energético que pueden aumentar la velocidad máxima y mejorar la capacidad amortiguadora. Por supuesto, los nadadores también pueden aumentar la velocidad mejorando la mecánica de la brazada y reduciendo al mínimo el arrastre creado por el cuerpo. Se trataron la mecánica de la brazada y el arrastre en la primera parte del libro, por lo que es innecesario hablar más

sobre ellos aquí. Los aspectos importantes de aumentar la velocidad máxima que cubrirá este capítulo se relacionan con la tasa de metabolismo anaeróbico, la mejora de la potencia muscular y el aumento de la capacidad amortiguadora. Como expliqué en el capítulo 10, el metabolismo anaeróbico se refiere a los primeros once pasos en la degradación del glucógeno muscular y la liberación de energía para reciclar el ATP. Aquí me referiré a él como potencia anaeróbica. El proceso de mejorar la potencia muscular es complicado, e implica aumentar la fuerza muscular, mejorar el patrón de reclutamiento de las fibras musculares por el sistema nervioso central y aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico. Los deportistas mejoran la capacidad amortiguadora creando la necesidad de almacenar más sustancias amortiguadoras en los músculos sometiendo el cuerpo a grandes acumulaciones de ácido láctico, el producto del metabolismo anaeróbico.

Mejorar la potencia aeróbica

Aunque las mediciones del consumo de oxígeno están reconocidas como la norma para expresar la capacidad aeróbica, ningún método está aceptado universalmente para cuantificar la potencia anaeróbica. Algunos científicos han intentado equiparar la potencia anaeróbica con el déficit de oxígeno para poderla expresar en mililitros de oxígeno por kilogramo de peso corporal por minuto (ml O_2/kg/min). Se han sugerido otras pruebas que incluyen el salto vertical, carreras a velocidad en pista horizontal o cuesta arriba, subir rápidamente las escaleras, y pruebas de pedaleo rápido en cicloergómetros. Todas han sido cuantificadas de maneras diferentes. Algunas se expresan en kilográmetros de trabajo por segundo, otras en vatios, y otras en newton. También se han utilizado para este propósito los valores pico de lactato sanguíneo después de esfuerzos de velocidad.

Desafortunadamente, ninguna de estas pruebas proporciona una medida exacta de la tasa máxima de metabolismo anaeróbico, aunque algunas la reflejan mejor que otras. Las mediciones del déficit de oxígeno han demostrado una correlación razonable con la velocidad de la carrera (Nummela *et al*., 1996), y la velocidad de nado de los 100 m (Takahashi *et*

al., 1992) y por esta razón pueden ser útiles para evaluar la potencia aeróbica.

Algunos estudios también han encontrado una relación significativa entre los valores pico del lactato sanguíneo después de carreras de velocidad máxima y la velocidad alcanzada corriendo (Berg y Keul, 1985; Jacobs *et al*., 1987; Lacour, Bouvat y Barthelemy, 1990), pero otros no han encontrado cambios (Chee-tham y Williams, 1987; Medbo y Burgers, 1990). La mayor parte de las pruebas sugieren que esta medida vale para ser utilizada con nadadores, a pesar de informes al contrario. Se presentarán algunas sugerencias para elaborar pruebas que miden la potencia aeróbica con los valores pico de lactato sanguíneo en un capítulo posterior sobre el control del entrenamiento.

Quiero comentar las otras pruebas. La prueba del salto vertical es realmente demasiado corta para reflejar la potencia anaeróbica; es más bien una prueba de potencia muscular. Las pruebas de correr y de pedaleo probablemente no son apropiadas para estudiar a los nadadores. Miden la producción rápida de trabajo en los músculos de las piernas. La natación, con la excepción del estilo de braza, es una actividad dominada por los brazos. El capítulo sobre el seguimiento del entrenamiento sugerirá algunas pruebas a realizar en el agua que quizá reflejen mejor la potencia anaeróbica de los nadadores. Estas pruebas incluyen procedimientos complejos tales como la medición de la producción de potencia en seco y las concentraciones de lactato sanguíneo durante la natación. Quizás el mejor procedimiento para evaluar la potencia anaeróbica es el más directo, probando a los nadadores para ver su velocidad en una distancia de 25 y 50 m o yardas.

Los investigadores no han estudiado ampliamente cuánto pueden mejorar los deportistas en cuanto a potencia anaeróbica. La literatura ha presentado mejoras en la velocidad máxima de carrera en el rango del 3% al 10% (Cadefau *et al*., 1990; Medbo y Burgers, 1990; Nevill *et al*., 1989; Nummela, Mero y Rusko, 1996). En uno de estos estudios (Nummela, Mero y Rusko, 1996) la mejora media de la velocidad máxima era del 3,4% después de un período de entrenamiento de 10 semanas pero sólo del 1,2% cuando el entrenamiento se extendió a un año. Este resultado sugirió a los autores que los deportistas podrían mantener altos niveles de rendimiento sólo durante períodos cortos durante el año y que, por lo tanto, era mejor aplicar ciclos de

intensificar el entrenamiento de la velocidad máxima a lo largo de la temporada en lugar de practicar de igual forma el entrenamiento de velocidad a lo largo de toda la temporada.

Las mejoras de un 3% a un 10% pueden parecer insignificantes hasta que se considera lo importante que 1/10 de segundo puede ser para un velocista. Por ejemplo, una mejora del 3% para una nadadora que compite en los 50 m libres en piscina larga con un mejor tiempo de 25,00 reduciría este tiempo a 24,25.

Mejorar la resistencia muscular anaeróbica

El segundo objetivo del entrenamiento de velocidad es mejorar el porcentaje de potencia anaeróbica máxima que un deportista puede mantener durante toda la distancia de una carrera de velocidad. Me refiero a esto como la *resistencia muscular anaeróbica*. La relación entre la potencia anaeróbica y la resistencia anaeróbica muscular se ilustra en el gráfico presentado en la figura 14.1.

Es difícil distinguir entre la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Se podría argumentar, con bastante exactitud, que son realmente lo mismo porque ambas implican el suministro de oxígeno, el uso del oxígeno, las tasas de eliminación de lactato y la mejora de la capacidad amortiguadora. Sin embargo, creo que las dos formas de la resistencia difieren de una manera sutil pero importante en cuanto a entrenarse para ciertas pruebas. En las pruebas de medio fondo los nadadores necesitan realizar su entrenamiento anaeróbico de manera que haga hincapié en mejorar el consumo de oxígeno y la eliminación del lactato primero y la capacidad amortiguadora en segundo lugar. Para ellos, las series de repeticiones deben ser razonablemente largas para dar tiempo a que se estimulen la mayoría de estos mecanismos a un alto nivel de funcionamiento. En cambio, los velocistas necesitan primero hacer hincapié en mejorar la capacidad amortiguadora con su entrenamiento. Se agradecen las mejoras del consumo de oxígeno y de la eliminación de lactato, pero su efecto es secundario al de mejorar la capacidad amortiguadora porque

los velocistas generalmente terminan su prueba en 1 min o menos. Por esta razón, he escogido identificar la resistencia muscular anaeróbica separadamente de la resistencia muscular aeróbica. La distinción subraya la importancia de una mejor capacidad amortiguadora en los velocistas, un objetivo logrado mejor con series cortas e intensas que con las series anaeróbicas más largas que los nadadores utilizan para mejorar la resistencia muscular aeróbica.

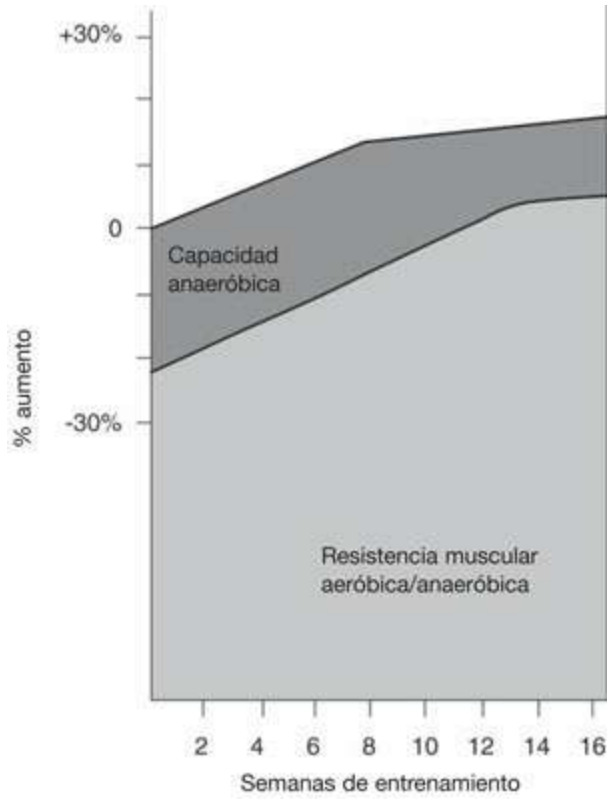


Figura 14.1. La relación entre la capacidad anaeróbica y la resistencia muscular anaeróbica. El entrenamiento aumenta la capacidad anaeróbica rápidamente durante las primeras 8 a 10 semanas, después de las cuales desacelera la tasa de mejora. El nadador puede nadar sólo al 80% de este máximo al principio. Sin embargo, con un entrenamiento apropiado puede nadar al 90% de la capacidad máxima anaeróbica durante toda la carrera de velocidad.

El término *resistencia muscular anaeróbica* tal y como se utiliza en este libro es sinónimo del término *capacidad anaeróbica* tal y como se define en la mayor parte de la literatura sobre fisiología del entrenamiento. Como se mencionó anteriormente, la capacidad amortiguadora contribuye de manera

principal a la resistencia muscular anaeróbica, particularmente en las carreras de velocidad, aunque existen pruebas de que la eliminación del lactato puede también desempeñar un papel significativo. Nevill y colaboradores (1989) encontraron que un aumento del reciclaje anaeróbico del ATP después de entrenar la velocidad produjo una reducción del pH sanguíneo pero ninguna reducción del pH muscular durante una carrera de velocidad de 30 s. Por lo tanto, razonaron que buena parte de los hidrogeniones producidos en los músculos debía haber sido transportada fuera de los músculos a la sangre durante la carrera de velocidad de 30 s. Creo que la mejor capacidad amortiguadora y un aumento de la tasa de eliminación del lactato también son razones principales que explican la mejor resistencia en las pruebas de 100 y 200 m, aunque un aumento de la tasa del consumo de oxígeno llega a ser más importante en la prueba de 200 m que en las carreras más cortas.

Al igual que la potencia anaeróbica, la resistencia muscular anaeróbica no se mide con un método universalmente aceptado. Los intentos de cuantificarla han incluido pruebas que miden la disminución de producción de potencia máxima o de velocidad durante un esfuerzo máximo que dura 1 ó 2 min. En estas pruebas, los sujetos empiezan con un esfuerzo máximo, no tratan de escoger el ritmo adecuado, y continúan hasta que están completamente exhaustos o han terminado una duración de trabajo previamente determinada que produciría una acidosis intensa. Entonces se determina su resistencia muscular anaeróbica del valor de la disminución de potencia o de velocidad a lo largo de la prueba. El problema con estas pruebas es que la motivación o la falta de ella tiene una influencia significativa. Se han utilizado mediciones del déficit de oxígeno para este objetivo con un éxito razonable. También se ha utilizado un procedimiento en el que la velocidad que produce una concentración de lactato sanguíneo de 10 mmol/l durante una serie progresiva de carreras de velocidad de 100 ó 200 m, para medir los cambios de la resistencia muscular anaeróbica en la natación. Sin embargo, este método probablemente refleja una combinación de resistencia muscular aeróbica y anaeróbica más de lo que refleja una mejor capacidad amortiguadora. Un capítulo posterior describirá algunos procedimientos para medir la resistencia muscular anaeróbica.

El grado de mejora que los nadadores pueden esperar lograr en la resistencia muscular anaeróbica es difícil de estimar porque muy pocos

estudios han evaluado el tema. En uno de los pocos estudios que analizaron los efectos del entrenamiento de velocidad sobre la capacidad amortiguadora muscular, Sharp y colaboradores (1986) obtuvieron una mejora media del 37% en la capacidad amortiguadora de un grupo de sujetos no entrenados después de 8 semanas de pedaleo de velocidad. El rango de mejora era del 12% al 50% para los sujetos del estudio, lo que resultó en una mejora media del 27% del trabajo realizado durante una prueba máxima de pedaleo de 45 s. Los sujetos se entrenaron 4 días a la semana, realizando ocho esfuerzos máximos de pedaleo de 30 s con 4 min de descanso después de cada esfuerzo.

Tres tipos de entrenamiento de velocidad

Dado que el entrenamiento de velocidad implica mejorar dos procesos, la potencia anaeróbica y la resistencia muscular anaeróbica, los velocistas deben utilizar tres tipos de entrenamiento. Llamo al primer nivel entrenamiento de la *tolerancia al lactato (Ve-1)*. El objetivo de este tipo de entrenamiento es aumentar la capacidad amortiguadora y la resistencia muscular anaeróbica. El segundo tipo es el entrenamiento de la *producción de lactato (Ve-2)*. Su objetivo es mejorar la tasa de glucólisis anaeróbica. Aumentar la fuerza y la potencia muscular es el objetivo del tercer tipo, el entrenamiento de la *potencia (Ve-3)*.

Tipos de entrenamiento de velocidad

1. La tolerancia al lactato (Ve-1). El objetivo es mejorar la capacidad amortiguadora y la resistencia muscular anaeróbica.

2. La producción de lactato (Ve-2). El objetivo es aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico.

3. El entrenamiento de la potencia (Ve-3). El objetivo es aumentar la fuerza y la potencia muscular.

El entrenamiento de tolerancia al lactato

El entrenamiento de tolerancia al lactato implica nadar repeticiones largas de velocidad con períodos de descanso medios o largos o repeticiones cortas de velocidad con períodos de descanso cortos. El objetivo es producir la acidosis en las fibras musculares activas y así estimular un aumento de la capacidad amortiguadora del músculo.

Efectos del entrenamiento

Los efectos principales del entrenamiento de tolerancia al lactato son: (1) mejorar la capacidad amortiguadora, (2) mejorar la capacidad de los nadadores para mantener la integridad de la brazada y la velocidad de nado a pesar de la acidosis intensa, y (3) mejorar la capacidad de los nadadores para tolerar el dolor de la acidosis.

Las adaptaciones secundarias incluyen aumentos de las concentraciones de glucógeno, ATP y CP, y un aumento de la tasa de eliminación de lactato de los músculos y de la sangre. El entrenamiento de tolerancia al lactato también aumentará un poco el $\dot{V}O_2$ máx, probablemente porque estimula los mecanismos de consumo de oxígeno de las fibras musculares CRb. Este efecto es probablemente mínimo. Sharp y sus colaboradores (1986) encontraron un aumento del 8% del $\dot{V}O_2$ máx en un grupo de sujetos después de entrenar la velocidad que se ajusta a la categoría de tolerancia al lactato.

El entrenamiento de tolerancia al lactato también aumentará la tasa del metabolismo anaeróbico. Medbo y Burgers (1990) encontraron que corredores velocistas experimentados que se entrenaron con carreras rápidas de 2 min aumentaron su tasa de metabolismo anaeróbico tanto como otro grupo de velocistas que se entrenaron haciendo carreras rápidas de 20 s. Al parecer, las adaptaciones de entrenamiento que son consecuencia del

entrenamiento de tolerancia al lactato solapan de forma considerable las que ocurren con el entrenamiento de producción de lactato. No obstante, creo que los efectos difieren bastante como para merecer el diseño de repeticiones específicas para cada objetivo.

Efectos del entrenamiento de tolerancia al lactato

Principales

- Aumenta la capacidad amortiguadora muscular.
- Mejora la capacidad de los nadadores para mantener una buena técnica a pesar de la acidosis intensa.
- Mejora la capacidad de los nadadores para tolerar el dolor de la acidosis intensa.

Secundarios

- Aumenta las cantidades de glucógeno, ATP y CP almacenadas en las fibras musculares entrenadas.
- Aumenta la tasa de la eliminación de lactato de los músculos y de la sangre.
- Aumenta el $\dot{V}O_2$ máx.
- Aumenta la tasa de metabolismo anaeróbico.

La planificación de la temporada

La natación es la mejor forma de entrenamiento de tolerancia al lactato a causa de sus efectos específicos. Los efectos del entrenamiento que mejoran la capacidad amortiguadora muscular ocurren sólo en y alrededor de las fibras utilizadas en el entrenamiento. La natación, especialmente cuando los nadadores utilizan el estilo o los estilos que utilizarán en la competición, es la mejor manera de asegurarse de que dichas fibras estén siendo entrenadas.

Las adaptaciones al entrenamiento de tolerancia al lactato ocurren rápidamente. Puede haber mejoras significativas de la capacidad amortiguadora muscular en 4 a 6 semanas. Por lo tanto, no hace falta hacer mucho hincapié en el entrenamiento de tolerancia al lactato hasta 4 a 6 semanas antes de la puesta a punto para una competición importante. Hasta entonces, toma de tiempos ocasionales, competiciones y el entrenamiento de resistencia con sobrecarga servirán para mejorar la capacidad amortiguadora y la tolerancia al dolor. Recomiendo hacer hincapié en el entrenamiento de tolerancia al lactato a finales de la temporada sólo para los velocistas. Los mediofondistas y los fondistas no necesitan participar en el entrenamiento de tolerancia al lactato. Pueden utilizar las pruebas contrarreloj, el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y el entrenamiento a la velocidad competitiva a lo largo de toda la temporada para mejorar la capacidad amortiguadora y la tolerancia al dolor.

Los artefactos del entrenamiento en seco como balones medicinales, pesas, calisténicos, gomas, banco de nado, etc., y la máquina Vasa son formas alternativas de mejorar la capacidad amortiguadora muscular. Se debe planificar el entrenamiento en seco utilizado para este propósito cuidadosamente para incluir los grupos musculares deseados. Estos métodos deben servir sólo como complemento, nunca como sustituto, del entrenamiento de tolerancia al lactato en el agua.

El entrenamiento de tolerancia al lactato se debe administrar de forma razonable. Aunque puede mejorar ciertos aspectos del metabolismo, también tiene el potencial de causar serios efectos secundarios que podrían reducir el rendimiento. La acidosis que resulta del entrenamiento de tolerancia al lactato será bastante elevada. Los daños estructurales tienen el potencial de generalizarse tanto a lo largo del tiempo que los nadadores pueden perder resistencia y potencia. Además, si se realiza demasiado a menudo, el

entrenamiento de tolerancia al lactato puede debilitar las respuestas de los sistemas endocrino e inmune. Una disminución de la función de dichos sistemas podría resultar en una tasa menor de recuperación, una pérdida de la motivación para entrenarse y competir, y una mayor incidencia de infecciones virales y lesiones musculares y articulares.

Otra razón por la que los nadadores no deben realizar el entrenamiento de tolerancia al lactato demasiado a menudo es que los entrenamientos de resistencia con sobrecarga y al nivel del umbral también producen muchos de sus efectos potencialmente dañinos. Por consiguiente, el entrenamiento de tolerancia al lactato no debe utilizarse con demasiada frecuencia cuando se está haciendo hincapié en estas dos formas de entrenamiento de resistencia, ni debe programarse el entrenamiento de resistencia con sobrecarga o al nivel del umbral demasiado a menudo cuando el entrenamiento de tolerancia al lactato es el objetivo de un ciclo particular de entrenamiento.

Se podría preguntar por qué los nadadores deben emplear el entrenamiento de tolerancia al lactato si el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga pueden producir los mismos efectos de entrenamiento. El razonamiento es que el entrenamiento de tolerancia al lactato es uno de los mejores métodos para mejorar la capacidad amortiguadora de los velocistas. Las series son más cortas, más rápidas y requieren tasas más altas de metabolismo anaeróbico. Por lo tanto, simulan la naturaleza de las carreras de velocidad más eficazmente que las series de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral o con sobrecarga. Al mismo tiempo, es menos probable que reduzcan la tasa de metabolismo anaeró hasta el punto que se ve disminuido por el entrenamiento de resistencia. Por consiguiente, el entrenamiento de tolerancia al lactato es una mejor forma de entrenar la capacidad amortiguadora de los velocistas durante las últimas etapas de la temporada, cuando aumentar la velocidad de la carrera debe ser una consideración principal de los programas de entrenamiento.

Los velocistas deben limitar su entrenamiento de tolerancia al lactato a una pequeña serie a la semana al principio de la temporada y a una o dos series cortas en medio de la temporada cuando hacen hincapié en aumentar la velocidad y la capacidad anaeróbica. Se podrían programar las series de tolerancia al lactato quizá dos veces a la semana durante este período, pero

sólo para 4 a 6 semanas. Los velocistas pueden aumentar la capacidad amortiguadora de forma considerable durante este corto período, y mantener el trabajo de la tolerancia al lactato en niveles moderados reducirá la posibilidad de causar la saturación y el sobreentrenamiento.

La tasa del uso de glucógeno durante el entrenamiento de la tolerancia al lactato es alta, y la cantidad perdida de las fibras musculares, particularmente de las fibras musculares de contracción rápida, será considerable. Algunas fibras musculares de contracción rápida pueden agotar su glucógeno durante largas series de tolerancia al lactato, pero no es probable cuando las series son cortas e infrecuentes, cuando no se programan seguidas y cuando no se realizan en combinación con series de resistencia al nivel del umbral o con sobrecarga.

Como ya se ha mencionado, los daños musculares que resultan de la acidosis que es consecuencia de las series de tolerancia al lactato pueden ser considerables. Por consiguiente, los nadadores deben tener 2 ó 3 días de recuperación después de realizar una serie. No se debe programar el entrenamiento de resistencia al nivel de umbral, con sobrecarga ni a velocidad competitiva durante este tiempo, pero los nadadores pueden realizar un entrenamiento de resistencia básica y de producción de lactato.

Directrices para elaborar las series de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato

El objetivo del entrenamiento de tolerancia al lactato es producir una acidosis elevada en las fibras musculares activas para que dichas fibras almacenen más sustancias amortiguadoras y lleguen a ser más efectivas en el amortiguamiento del ácido láctico. Al mismo tiempo, los nadadores también deben concentrarse en mantener un alto nivel de esfuerzo y una mecánica de brazada eficaz a pesar de la acidosis. Este entrenamiento, que puede ser más mental que físico, les ayudará por lo menos de dos maneras. Primero, puede que lleguen a ser menos sensibles al dolor de la acidosis, y segundo, pueden

acondicionarse para *no* cometer algunos de los errores técnicos comunes, que acompañan la acidosis elevada, tales como permitir que sus brazos resbalen por el agua, perder el ritmo de brazada, sacrificar demasiada distancia por brazada o sacrificar frecuencia de brazada para mantener la distancia.

Factores como la distancia de la repetición y los intervalos de descanso no son cruciales en el diseño de las series de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato. Cualquier grupo de repeticiones que produzca la acidosis pueden provocar el efecto de entrenamiento. Por consiguiente, la intensidad y el número de repeticiones son los ingredientes más importantes de las series de este tipo. Los nadadores pueden utilizar tres métodos generales para estimular la acidosis intensa en el entrenamiento. El primero es nadar repeticiones de 100 m o yardas y más a una velocidad muy rápida con largos períodos de descanso después de cada repetición. He denominado este tipo de series de repeticiones *largas repeticiones de velocidad con descansos largos*, por razones obvias. El segundo es nadar repeticiones de 25 m o yardas y más con intervalos de descanso de duración media que no permiten recuperarse de la acidosis después de cada repetición. El nombre de este tipo de serie es *repeticiones de velocidad con descansos medios*. El tercer método implica series rotas, es decir, nadar series pequeñas de repeticiones con intervalos de descanso muy cortos. Llamo a este método *repeticiones de velocidad con descansos cortos*. El gráfico presentado en la figura 14.2 ilustra el efecto probable de cada tipo de repetición sobre el pH muscular. Los siguientes apartados describirán estos efectos.

Largas repeticiones de velocidad con descansos largos. Nadar largas repeticiones de velocidad con intervalos largos de descanso mejora la capacidad amortiguadora porque cada repetición produce una acidosis intensa. Los nadadores deben descansar durante por lo menos 5 a 10 min para dar tiempo a que se elimine una cantidad significativa de ácido láctico de los músculos y restaurar un poco el pH muscular antes de intentar otra repetición (Krukau, Volker y Leisen, 1987; Troup, Metzger y Fitts, 1985). Si no, no podrán nadar bastante rápido en las repeticiones siguientes para estimular una acidosis adicional.

Nadar las repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato de esta forma ofrece varias ventajas. La serie producirá una acidosis intensa varias veces,

proporcionando así períodos múltiples de estimulación para mejorar la capacidad amortiguadora. Dado que la velocidad de las repeticiones estará cerca de la competitiva, los nadadores podrán también concentrarse en utilizar patrones respiratorios parecidos a los que emplean en la competición, realizar buenos virajes, mantener la integridad de la brazada y resistir los efectos de una acidosis elevada.

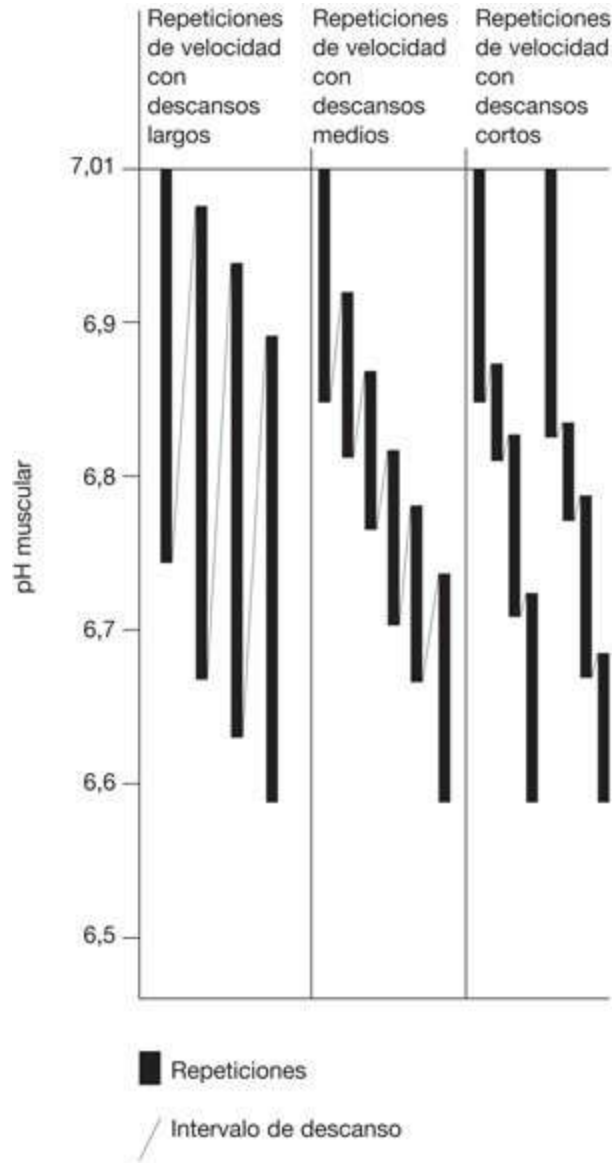


Figura 14.2. Tres métodos para nadar las repeticiones dirigidas a entrenar la tolerancia al lactato. El primer método implica nadar largas repeticiones de velocidad con largos intervalos

de descanso. Este método produce una acidosis intensa con cada repetición y permite que el pH muscular vuelva al nivel normal después de cada una. El segundo método implica nadar las repeticiones de velocidad con intervalos medios de descanso. Este método produce una reducción gradual del pH muscular. El intervalo de descanso es demasiado corto para permitir la eliminación de una gran cantidad de ácido láctico de las fibras musculares activas entre las repeticiones, así que ocurre un efecto acumulativo que produce un nivel bajo de pH muscular al final de la serie. El tercer método implica nadar varias series cortas de repeticiones rápidas con intervalos de descanso muy cortos. Estos intervalos son tan cortos que permiten la eliminación de sólo una pequeña cantidad de ácido láctico de los músculos entre las repeticiones. Como resultado, ocurre un efecto acumulativo que reduce el pH muscular de forma considerable al final de unas pocas repeticiones.

Las mejores distancias para estas repeticiones son 100 ó 200 m o yardas porque son las distancias mínimas que producirán el efecto de entrenamiento deseado. Estas distancias son suficientemente largas para causar una acidosis intensa pero suficientemente cortas para que los nadadores puedan realizar varias repeticiones durante una sesión dada de entrenamiento.

El volumen óptimo de las series de repeticiones de este tipo es de entre 300 y 800 m o yardas. Los trabajos de Gollnick y colaboradores (1973) apoyan esta recomendación. Demostraron que las fibras musculares de contracción rápida llegaron a agotar su glucógeno después de cuatro a seis ejercicios máximos en el cicloergómetro.

La velocidad nadando debe ser mayor que la correspondiente al nivel del umbral para que el ácido láctico se acumule en los músculos. Me siento tentado de decir que los nadadores deben nadar estas repeticiones lo más rápido posible, pero ninguna evidencia científica apoya este consejo. Puede ser que nadar estas repeticiones tan rápidamente como sea posible mejore el efecto de entrenamiento. En cambio, simplemente bajar el pH sustancialmente con velocidades de natación rápidas pero no máximas puede producir un estímulo para mejorar la capacidad amortiguadora muscular que sea tan efectivo como nadar más rápido.

Una buena regla práctica es que la velocidad de la repetición debe ser por lo menos el 85% del mejor tiempo en las pruebas de 100 y 200 m o dentro de 6 s del mejor tiempo del nadador para los 100 m y dentro de 12 s del mejor tiempo para los 200 m. Los fondistas deben poder nadar estas repeticiones más cerca de su mejor tiempo que los velocistas porque los primeros generalmente tienen una mayor capacidad y resistencia aeróbica y, por lo

tanto, no producen tanto ácido láctico.

Repeticiones de velocidad con descansos medios. En el segundo método, en el que los nadadores realizan una serie de repeticiones con un intervalo de descanso medio, el intervalo debe ser suficientemente largo para permitirles nadar más rápido que la velocidad al nivel del umbral, pero no tan largo que les permita más que una recuperación modesta de la acidosis entre repeticiones. La principal ventaja de esta serie comparada con la anterior es que permite a los nadadores realizar más repeticiones en un período de tiempo designado o el mismo número de repeticiones en menos tiempo. Las repeticiones de velocidad con descansos medios proporcionan las mismas oportunidades para estimular aumentos de las sustancias amortiguadoras en los músculos y para practicar las técnicas de la competición bajo condiciones de acidosis elevada.

Cualquier distancia de repetición puede emplearse para las de velocidad con descansos medios, pero sugiero distancias de repeticiones que sean la mitad de la competitiva o menos porque la velocidad de las mismas será más cercana a la competitiva. Generalmente, los velocistas repetirán distancias de 25, 50, 75 y 100 m o yardas para estas series.

El volumen óptimo para estas series se sitúa entre 600 y 1.200 m o yardas. Los velocistas que se especializan en pruebas cortas deben generalmente mantener el volumen de sus series en 800 m o yardas o menos, mientras que los nadadores que compiten en pruebas de 200 m pueden aumentar en ocasiones a la distancia mayor para la serie.

Los tiempos de salida deben permitir aproximadamente 15 s de descanso para las repeticiones de 25 m, 15 a 30 s de descanso para las repeticiones de 50 m, 30 a 40 s de descanso para las repeticiones de 75 m y 45 a 60 s de descanso para las repeticiones de 100 m. La velocidad de entrenamiento debe ser más rápida que la correspondiente al umbral para asegurar que los nadadores estén acumulando ácido láctico en los músculos.

Resumen de las directrices para elaborar series de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato

- **Volumen de la serie.** De 300 a 1.200 m o yardas. La distancia óptima de la serie para los velocistas es de 400 a 800 m o yardas. Los mediofondistas y los fondistas pueden nadar series más largas.

- **Distancias de las repeticiones.** Distancias de 100 a 200 m o yardas son óptimas para las repeticiones con un descanso largo. Distancias de 25 a 100 m o yardas son óptimas para los velocistas en series con intervalos de descanso medios y cortos. Los mediofondistas y los fondistas pueden aumentar el volumen de las repeticiones a entre 200 y 500 m o yardas, aunque no es necesario hacerlo.

- **Intervalos de descanso.** Los intervalos de descanso deben ser de 3 a 10 min en series en las que el objetivo es producir una acidosis elevada con cada repetición; entre 15 s y 2 min cuando los nadadores realizan repeticiones con un tiempo de salida medio, y muy cortos, entre 5 y 30 s, para las series que se realizan como múltiplos de la distancia de la competición.

- **Velocidad.** La velocidad de entrenamiento debe ser más rápida que la correspondiente al umbral y suficiente para bajar el pH muscular hasta el punto en que cause una acidosis elevada.

En la tabla 14.1 se presentan algunos ejemplos de series de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato.

Repeticiones de velocidad con descansos cortos. La acidosis se produce manteniendo el tiempo de recuperación muy corto en el tercer método para entrenar la tolerancia al lactato, es decir, las repeticiones de velocidad con intervalos de descanso cortos. Los nadadores realizan este tipo de serie como serie rota, en la que terminan la distancia de la serie como repeticiones de menor distancia con períodos de descanso muy cortos. La mejora de la

capacidad amortiguadora se obtiene por el efecto acumulativo del ácido láctico en los músculos que provoca una acidosis intensa después de varias repeticiones.

Las series rotas y otras repeticiones de velocidad realizadas con intervalos de descanso muy cortos son motivadoras y requieren sólo un corto período de tiempo en el entrenamiento para lograr el propósito de mejorar la capacidad amortiguadora. Ofrecen las mismas oportunidades para practicar la resistencia al estrés de la acidosis mientras se mantenga una buena técnica competitiva.

Se puede utilizar cualquier distancia que produzca la acidosis para este propósito, pero las repeticiones que son un cuarto de la distancia de la prueba del nadador o menos fomenta realizar el entrenamiento a una velocidad cercana a la competitiva. Estas series pueden ser extremadamente motivadoras.

El volumen de cada serie puede ser cualquier distancia que produzca la acidosis. Las series que tienen la misma distancia de la prueba, ligeramente más cortas o ligeramente más largas de la distancia de la prueba son óptimas. Las series que son ligeramente más cortas que la prueba animan al sujeto a nadar más rápidamente. Las series que son ligeramente más largas que la prueba acondicionan a los nadadores para que mantengan una buena técnica durante una mayor distancia que la de la prueba. Los nadadores pueden realizar de dos a cuatro de tales series en una sesión de entrenamiento siempre que tengan tiempo para restaurar el pH muscular aproximadamente a su nivel normal entre cada serie.

Los intervalos de descanso deben ser bastante cortos, de 5 a 15 s para que haya poca recuperación entre las repeticiones. La velocidad máxima de las repeticiones debe aproximarse a la velocidad competitiva y la mínima ciertamente debe ser mayor que la correspondiente al umbral.

La recuperación activa comparada con la pasiva

Los sujetos deben nadar siempre de forma suave entre las repeticiones para entrenar la tolerancia al lac tato a no ser que el tiempo de salida sea demasiado corto para poder hacerlo. Cuando esto ocurre deben organizar las series más largas de repeticiones en series más cortas con una repetición de recuperación después de cada serie corta. Varios estudios han demostrado que los nadadores pueden eliminar más ácido láctico de los músculos en un tiempo más corto cuando siguen haciendo un ejercicio moderado durante el período de descanso entre los esfuerzos comparado con la inactividad durante el período de recuperación (Belcastro y Bonen, 1975; Bond *et al*., 1987; Davies, Knibbs y Musgrove, 1970; Hermansen, 1981; Hermansen y Stensvold, 1972). Moverse a un ritmo moderado durante los períodos de recuperación se ha denominado procedimiento de *recuperación activa*, y permanecer inactivo se llama *recuperación pasiva*. Belcastro y Bonen (1975) compararon a un grupo de corredores que hicieron *jogging* durante el período de recuperación con otro grupo que simplemente se tumbaron o se sentaron al lado de la pista durante el mismo período. La tasa de recuperación entre los que utilizaron el procedimiento de recuperación activa era 100% mayor a los 5 min y 400% mayor a los 20 min.

Tabla 14.1. Ejemplos de series de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato

Largas repeticiones de velocidad con descansos largos

6 x 100 con tiempo de salida de 7 min
3 x 200 con tiempo de salida de 10 min

Repeticiones de velocidad con intervalos de descanso medios

12 x 25 con tiempo de salida de 30 s
12 x 50 con tiempo de salida de 1 min
8 x 100 con tiempo de salida de 2 min
6 x 200 con tiempo de salida de 3 ó 4 min

Repeticiones de velocidad con intervalos de descanso cortos

3 series de 4 x 25 con tiempo de salida de 20 a 30 s
3 series de 4 x 50 con un intervalo de descanso de 10 a 15 s

15 x 100 con un tiempo de salida de 1:30

En otro estudio que comparó los métodos de recuperación activa y pasiva (Hermansen, 1981), los sujetos del grupo de recuperación pasiva se sentaron tranquilamente después de un ejercicio realizado hasta el agotamiento. Los miembros del grupo de recuperación activa siguieron corriendo suavemente a un ritmo que requería del 50% al 60% del esfuerzo. El grupo de recuperación pasiva necesitó aproximadamente dos veces el tiempo para eliminar la misma cantidad de lactato de la sangre que el grupo de recuperación activa.

El ejercicio ligero es superior al simple descanso durante los períodos de recuperación porque mantiene una tasa mayor de riego sanguíneo, que elimina más ácido láctico de los músculos en menos tiempo. El esfuerzo durante la recuperación debe ser moderado. A niveles de esfuerzo muy bajos, la tasa de eliminación será más lenta que la óptima, dificultando así la recuperación. En cambio, un esfuerzo de recuperación que sea demasiado agotador producirá ácido láctico adicional y retrasará el proceso.

Varios estudios han intentado identificar la mejor modalidad de ejercicio para utilizar durante la recuperación y la intensidad apropiada de esfuerzo para la recuperación activa. Con respecto a la modalidad del ejercicio, un estudio demostró claramente que los nadadores se recuperan más rápidamente nadando durante la recuperación en lugar de realizar otro ejercicio no específico (Krukau, Volker y Leisen, 1987). La natación suave durante el período de la recuperación devolvió el nivel de lactato sanguíneo al de reposo en aproximadamente 6 min después de una contrarreloj rápida de 200 m. El tiempo necesario para producir la misma respuesta era de 13 min cuando los nadadores utilizaban un ejercicio suave en el cicloergómetro como su modalidad de recuperación activa.

En lo que concierne la intensidad, Hermansen y Stensvold (1972), entre otros, han demostrado que el ejercicio realizado con un esfuerzo entre el 50% y el 70% de $\dot{V}O_2$ máx produce una recuperación más rápida que un ejercicio que fuera menos o más vigoroso. Por supuesto, los nadadores no ganan mucho con saber que las tasas óptimas de esfuerzo para la recuperación activa son unos porcentajes particulares del consumo máximo de oxígeno.

Por esta razón, Cazorla y colaboradores (1983) identificaron las tasas en términos más prácticos. Encontraron que los nadadores se recuperaron más del doble de rápido nadando a entre el 60% y el 75% de su velocidad máxima para los 100 m. Otro aspecto interesante de este estudio fue que los nadadores se recuperaron tan rápidamente cuando escogieron su propia velocidad para la natación de recuperación. Al parecer, los nadadores pueden identificar intuitivamente el esfuerzo apropiado para la recuperación. Dejados solos, escogen la velocidad adecuada para este fin.

La velocidad de entrenamiento para las repeticiones de tolerancia al lactato

La velocidad de entrenamiento debe ser suficiente para producir la frecuencia cardíaca máxima durante la natación para entrenar la tolerancia al lactato. El esfuerzo percibido debe estar en el rango de 18 a 20 en una escala de 20, y las concentraciones de lactato sanguíneo deben estar cerca del nivel máximo. Pero, de hecho, los entrenadores no necesitan utilizar ninguno de estos métodos para controlar la velocidad de las series para entrenar la tolerancia al lactato. El tiempo de la repetición y las reacciones fatigadas de los nadadores proporcionan la evidencia más objetiva de que se están entrenando adecuadamente o no. La única razón por la que los entrenadores deben utilizar otros procedimientos de control es cuando sospechan que los nadadores están esforzándose menos de lo normal y quieren validar su sospecha.

La sobrecarga progresiva

Cualquiera de los métodos comunes de aumentar la sobrecarga –aumentar la velocidad de la repetición, reducir la duración del intervalo de descanso o aumentar el volumen– pueden utilizarse eficazmente con la natación para la tolerancia al lactato. Un aumento de la velocidad media de la repetición para

una serie es una buena indicación de que se está mejorando la resistencia muscular anaeróbica.

Una reducción gradual de la duración del intervalo de descanso puede emplearse eficazmente con las repeticiones de velocidad realizadas con un intervalo de descanso medio o corto. Sin embargo, no recomiendo este método para las repeticiones que se realizan con un descanso largo porque el efecto de entrenamiento ocurre dentro de cada repetición. Si hay una reducción de la velocidad de la repetición cuando se reducen los intervalos de descanso, los nadadores deben intentar aplicar la sobrecarga trabajando con la idea de recuperar la velocidad de la repetición hasta el nivel anterior.

Aumentar el número de repeticiones para entrenar la tolerancia al lactato por serie o aumentar el número de series por semana, dentro de lo razonable, es otra manera de estimular mejoras con este tipo de entrenamiento. Los nadadores deben realizar este procedimiento sólo durante un período corto, quizá de 4 a 6 semanas, para evitar los efectos perjudiciales de producir la acidosis con demasiada frecuencia, y deben realizarlo al final de la temporada después de haber aumentado su capacidad aeróbica.

Otros tipos de entrenamiento de tolerancia al lactato

Las series de repeticiones para el entrenamiento de tolerancia al lactato pueden adoptar otras formas. También se pueden utilizar formas específicas de entrenamiento en seco para este fin.

Series de repeticiones con el tiempo de salida más corto posible. Una manera ideal para elaborar series de repeticiones para mejorar la capacidad amortiguadora es utilizar las series de repeticiones con el tiempo de salida más corto posible. La tabla 14.2 presenta dos ejemplos de dichas series.

Series de repeticiones de distancia mixta, descanso mixto y estilo mixto. En la tabla 14.2 se presentan algunos ejemplos de series de repeticiones de

distancia mixta, descanso mixto y estilo mixto diseñados para mejorar la capacidad amortiguadora. Los diseños de series de este tipo son muy apropiados para este objetivo porque puede haber largos períodos de descanso activo entre las repeticiones rápidas.

El entrenamiento de tolerancia al lactato en seco. Cualquiera de los tres métodos para entrenar la tolerancia al lactato que se acaban de describir pueden adaptarse al entrenamiento en seco. El entrenamiento en seco diseñado para mejorar la capacidad amortiguadora de los músculos debe incluir esfuerzos intensos que duran de 45 s a 2 min con períodos largos de descanso activo después de cada esfuerzo. Deben bastar de cuatro a seis de dichos esfuerzos.

El entrenamiento de tolerancia al lactato en seco también puede consistir en varios esfuerzos más cortos con períodos más cortos de descanso que finalmente producen acidosis. Cualquier método que cuantifique el trabajo realizado durante el entrenamiento de tolerancia al lactato en seco mejorará la motivación de los nadadores y quizá también el efecto de entrenamiento que reciben. La tabla 14.2 presenta algunos ejemplos de entrenamiento en seco que mejorarán la capacidad amortiguadora.

El entrenamiento de producción de lactato

El entrenamiento de producción de lactato consta de carreras cortas de velocidad casi máxima para mejorar la potencia anaeróbica.

Efectos de entrenamiento

Un período de entrenamiento de 4 a 8 semanas puede producir mejoras significativas de la tasa de metabolismo anaeróbico. La investigación sugiere

que las mejoras pueden seguir produciéndose durante 1 a 2 años con un entrenamiento continuo a largo plazo (Olbrecht, 2000). En un estudio (Nevill *et al*., 1989) la cantidad de ATP que se recicló anaeróbicamente aumentó un 20% después de 8 semanas de entrenamiento de velocidad. Los autores sugieren que un aumento de la enzima fosfofructocinasa (PFK) contribuyó mucho a este aumento de la tasa del metabolismo anaeróbico. Lo que sorprende es que la cantidad de energía proporcionada por el creatinfosfato no cambió. Los sujetos de este estudio fueron ocho hombres y mujeres activos pero no deportistas. Se entrenaron corriendo dos repeticiones máximas de 30 s con 10 min de descanso después de cada una. Realizaron este entrenamiento dos veces por semana. También realizaron de 6 a 10 repeticiones de velocidad de 6 s con 54 s de descanso después de cada una, una vez a la semana. Según los autores, su estudio sugiere "que la provisión de energía a partir de la glucólisis anaeróbica estaba limitando el rendimiento antes del entrenamiento". En otras palabras, la tasa de glucólisis anaeróbica llegó a ser más rápida con el entrenamiento, lo que produjo mejoras del rendimiento de velocidad.

Tabla 14.2. Tipos adicionales de entrenamiento de tolerancia al lactato

SERIES DE REPETICIONES CON EL TIEMPO DE SALIDA MÁS CORTO POSIBLE	SERIES DE REPETICIONES DE DISTANCIA MIXTA, DESCANSO MIXTO Y ESTILO MIXTO	ENTRENAMIENTO DE TOLERANCIA AL LACTATO EN SECO
Ejemplo número 1	Ejemplo número 1	Ejemplo número 1
Nadar 4 series de 3 × 25 m con un tiempo de salida de 20 s. Realizar 225 m de algún ejercicio de	Una serie de repeticiones de distancia mixta. Nadar 200 m rápido con un tiempo de salida	Cuatro series de 1 min realizando tirones/tracciones de brazos en un banco de natación, máquina Vasa o con gomas. Descansar

brazada con sólo brazos entre cada serie. Se supone que el nadador realizará las repeticiones de 25 m en 14 a 17 s con el tiempo de salida designado.	de 3 min. Nadar 4 × 100 m suavemente con un tiempo de salida de 2 min. Repetir esta serie cuatro veces.	de 5 a 10 min entre cada serie o realizar una serie similar para algún otro grupo muscular. Tratar de mejorar el rendimiento si el aparato ofrece algún método para cuantificar el esfuerzo realizado en 1 min.
Ejemplo número 2	Ejemplo número 2	Ejemplo número 2
Nadar 4 series de 6 × 50 m con un tiempo de salida de 45 s. Realizar 200 m con sólo piernas a ritmo suave entre cada serie. Se supone que el nadador realizará las repeticiones de 50 m en 33 a 38 s con el tiempo de salida designado.	Una serie de repeticiones de descanso mixto. Nadar 100 yardas rápido con un tiempo de salida de 2 min. Nadar 4 × 100 yardas suavemente con un tiempo de salida de 1:40. Repetir esta serie cuatro veces.	10 × 20 repeticiones lanzando el balón medicinal o de algún ejercicio calisténico. Descansar de 5 a 30 s entre cada serie de 20 repeticiones.
	Ejemplo número 3	
	Serie de repeticiones de estilo mixto. Nadar 100 m mariposa con un tiempo de salida de 2 min. Nadar 100 m, hacer 100 m sólo	

piernas y 100 m sólo brazos de estilo libre suave con un tiempo de salida de 6 min.

Las adaptaciones secundarias que puede producir el entrenamiento de la producción de lactato son: (1) un aumento de las cantidades de ATP y CP almacenadas en las fibras musculares entrenadas; (2) un aumento de la tasa de energía liberada del ATP y un aumento de la tasa a la que se puede reciclar el ATP del creatinfosfato; (3) un aumento de la potencia muscular, y (4) una mejor coordinación neuromuscular a las velocidades altas de natación. El entrenamiento de producción de lactato también puede causar mejoras de la capacidad amortiguadora a causa de la tasa rápida de acumulación de ácido láctico en las fibras musculares activas y la consecuente reducción moderada del pH muscular.

El resultado deseado de todas estas adaptaciones fisiológicas es que los nadadores aumentarán su velocidad máxima en las distancias cortas.

Hay que recordar también que cualquier aumento de la velocidad máxima dará a los nadadores lo que llaman *velocidad fácil*. En otras palabras, podrán salir más rápidamente en las carreras más largas con menos esfuerzo.

Efectos del entrenamiento de producción de lactato

Principales

- Aumenta la tasa de metabolismo anaeróbico.
- Aumenta la velocidad máxima en distancias cortas.

Secundarios

- Aumenta las cantidades de ATP y CP alma-cenadas en las fibras

musculares entrenadas.

- Aumenta la tasa de liberación de energía del ATP.
- Aumenta la tasa de reciclaje de ATP con CP.
- Aumenta la potencia muscular.
- Aumenta la coordinación neuromuscular en las velocidades altas de natación.
- Aumenta la capacidad amortiguadora.

La planificación de la temporada

La natación es con mucho el mejor método de entrenamiento de producción del lactato. Además, los nadadores deben realizar la mayor parte de este entrenamiento en el estilo o los estilos para los que se están entrenando. La tasa de metabolismo anaeróbico aumentará sólo en las fibras musculares que utilizan los nadadores. Por lo tanto, deben contraer las mismas fibras musculares en el entrenamiento que las que emplearán cuando están compitiendo.

Aunque los nadadores deben practicar cantidades adecuadas de natación para producir lactato durante todas las fases de la temporada, deben hacer hincapié en esta forma de entrenamiento de velocidad durante el principio de la temporada para aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico. Los nadadores deben poder mejorar esta tasa incluso mientras están realizando también un gran volumen de entrenamiento de resistencia básica. Las fibras musculares de contracción rápida no serán utilizadas de forma significativa

durante el entrenamiento de resistencia básica, de manera que su velocidad de contracción debe disminuir. En cambio, durante el entrenamiento de producción de lactato las fibras de contracción rápida estarán muy implicadas, de manera que debe aumentar su velocidad y potencia de contracción.

Debe tener lugar una cantidad considerable de entrenamiento de producción de lactato durante la parte media de la temporada para reducir la disminución de la tasa de metabolismo anaeróbico que puede ocurrir cuando los nadadores están haciendo una gran cantidad de entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga. Estos tipos intensos de entrenamiento de resistencia suelen reducir la velocidad de la contracción muscular, y el entrenamiento de producción del lactato puede contrarrestar esta tendencia. Finalmente, el entrenamiento de producción de lactato debe ser una parte importante del día de entrenamiento en la última parte de la temporada cuando los nadadores están intentando aumentar su velocidad máxima.

Dado que el entrenamiento de producción de lactato causa un metabolismo anaeróbico rápido, la tasa de uso del glucógeno es alta. A pesar de esto, la cantidad de glucógeno perdida de las fibras musculares activas será pequeña porque la distancia de cada repetición y la distancia de las series son relativamente cortas. Por consiguiente, los nadadores no necesitan tiempo para reponer el glucógeno muscular entre las series de este tipo. Los daños musculares deben ser menores también; por lo tanto, el tiempo de la recuperación no es un problema. En otras palabras, los nadadores pueden realizar algunas series de producción de lactato cada día. Las consideraciones principales que deben tenerse en cuenta para programar series de producción de lactato son el tiempo de entrenamiento disponible y la motivación de los nadadores, no la recuperación. Los nadadores pueden perder la motivación cuando deben nadar a velocidad máxima sesión tras sesión. Por consiguiente, puede que un entrenador consiga un esfuerzo mayor reduciendo o eliminando el entrenamiento de producción de lactato durante algunas de las sesiones de entrenamiento cada semana. Evidentemente los nadadores pueden y probablemente deben realizar algunas repeticiones de velocidad máxima cada día, pero probablemente no deben programar series principales de producción de lactato para más de tres o cuatro sesiones de entrenamiento cada semana. Esta recomendación significa que los nadadores que se entrenan una vez al

día deben estar haciendo algunas series principales de velocidad durante casi cada sesión de entrenamiento. Los que se entrenan dos veces al día probablemente deben programar series principales de producción de lactato durante una de estas sesiones la mayoría de los días.

Directrices para elaborar series de repeticiones para la producción de lactato

Se sugieren las siguientes distancias de series y de repeticiones, intervalos de descanso y velocidades de entrenamiento para la serie de repeticiones de la producción de lactato.

Distancia de las repeticiones. Los nadadores pueden aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico nadando repeticiones que sean suficientemente largas para implicar este sistema plenamente, pero lo bastante cortas para que la acidosis no cause una reducción de la tasa de liberación de energía antes de terminar la repetición. Esto significa que las mejores distancias para las repeticiones de producción de lactato son 25 y 50 m o yardas. Repeticiones de estas distancias requieren entre 9 y 30 s para la mayoría de los nadadores, un período ideal para los fines de estimular el metabolismo anaeróbico sin causar una acidosis elevada (Hellwig *et al*., 1988, Song *et al*., 1988). El metabolismo anaeróbico se convierte en la fuente principal de energía para reciclar el ATP después de los primeros 4 a 6 s de ejercicio, y la acidosis elevada no desacelerará la tasa de metabolismo anaeróbico de forma perceptible hasta de 20 a 40 segundos después del inicio del ejercicio.

Intervalos de descanso. El tiempo de la recuperación entre las repeticiones debe ser considerablemente más largo que el tiempo requerido para nadar cada repetición. El largo descanso proporciona tiempo para transportar la mayor parte del ácido láctico producido durante el ejercicio fuera de los músculos de manera que no ocurra una acumulación de este subproducto del metabolismo anaeróbico de una repetición a otra. Una acumulación tal puede resultar en una acidosis antes de que los nadadores terminen la serie. La

acidosis desacelerará la tasa de metabolismo anaeróbico y anulará el propósito del entrenamiento de producción de lactato, que es mejorar la tasa de la glucólisis anaeróbica.

El período de recuperación también debe ser bastante largo para permitir la reposición de la mayor parte del CP utilizado en la repetición precedente para que esta fuente energética esté disponible al principio de cada una. La reposición del creatinfosfato de los músculos tiene lugar en dos fases, una fase rápida y una fase lenta. La investigación ha demostrado que aproximadamente la mitad del creatinfosfato utilizado durante el ejercicio será repuesta dentro de los primeros 90 s de la recuperación. Otros 4 a 8 min pueden ser necesarios para reponer la cantidad restante (Nevill *et al*., 1996). Por consiguiente, los nadadores probablemente deben descansar por lo menos 90 s después de cada repetición. Pueden descansar más tiempo si quieren, y hacerlo no reducirá el efecto de entrenamiento. El punto más importante es asegurar que el intervalo de descanso no es demasiado corto.

Períodos de descanso de 1,5 a 3 min deben ser suficientes para las repeticiones de 25 m, y se necesitan probablemente de 3 a 5 min de descanso después de cada repetición de 50 m simplemente porque se habrá acumulado más ácido láctico en los músculos del nadador a causa del tiempo adicional requerido para completar la mayor distancia.

Períodos de descanso de 30 a 60 s son definitivamente demasiado cortos para impedir la acidosis durante las repeticiones para producir lactato. Wootton y Williams (1983) encontraron que las concentraciones medias de lactato sanguíneo en un grupo de sujetos llegaron a niveles casi máximos de 15,5 mmol/l después de correr cinco repeticiones de velocidad de 6 s con un período de recuperación de 30 s después de cada repetición. El nivel de lactato sanguíneo también aumentó de forma considerable, hasta 10,3 mmol/l durante estas repeticiones de 6 s cuando el período de descanso era de 60 s. Los sujetos deben nadar suavemente durante los períodos de recuperación para fomentar la eliminación del lactato de los músculos y de la sangre.

La longitiud de la serie. Permitir 4 min o más de descanso después de cada repetición de una serie de producción de lactato probablemente no es factible si los nadadores deben tener tiempo suficiente para todos los demás tipos de

entrenamiento que deben incluirse en una sesión. Por esta razón, las series de producción de lactato nadadas con tiempos de salida de 1,5 a 3 min no deben ser más largas de 300 a 600 m o yardas. Distancias de series en este rango son suficientemente largas para producir un efecto de entrenamiento sin serlo tanto que la acidosis se vuelva elevada.

Los nadadores deben poder realizar series múltiples de producción de lactato de 300 a 600 m o yardas durante un período de entrenamiento. Sin embargo, las series siguientes no deben empezar hasta que los nadadores hayan tenido de 5 a 15 min de tiempo de recuperación. No hay investigaciones disponibles para guiarnos con respecto a cuántos metros o yardas de entrenamiento diario de la producción de lactato producirán los mejores resultados. La mejor regla práctica es que los nadadores pueden seguir con estas series siempre que puedan nadar las repeticiones en aproximadamente el mismo tiempo. Deben dejar de hacerlas cuando la fatiga les hace desacelerar.

Uno de los conceptos más difíciles de comprender para los nadadores es que deben evitar el dolor de la acidosis durante las repeticiones de producción de lactato. Dado que la acidosis de hecho desacelera la tasa de metabolismo anaeróbico, anula el propósito del entrenamiento de producción de lactato. Cuando la acidosis se vuelve intensa, el entrenamiento de producción de lactato se convierte en entrenamiento de tolerancia al lactato. Cuando esto ocurre, el efecto de entrenamiento cambia hacia mejorar la capacidad amortiguadora y se aleja de la meta de aumentar la tasa de glucólisis anaeróbica. Esto parece una suposición razonable aunque los resultados de la investigación disponibles no la apoyan. Los pocos estudios que se han hecho sobre este tema muestran que repeticiones de velocidad de 30 s o más aumentarán la tasa de la glucólisis anaeróbica tan eficazmente como las carreras de velocidad más cortas.

La velocidad de entrenamiento. La velocidad de entrenamiento debe ser muy rápida para fomentar altas tasas de metabolismo anaeróbico. La literatura no proporciona ninguna indicación de las velocidades mínimas u óptimas que producirán los efectos de entrenamiento deseados. Sin embargo, en un estudio, repeticiones de velocidad de 20 s realizadas al 76% de la velocidad máxima para una carrera de 30 s produjeron un aumento de un 10% del

déficit de oxígeno y mejoras del 6% al 8% del rendimiento en un esfuerzo máximo de 30 s (Medbo y Burgers, 1990).

No obstante este resultado, la experiencia personal sugiere que los nadadores deben realizar sus series de repeticiones de velocidad a una velocidad mayor del 80% de su velocidad máxima en los 50 m o yardas y más del 85% de la velocidad máxima en los 25 m o yardas. Otra forma de expresar la velocidad de natación para el entrenamiento de producción de lactato es que los nadadores naden sus repeticiones dentro de 1 ó 2 s de su mejor tiempo para los 25 m o yardas y dentro de los 2 ó 3 s de su mejor tiempo para los 50 m o yardas.

Contar la frecuencia cardíaca del ejercicio y estimar los esfuerzos percibidos no son útiles para controlar las velocidades óptimas para el entrenamiento de producción de lactato. Las frecuencias cardía-cas no tendrán tiempo para alcanzar la máxima en las repeticiones más cortas. Se podrían utilizar los esfuerzos percibidos para este fin, aunque sería superfluo si las repeticiones también están siendo cronometradas. La velocidad de cada repetición debe proporcionar un método más exacto para evaluar su eficacia para mejorar la tasa de la glucólisis anaeróbica.

Resumen de las directrices para elaborar las series de repeticiones para entrenar la producción de lactato

- **Volumen de la serie.** De 300 a 600 m o yardas es el rango óptimo para estas series. Los nadadores pueden realizar varias de estas series en una sesión de entrenamiento.

- **Distancia de las repeticiones.** Las distancias de 25 a 50 m o yardas son las mejores.

- **Intervalos de descanso.** De 1 a 3 min para las repeticiones de 25 m y de 3 a 5 min para las de 50 m.

- **Velocidad.** La velocidad de entrenamiento debe ser más cercana a la máxima. Los tiempos probablemente deben estar dentro de 1 ó 2 s del mejor tiempo del nadador para las repeticiones de 25 m y dentro de 2 a 3 s del mejor tiempo para las de 50 m.

Se presentan ejemplos de series de repeticiones para entrenar la producción de lactato en la tabla 14.13.

Tabla 14.3. Ejemplos de series para entrenar la producción de lactato

Entrenamiento en el agua
8 × 25 con tiempo de salida de 2 min
6 ×50 con tiempo de salida de 5 min
6 series de 4 × 25 con tiempo de salida de 30 s. Los primeros 25 m de cada serie se realizan a gran velocidad. Las restantes series pueden realizarse con estilo completo, s ólo piernas o s ólo brazos como un ejercicio de brazada suave.
4 ×25 con tiempo de salida de 2 min seguidos de 4 × 50 de ejercicios de brazada con tiempo de salida de 1 min. Luego 4 × 50 con tiempo de salida de 4 min, seguidos de 8 × 25 de ejercicios de brazada con tiempo de salida de 30 s.
4 × 25 s ólo brazos con tiempo de salida de 2 min seguido de s ólo piernas 4 × 25 con tiempo de salida de 2 min. Hacer 200 m como ejercicio de brazada.
Repetir la serie una o dos veces más.

La sobrecarga progresiva

El método más directo para seguir aplicando una sobrecarga al metabolismo anaeróbico es aumentar la velocidad de las repeticiones al progresar la temporada. Aumentar el volumen de las repeticiones de producción de lactato es también un buen procedimiento para aplicar una sobrecarga. Disminuir el intervalo de descanso no es un procedimiento que se puede utilizar para sobrecargar las repeticiones para entrenar la producción de lactato, porque acortar el tiempo de recuperación simplemente hará que la acidosis se produzca antes y disminuirá la eficacia de la serie.

Otros tipos de entrenamiento de producción de lactato

Los otros tipos de entrenamiento de producción de lactato incluyen series de repeticiones de distancia mixta, de descanso mixto y de estilo mixto, además del entrenamiento en seco.

Series de repeticiones de distancia mixta, de descanso mixto y de estilo mixto. Cualquier tipo de serie mixta –de distancia mixta, descanso mixto o estilo mixto– es factible para entrenar la producción de lactato. Pueden ser especialmente apropiadas para este objetivo si las series están diseñadas de manera que sólo tengan unos pocos segmentos de velocidad intercalados con períodos mucho más largos de natación suave, sólo piernas o sólo brazos. Las recomendaciones presentadas en las directrices para elaborar las series de repeticiones para entrenar la producción de lactato deben seguirse cuando éstas se programan. Los segmentos de velocidad no deben ser más largos de 25 ó 50 m con largos períodos de descanso después de cada repetición. La tabla 14.4 ofrece ejemplos de series de distancia mixta, descanso mixto y estilo mixto diseñados para mejorar la tasa del metabolismo anaeróbico.

El entrenamiento de la producción de lactato en seco. También puede ser eficaz el entrenamiento de producción de lactato en seco. De alguna forma, el entrenamiento de producción de lactato en seco tiene ventajas sobre el mismo tipo de entrenamiento en el agua. De todas formas, los tipos de entrenamiento de velocidad que se realizan en seco no pueden ni deben sustituir el entrenamiento de velocidad en el agua.

La desventaja principal del entrenamiento en seco es que no es posible implicar todas las fibras musculares utilizadas en la natación de velocidad real, incluso con los ejercicios que simulan la brazada. La natación es un deporte que implica todas las partes del cuerpo y que también requiere un ritmo de brazada eficaz y una fluida rotación del cuerpo en algunos estilos y una ondulación fluida en otros. Ningún aparato actual puede duplicar todos estos elementos del estilo en seco. La simulación de un estilo en seco puede no llegar a implicar todas las fibras musculares involucradas cuando se nada este estilo, y no se pueden simular ninguno de los elementos de ritmo, rotación y ondulación eficazmente. Por esta razón, el entrenamiento en seco puede complementar, pero no sustituir, las formas acuáticas del entrenamiento de producción de lactato.

Dicho esto, también debo decir que el entrenamiento de resistencia en seco puede ser más eficaz que el entrenamiento en el agua para aplicar una sobrecarga a muchos de los grupos musculares que utilizan los nadadores. La principal ventaja del entrenamiento en seco es la exactitud con la que se puede aplicar y controlar la sobrecarga. Por ejemplo, tirar contra la resistencia de un banco biocinético de natación, una máquina Vasa^{TM} o incluso unas gomas proporciona una retroalimentación inmediata y una resistencia sólida con cada tirón. Utilizar los músculos empleados en la natación durante la realización de ejercicios no específicos de entrenamiento con pesas puede tener un efecto similar. En cambio, el agua cede cuando los nadadores empujan contra ella, y los nadadores aprenden el resultado de sus esfuerzos sólo cuando oyen su tiempo al final de la distancia.

Otra ventaja del entrenamiento en seco es que los efectos de entrenamiento de la producción de lactato pueden restringirse a los grupos musculares escogidos que pueden estar limitando el rendimiento. Algunos

nadadores pueden utilizar una mecánica defectuosa porque ciertos grupos musculares carecen de la potencia necesaria para participar plenamente en los esfuerzos de la brazada. Si éste es el caso, el entrenamiento que se concentra en los grupos musculares débiles puede aumentar su potencia, permitiéndoles participar más plenamente durante la natación real. Este tipo de entrenamiento puede eliminar el eslabón débil y mejorar la mecánica y la velocidad del nadador.

El entrenamiento en seco puede incluir movimientos que simulan la mecánica de la brazada además de los ejercicios no específicos de entrenamiento de fuerza que implican los principales grupos musculares activos en la natación. Deben programarse cuidadosamente los ejercicios no específicos para incluir el mayor número posible de grupos musculares que están implicados en la natación.

Los ejercicios en seco diseñados para aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico deben constar de esfuerzos múltiples de 10 a 20 s, o de 15 a 30 repeticiones contra una resistencia. Resistencias tales como mancuernas, máquinas de pesas y balones medicinales pueden utilizarse para este fin. Aparatos de fricción tales como los bancos biocinéticos de natación pueden proporcionar una resistencia de forma que simulen una brazada, o el nadador puede utilizar el peso del cuerpo con las máquinas Vasa o utilizando ejercicios calisténicos. Para lograr el efecto máximo, el nadador puede realizar esfuerzos cronometrados o repeticiones en grupos de tres a seis series. El período de descanso ente las series debe ser de 3 a 5 min.

Como se mencionó anteriormente, los aparatos que de alguna forma cuantifican el esfuerzo realizado pueden ser efectivos porque proporcionan una motivación para mejorar la puntuación. Algunos bancos de natación ofrecen una lectura digital de los resultados que simplifican la cuantificación. Los aparatos de entrenamiento en seco que proporcionan una lectura digital de los resultados tirón a tirón de la producción de fuerza pueden motivar a los nadadores para que trabajen con tasas de esfuerzo considerablemente mayores. En caso de carecer de tecnología digital, es posible diseñar otros métodos. Por ejemplo, se puede proporcionar la cuantificación según: (1) la cantidad total o media de resistencia desplazada para el número especificado de repeticiones (por ejemplo, una resistencia media de 9,2 kg por 30

repeticiones), o (2) el tiempo requerido para terminar las repeticiones (por ejemplo, 30 repeticiones en 30 s). En la tabla 14.4 se presentan algunos ejemplos de entrenamientos en seco que mejorarán la tasa de glucólisis anaeróbica.

El entrenamiento de potencia

El entrenamiento de potencia consta de carreras de velocidad ultracortas que hacen hincapié tanto en la fuerza como en la velocidad de contracción de las fibras musculares implicadas en la natación competitiva. El objetivo del entrenamiento de potencia es aumentar la potencia de la brazada. Esta potencia es el resultado de la fuerza muscular aplicada por el nadador y la velocidad de aplicación de dicha fuerza. El dicho “la potencia es la velocidad” es verdad. Johnson, Sharp y Hedrick (1993) encontraron correlaciones altamente significativas de 0,84 a 0,87 entre la potencia de natación y el rendimiento en carreras de velocidad. Evaluaron la potencia de natación haciendo que los sujetos realizasen una carrera de velocidad durante 5 ó 6 s utilizando una máquina de pesas “Power Rack”, ilustrada en la figura 14.3. Un estudio de Dopsaj y colaboradores (1998) obtuvieron resultados que son aún más reveladores. Los investigadores sugirieron que no era la potencia muscular per se sino la tasa a la que se podría desarrollar dicha potencia, que era lo más importante para la velocidad de natación. En este estudio se realizaron pruebas a un grupo de sujetos para medir la fuerza muscular y tomar varias mediciones de potencia en determinados grupos musculares de las piernas, del tronco, de los brazos, de los hombros y de la espalda. Las mediciones de potencia muscular incluyeron la producción de la potencia máxima durante una carrera corta y la tasa de desarrollo de la fuerza, que era una medida de lo rápido que podrían desarrollar una gran cantidad de potencia muscular. La tasa de desarrollo de la fuerza fue el único parámetro que alcanzó un nivel de significación estadística cuando se relacionó con la velocidad de natación.

Tabla 14.4. Tipos adicionales de entrenamiento de producción de

lactato

SERIES DE REPETICIONES DE DISTANCIA MIXTA, DESCANSO MIXTO Y ESTILO MIXTO	ENTRENAMIENTO DE PRODUCCIÓN DE LACTATO EN SECO	
Ejemplo número 1 Una serie de repeticiones de distancia mixta: Nadar 8 x 100 yardas con un tiempo de salida de 2 min. Nadar 25 yardas rápido y 75 yardas suavemente durante cada repetición de 100 m.	*Ejemplo número 1* 6 x 20 tirones contra la resistencia de un banco de nado, una máquina Vasa o gomas. Descansar 3 min entre series.	
Ejemplo número 2 Nadar 100 m suavemente con un tiempo de salida de 2 min.	Una serie de repeticiones de descanso mixto: Nadar 50 m rápido con un tiempo de salida de 1 min.	6 series de ejercicios con el balón medicinal, cada una de una duración de 15 s. Tomar 3 min de descanso entre cada repetición.

Repetir esta serie ocho veces.	
Ejemplo número 3	*Ejemplo número 3*
Una serie de repeticiones de estilo mixto: Nadar 25 m mariposa rápido con un tiempo de salida de 1 min.	4 series de 15 saltos verticales con 3 min de descanso entre cada serie, o alternando cada serie con una serie de ejercicios de la parte superior del cuerpo.
Realizar 125 yardas sólo brazos estilo libre con un tiempo de salida de 2 min.	
Repetir esta serie ocho veces.	

Los efectos de entrenamiento. La tasa de desarrollo de la fuerza que alcanzan los nadadores tiene que ver con:

1. La fuerza muscular.
2. La velocidad con la que el sistema nervioso puede estimular las fibras musculares a contraerse.
3. La velocidad de dicha contracción una vez estimuladas dichas fibras.

Los nadadores pueden mejorar estos mecanismos con el entrenamiento de potencia en seco o en el agua. Las técnicas tradicionales para mejorar la potencia de la brazada se han centrado en el entrenamiento en seco,

particularmente en el entrenamiento con pesas. Este método, aunque efectivo para mejorar la tasa de desarrollo de la fuerza en las fibras musculares entrenadas, tiene limitaciones en cuanto a la transferencia de esta tasa mejorada a la natación competitiva. No hay una transferencia completa porque la potencia de la brazada resulta no sólo de la tasa de desarrollo de la fuerza en las fibras musculares, sino también de la capacidad del sistema nervioso central para reclutar estas fibras en la secuencia correcta para realizar una brazada de natación. La natación de velocidad es la única forma de mejorar dicho patrón de reclutamiento. La natación de la velocidad es el puente que deben construir los nadadores entre la fuerza y la potencia musculares que adquieren con el entrenamiento contra resistencia en seco y la expresión de dichas cualidades en las carreras competitivas.

Figura 14.3. Una fotografía de una “Power Rack”.

Debería mencionar que el entrenamiento de producción de lactato y el de potencia se solapan de forma considerable. Las carreras de velocidad de 25 y 50 m que los nadadores realizan durante el entrenamiento de producción de lactato mejorarán evidentemente la tasa y la magnitud de la potencia de

natación. Se puede argumentar que el entrenamiento de producción de lactato puede mejorar esta capacidad tan bien como el entrenamiento de potencia. El entrenamiento de producción de lactato implica todas las fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta. Las velocidades utilizadas en el entrenamiento de producción de lactato pueden ser tan efectivas como las carreras de velocidad más cortas y más rápidas para aumentar la tasa y la magnitud de potencia que pueden desarrollar estas fibras. Dicho esto, creo que las distancias de repetición más cortas y las velocidades más rápidas utilizadas en el entrenamiento de la potencia pueden aumentar la expresión de la potencia muscular más aún por lo menos de dos formas.

Primero las repeticiones de velocidad muy cortas permiten a los nadadores realizar una frecuencia de brazada más rápida y aplicar más potencia contra el agua que lo que hacen incluso en las carreras más cortas. Puede que este tipo de trabajo proporcione un mayor estímulo para aumentos tanto de la tasa de desarrollo de la fuerza como de la potencia máxima que pueden ejercer los nadadores. Segundo, las repeticiones de velocidad ultracortas del entrenamiento de potencia implican menos el metabolismo anaeróbico que las repeticiones más largas utilizadas en el entrenamiento de producción de lactato. Como se mencionó anteriormente, Greenhaff y Timmons (1998) demostraron que la tasa de trabajo disminuyó ligeramente después de 4 a 6 s, cuando el metabolismo anaeróbico sustituía el creatinfosfato para convertirse en la principal fuente de energía para reciclar el ATP. Por lo tanto, se puede mantener la tasa de contracción muscular en su nivel máximo posible sólo limitando el esfuerzo a un período de tiempo (de 4 a 6 s) durante el cual el creatinfosfato sea la fuente principal de energía para reciclar el ATP. Además, el metabolismo anaeróbico puede hacer que el pH muscular disminuya a causa de la acumulación de ácido láctico en los músculos a lo largo de varias repeticiones de velocidad más largas. Esta acumulación y su efecto sobre la tasa de contracción muscular pueden evitarse cuando la cantidad de energía proporcionada por el metabolismo anaeróbico se mantiene al mínimo acortando la distancia de la repetición.

Efectos del entrenamiento de potencia

Principales

Aumenta la potencia de la brazada a causa de varias adaptaciones:

- Un aumento de la fuerza muscular.
- Un aumento de la tasa y del patrón de la estimulación de las fibras musculares por el sistema nervioso central.
- Un aumento de la tasa de desarrollo de la fuerza dentro de los músculos.

Secundarios

Aumentos del contenido en ATP y CP de las fibras musculares entrenadas.

La planificación de la temporada

Cantidades adecuadas de entrenamiento de potencia en el agua deben formar parte del programa de entrenamiento durante todas las fases de la temporada. El entrenamiento de potencia no requiere mucho tiempo, de manera que se ajusta fácilmente al plan semanal sin sacrificar otros tipos de entrenamiento. Los nadadores deben darle prioridad al principio de la temporada para que puedan aumentar la potencia de nado antes de que empiecen a intensificar el entrenamiento de tolerancia al lactato. El mantenimiento de la potencia de natación debe ser el objetivo de la parte media de la temporada. De nuevo, aumentar la potencia debe convertirse en un objetivo prioritario durante la última parte de la temporada.

Las repeticiones de potencia no agotarán sustancialmente el glucógeno muscular porque son muy cortas. Además no deben causar una cantidad significativa de daños musculares como resultado de la acidosis o de un sobreesfuerzo. Por consiguiente, probablemente se debe realizar el

entrenamiento de potencia en seco sólo 2 ó 3 días cada semana.

Directrices para elaborar las series de repeticiones de potencia

Se pueden seguir las siguientes directrices cuando se elaboran las series de repeticiones de potencia.

Distancias de las repeticiones. Las repeticiones de 10 a 12,5 m o yardas son las mejores distancias para aumentar la potencia muscular. Otro método es contar los ciclos de brazada. Los esfuerzos que implican de cinco a ocho ciclos de brazada serían ideales. Los nadadores deben ejercer más fuerza contra el agua durante estas repeticiones que en cualquier otro momento del entrenamiento.

Intervalos de descanso. El intervalo de descanso entre las repeticiones de natación de potencia debe ser de 45 s a 2 min, un período lo bastante largo para permitir la reposición de la mayor parte del creatinfosfato utilizado durante estas repeticiones rápidas y cortas.

Volumen de la serie. Los nadadores probablemente no deben realizar más de 4 a 10 repeticiones cada vez. Los nadadores suelen nadar un poco más lento cuando el número de repeticiones es mucho mayor que este rango. Sin embargo, pueden nadar varias series de repeticiones por sesión de entrenamiento si tienen un período de descanso de 3 a 10 min o más después de cada serie para recuperarse de la acidosis progresiva que puede haber tenido lugar. Deben nadar suavemente durante los períodos de descanso para fomentar la eliminación del ácido láctico de los músculos.

A diferencia del entrenamiento de tolerancia al lactato, el entrenamiento de potencia no debe causar dolor o una pérdida de velocidad. Ambos indicios indican que la acidosis está interfiriendo con el esfuerzo. Cuando esto ocurre, la serie no está logrando el objetivo deseado, y debe finalizarse.

Velocidades de entrenamiento. Los nadadores deben nadar lo más rápido posible cuando realizan las repeticiones de potencia. Como se mencionó anteriormente, el objetivo es sobrecargar los mecanismos implicados en la aplicación de la potencia de la brazada, de manera que los nadadores deben aplicar más potencia contra el agua a frecuencias más rápidas que las competitivas normales. Cronometrar estas repeticiones de velocidad representa un método para controlar el esfuerzo. Las velocidades deben ser más rápidas que la velocidad normal del nadador para 25 m o yardas. Otro método para asegurar un esfuerzo duro es cronometrar las frecuencias de brazada, que deben ser por lo menos tan rápidas como las que utilizan en las pruebas de 50 m.

Los nadadores no deben golpear los brazos indiscriminadamente contra el agua cuando realizan las repeticiones de velocidad. Sus frecuencias de brazada deben ciertamente ser por lo menos tan rápidas como las que pretenden utilizar en las pruebas de 50 m, pero también deben intentar mantener una longitud de brazada razonable. Hablaré sobre la relación entre la frecuencia de brazada y la longitud de la misma en un capítulo posterior.

Resumen de las directrices para elaborar las series de repeticiones de potencia

- **Volumen de la serie.** De 50 a 300 m o yardas. Pueden realizarse de 3 a 6 series en una sesión de entrenamiento dedicada a la potencia.

- **Distancias de las repeticiones.** De 10 a 12,5 m o yardas. Se pueden utilizar también esfuerzos que implican nadar a velocidad máxima durante cuatro a ocho ciclos de brazada para este objetivo. También son efectivos los esfuerzos que simulan la brazada en seco con banco de nado, la máquina Vasa o máquinas de pesas. Con estos métodos, de 4 a 12 repeticiones son óptimas en series de tres a seis.

- **Intervalos de descanso.** De 45 s a 2 min entre las repeticiones en el agua. Los ejercicios en seco pueden realizarse continuamente hasta terminar el número asignado de repeticiones. Los nadadores deben tomar períodos de descanso de 2 a 3 min entre las series

- **Las velocidades de entrenamiento.** Las velocidades de entrenamiento deben ser máximas o cercanas a máximas. La frecuencia de brazada debe ser tan rápida o más rápida de la que se utiliza en las pruebas de 50 m. Los nadadores deben mantener la distancia por brazada en una longitud razonable para que no golpeen el agua indiscriminadamente.

La tabla 14.5 presenta ejemplos de series de repeticiones para el entrenamiento de potencia.

Tabla 14.5. Ejemplos de series para el entrenamiento de potencia

El entrenamiento en el agua
4 series de 8 x 12,5 con tiempo de salida de 1:15. Nadar suavemente durante 3 min entre series.
6 ciclos de brazada realizadas a velocidad 10 veces con un tiempo de salida de 1 min.
3 series de 8 x 25 con un tiempo de salida de 1:30. Nadar 10 m a velocidad máxima; luego nadar el resto de la distancia de manera suave. Nadar suavemente durante 5 min entre las series.

La sobrecarga progresiva

La mejor manera de motivar a los nadadores para que sigan luchando para

alcanzar mayores velocidades durante el entrenamiento de potencia es cronometrar las repeticiones. Por lo tanto, los nadadores deben aplicar una sobrecarga progresiva tratando de mejorar sus tiempos en las repeticiones de potencia al progresar la temporada. Sin embargo es difícil cronometrar estas repeticiones con exactitud porque son cortas y normalmente terminan en medio de la piscina. Se complica la dificultad de lograr un tiempo exacto cuando dichas repeticiones empiezan con una salida del poyete o con un impulso desde la pared. Por ejemplo, un impulso desde la pared que no se realiza en una posición hidrodinámica o uno que se prolonga demasiado puede resultar en un tiempo lento para la repetición incluso cuando el nadador está nadando extremadamente rápido durante la parte nadada de la misma. Se puede mejorar la exactitud del cronometraje iniciando el cronómetro cuando la cabeza del nadador pase por debajo de las banderas después de la salida o del impulso desde la pared y parándolo cuando la cabeza pasa por el marcador que indica que ha cubierto la distancia asignada.

Desde el punto de vista de organización, puede ser más fácil encontrar otra manera de motivar a los nadadores para que hagan un esfuerzo máximo.

Otros tipos de entrenamiento de potencia

Se pueden utilizar muchos otros tipos de series de natación para el entrenamiento de potencia. Como se mencionó anteriormente, el entrenamiento en seco puede mejorar algunos aspectos de la potencia de la brazada. Finalmente, dos tipos especiales de entrenamiento de velocidad pueden utilizarse para este objetivo: *natación a velocidad resistida* y *natación a velocidad asistida*. Voy a describir cada uno de estos procedimientos empezando con algunos tipos especiales de series de repeticiones.

Series de repeticiones de distancia mixta y de estilo mixto. Dado que permiten a los nadadores recorrer el largo completo de la piscina después de realizar su repetición corta de velocidad, las series de repeticiones de distancia mixta y de estilo mixto pueden prestarse cómodamente al

entrenamiento de potencia de nado. Utilizar repeticiones que cubren la longitud de la piscina hace que las series de potencia sean más fáciles de organizar. En la tabla 14.6 se presentan ejemplos de series de repeticiones de distancia mixta y estilo mixto.

El entrenamiento de potencia en seco. El entrenamiento de potencia en seco puede consistir en ejercicios que simulan la brazada utilizando bancos de nado, máquinas Vasa o gomas, por mencionar algunos. También pueden realizarse como ejercicios con resistencia no específicos que implican tales actividades como el entrenamiento con pesas, ejercicios calisténicos, ejercicios con el balón medicinal y pliométricos.

Los ejercicios en seco diseñados para aumentar la potencia de natación deben consistir en 4 a 12 repeticiones, ejecutadas rápida y continuamente. Dichas repeticiones deben ejecutarse en series de tres a seis con períodos de descanso de 2 a 3 min entre series.

Los esfuerzos de entrenamiento de potencia son más fáciles de cuantificar en seco que en el agua. Evidentemente, los bancos de natación que tienen lectura digital del trabajo realizado son motivadores y proporcionan un método disponible y razonablemente exacto para cuantificar el esfuerzo. Cuando se utilizan las máquinas de pesas, la cantidad de peso levantado en el número especificado de repeticiones proporciona un medio excelente para cuantificarlo. Cuando se utilizan dispositivos que no permiten la cuantificación de la resistencia, tales como la máquina Vasa y las gomas, debe registrarse el tiempo requerido para completar un número específico de repeticiones. Los nadadores deben entonces tratar de mejorar este tiempo durante las sesiones posteriores de ejercicio. La tabla 14.6 ofrece algunos ejemplos del entrenamiento de potencia en seco.

El entrenamiento resistido de la velocidad. Las formas más populares del entrenamiento resistido de la velocidad son la natación atada y nadar contra la resistencia de gomas. Nadar velocidad con palas, nadar con zapatillas o prendas que añaden resistencia y remolcar objetos por la piscina son otros métodos populares de realizar el entrenamiento de velocidad resistido. Dos dispositivos que permiten a los nadadores trabajar contra la resistencia en el

agua de manera similar a la halterofilia son “Power Rack” y la polea de natación “swim wheel”. Se presenta una foto de la “Power Rack” en la figura 14.3. Una “swim wheel” se ilustra en la figura 14.4.

La principal ventaja del entrenamiento es que los nadadores deben trabajar contra más resistencia que la proporcionada por el agua durante la natación libre o, incluso, la natación atada. Pero todos los métodos del entrenamiento resistido de la velocidad tienen una desventaja seria. Hacen que los nadadores realicen la brazada de una forma que sería poco eficaz durante la natación libre. Los nadadores realizan brazadas más lentas y más cortas, realizan un batido más profundo y suelen golpear los brazos contra el agua y balancear el cuerpo de lado a lado cuando nadan contra una resistencia añadida (Maglischo *et al*., 1984). Como era de esperar, los estudios de investigación no han encontrado un aumento de la velocidad como consecuencia de éstos y otros métodos de entrenamiento resistido de la velocidad (Good, 1973; Hutinger, 1970; Ross, 1973).

Tabla 14.6. Tipos adicionales de entrenamiento de potencia

SERIES DE REPETICIONES DE DISTANCIA MIXTA Y ESTILO MIXTO	ENTRENAMIENTO DE POTENCIA EN SECO
Ejemplo número 1	Tres series de 6 tirones simulando la brazada contra resistencia.
Serie de repeticiones de distancia mixta: Nadar 10 x 50 m con tiempo de salida de 2 min. Nadar 6 ciclos de brazada a velocidad máxima; luego terminar el resto del largo nadando suavemente.	Cuatro series de 8 tirones simulando la brazada contra resistencia, cronometradas. Tratar de reducir el tiempo que se tarda en completar 8 brazadas. Tres series de 10 saltos verticales.
Ejemplo número 2	

Serie de repeticiones de estilo mixto: Nadar 16 x 25 m con un tiempo de salida de 1 min. Nadar 12,5 m rápidamente con el estilo principal. Luego completar el largo utilizando cualquier estilo libremente escogido.

A pesar de las opiniones en contra, creo que ciertos tipos de entrenamiento resistido de la velocidad pueden ser beneficiosos si los nadadores prestan mucha atención a su frecuencia de brazada y longitud de brazada mientras las ejecutan. Si las frecuencias de brazada se mantienen cerca del nivel competitivo y los nadadores tratan de mantener una longitud de la misma razonable, deben poder mejorar su potencia de brazada sin perjudicar la mecánica. Cuando los nadadores toman estas precauciones, el entrenamiento resistido de la velocidad tiene un mayor potencial para aumentar la potencia de la brazada que cualquier otro método. Incluso los cambios inadvertidos de la mecánica durante el entrenamiento de resistencia no deben causar un cambio de la mecánica de la brazada en los nadadores experimentados. Habrán automatizado sus brazadas durante los grandes volúmenes de natación libre que han realizado durante su carrera, de forma que pequeños volúmenes de entrenamiento resistido de la velocidad probablemente no la cambiarán. Los nadadores principiantes son otra cosa. Son más propensos a transferir a la natación de velocidad libre algunos de los esfuerzos contraproducentes que utilizaron en el entrenamiento resistido de la velocidad. Por consiguiente, los entrenadores que escogen utilizar el entrenamiento resistido de la velocidad con nadadores sin experiencia deben equilibrar éste con un volumen igual o mayor de natación libre, prestando especial atención a realizar las brazadas de forma correcta.

Los nadadores preocupados por cambios en su mecánica de brazada deben saber que sólo de 4 a 8 semanas de entrenamiento resistido de la velocidad deben producir aumentos perceptibles de la potencia de la brazada. Por consiguiente, no es necesario utilizar este tipo de entrenamiento a lo largo de la temporada. Además, series cortas de entrenamiento resistido de la velocidad tres veces por semana deben producir buenos resultados.

La natación atada, la natación parcialmente atada, remolcar y bañadores de resistencia. En la natación atada, otro nadador o algún tipo de aparato con cuerda mantiene al nadador en el mismo sitio para proporcionar una resistencia. Las gomas proporcionan la resistencia para la natación parcialmente atada. Los nadadores se desplazan por el agua con este tipo de entrenamiento, pero se desplazan lentamente, contra la resistencia de las gomas. Algunos nadadores llevan cinturones especiales con bolsillos que se llaman *cinturones lastrados* o llevan bañadores con bolsillos llamados *bañadores de resistencia*. Los bolsillos están diseñados para atrapar el agua y así aumentar la resistencia al avance del nadador. Otros sujetos nadan contra resistencia remolcando objetos como cubos por la piscina mediante una cuerda atada a un cinturón.

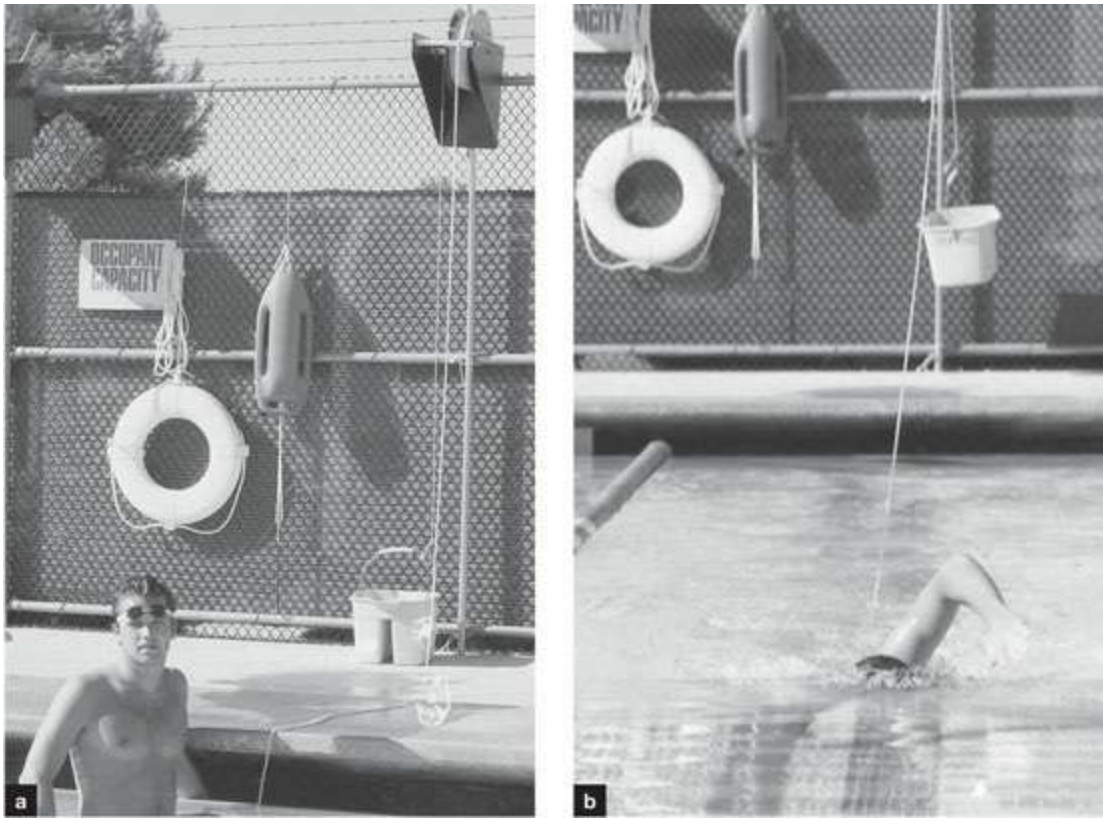


Figura 14.4. Fotografías de una “swim wheel”. Bob Mertz y Kennon Heard inventaron este aparato cuando eran estudiantes y nadadores competidores en la Universidad Estatal de California, en Bakersfield. La fotografía (a) muestra a Derek Robinson preparándose para nadar un largo de la piscina. La polea está montada en la valla detrás de él con un cubo de

anillos de buceo en el borde. La fotografía (b) le muestra nadando por la piscina y levantando el cubo. Se puede construir esta “swim wheel” de forma económica siguiendo la descripción dada en este libro.

Todos estos métodos pueden aumentar la potencia muscular eficazmente si se toman ciertas precauciones. Primero, los períodos de trabajo deben ser muy cortos para que los nadadores puedan nadar a una tasa mayor de esfuerzo que la que mantienen en las competiciones. Segundo, los nadadores deben hacer lo posible para mantener una buena técnica de brazada mientras trabajan. La duración del esfuerzo para las repeticiones enfocadas a aumentar la potencia muscular debe ser de 5 a 10 s. Uno de los mejores ejercicios que utilizan gomas es nadar a máxima velocidad durante 5 a 10 s utilizando una alta frecuencia de brazada (60 a 70 brazadas por minuto). Realizar de seis a diez de estas repeticiones en una a tres series debe ser excelente para aumentar la potencia de la brazada. Un tiempo de salida de 1 a 2 min entre las repeticiones es ideal, y debe haber de 5 a 10 min de natación suave después de cada serie.

Debería mencionar que la natación atada y parcialmente atada también pueden utilizarse para mejorar la potencia anaeróbica simplemente aumentando el tiempo de las repeticiones de 10 a 25 s. Cuatro a ocho repeticiones deben ser suficientes. El intervalo de descanso entre las repeticiones debe ser de 1 a 3 min. En ambos métodos se debe verificar la frecuencia de brazada para asegurarse de que los nadadores están entrenándose a la frecuencia correspondiente a la competición o más alta, mientras que, al mismo tiempo, mantienen la mayor longitud de brazada posible y una posición corporal hidrodinámica.

Los métodos de entrenamiento resistido de la velocidad nadando atado o parcialmente atado dirigidos a mejorar la potencia y la tasa de metabolismo anaeróbico no son más estresantes que las repeticiones del mismo tipo nadando libremente. Por lo tanto, los nadadores pueden realizarlas varias veces cada semana. Pero, como advertí anteriormente, cantidades similares o mayores de natación de velocidad libre que hagan hincapié en una buena técnica deben equilibrarse con el entrenamiento con resistencia.

Entrenar la velocidad con palas. Las palas aumentan la cantidad de

resistencia presentada por el agua que los nadadores deben superar. Por esta razón, algunas personas han sugerido que utilizarlas aumentará la fuerza muscular y la potencia de la brazada. Esta suposición es dudosa. El aumento de la resistencia será de hecho muy pequeño. Realizar la brazada con palas equivaldría a levantar un peso muy ligero cientos de veces. Un pequeño aumento inicial en la fuerza de la brazada podría ocurrir con la resistencia adicional. Después de ocurrir una adaptación rápida a este ligero efecto de sobrecarga, no tendrá lugar ninguna mejora adicional.

Entrenar la velocidad con palas probablemente ha llegado a ser un método popular de entrenamiento resistido de la velocidad porque los nadadores pueden superar sus mejores tiempos cuando las utilizan. Las palas aumentan el área de superficie de la mano, haciendo posible nadar más rápidamente. Pero nadar más rápidamente con palas no significa que los nadadores están mejorando su velocidad. Nadar rápidamente con las palas permite a los nadadores producir tiempos más rápidos con una menor frecuencia de brazada porque las palas añaden más área de superficie a las manos. Las mejoras de la velocidad de nado ocurren cuando los nadadores pueden mantener su longitud de brazada mientras aumentan su frecuencia de brazada o cuando aumentan la frecuencia de brazada sin perder su longitud. Creo que las palas producen un aumento artificial de la longitud de la brazada acompañada de una pérdida significativa de frecuencia de brazada. Esta combinación no es un efecto deseable cuando se trata de mejorar la velocidad de la natación libre, y por lo tanto no recomiendo este método.

No obstante, algunos nadadores y entrenadores propugnan entrenar la velocidad con palas para mejorar la velocidad de la natación libre. Les aconsejo tomar varias precauciones. Deben prestar especial atención a la frecuencia de brazada, manteniéndola muy cercana o igual a la de la competición. La velocidad de entrenamiento debe ser más rápida que cuando nadan sin palas. Si no, los nadadores estarán simplemente sustituyendo área de superficie por frecuencia de brazada, y la natación con palas no proporcionará ningún beneficio adicional para aumentar la potencia muscular.

Una advertencia adicional que debería mencionar es que entrenar la velocidad con palas puede exacerbar los síntomas de la tendinitis en el

hombro. La mayor área de superficie y la resistencia añadida de las palas imponen un mayor estrés sobre el hombro y pueden causar más fricción entre los huesos y los tejidos blandos. Los nadadores con un historial de problemas con los hombros deben ser cautos a la hora de utilizar este método y deben cesar al primer indicio de dolor en el hombro.

Cualquiera de las series de repeticiones sugeridas para el entrenamiento de potencia con la natación libre puede realizarse con palas, siempre que los nadadores y los entrenadores guarden las precauciones que he mencionado.

La "Power Rack" y la "swim wheel". Como muestra la figura 14.3, la "Power Rack" consta de una pila de pesas en forma de disco que puede colocarse al borde de la piscina. El nadador se pone un *cinturón* atado a la pila de pesas con un sistema de doble polea. Entonces el nadador levanta las pesas con la polea al nadar por la piscina. El límite de altura que pueden alcanzar las pesas restringe la distancia que puede recorrer el nadador a unas 12 yardas.

La "swim wheel", ilustrada en la figura 14.4, está formada por una gran rueda con una cuerda que se ata al nadador con un cinturón. También hay una cuerda atada a un eje de la rueda. Esta cuerda tiene atada al otro extremo un cubo de anillos de buceo que el nadador levanta al nadar por la piscina. El cubo se levanta al dar vueltas la cuerda alrededor del eje cuando el nadador tira de la otra cuerda enrollada en la polea. Se puede ajustar la longitud de la cuerda en la polea para permitir al nadador recorrer 25 m o yardas o una distancia menor antes de que el cubo llegue a su altura máxima de 2,4 m.

La ventaja que tienen tanto la "Power Rack" como la "swim wheel" comparadas con la natación atada o parcialmente atada es que permiten a los nadadores aplicar una sobrecarga progresiva. El peso que levantan los nadadores proporciona la sobrecarga, y pueden aplicar la sobrecarga aumentando el peso. Se puede calcular la potencia determinando la rapidez con la que levantan el peso en una distancia particular. Tratar de nadar las repeticiones más rápidamente es otro método para aplicar la sobrecarga.

Las series de entrenamiento de ambos métodos deben probablemente incluir de 4 a 10 repeticiones realizadas en de una a tres series. El período de

descanso entre las repeticiones debe ser de 1 a 3 min con de 3 a 10 min de natación suave entre las series. El esfuerzo debe ser máximo y la frecuencia de brazada debe estar cerca de la correspondiente a la competición.

Quiero recalcar la importancia de utilizar la frecuencia de brazada competitiva con las repeticiones de velocidad realizadas con la “Power Rack” y la “swim wheel”. La investigación ha demostrado que la fuerza y su tasa de aplicación están estrechamente relacionadas (Moffroid y Whipple, 1970). Levantar grandes cantidades de pesas con una frecuencia de brazada lenta sería un error porque puede que la mayor fuerza desarrollada con este entrenamiento no fuera disponible para mejorar la potencia de la brazada a una frecuencia de brazada rápida. Por lo tanto, los nadadores deben establecer la frecuencia de brazada deseada para su prueba más corta y luego añadir sólo suficiente resistencia para que no logren mantenerla, pero sólo por un poquito. Luego deben entrenarse con esta cantidad de resistencia hasta que puedan continuamente igualar o superar la frecuencia de brazada deseada. Deben aumentar la resistencia y empezar un nuevo ciclo de entrenamiento cuando puedan hacerlo.

Aunque la resistencia añadida de la “Power Rack” o de la “swim wheel” sin duda cambiará la mecánica de la brazada, el efecto no debe ser tan grande como el producido por la natación atada o parcialmente atada. Los nadadores pueden nadar por la piscina más fluidamente cuando no están siendo arrastrados hacia atrás por una cuerda o por gomas.

Nadar llevando puesto zapatos, camisa y pantalones. Nadar contra la resistencia proporcionada por zapatos, camisa, pantalones u otras prendas no tiene cabida en el programa de entrenamiento de los nadadores. El entrenamiento que utiliza estos objetos, al igual que otras formas de entrenamiento resistido de la velocidad, reducirá la frecuencia y la longitud de brazada de los nadadores y causará una pérdida de la posición hidrodinámica. Las posibilidades de mejorar la potencia muscular son mínimas porque las prendas adicionales hacen que los nadadores utilicen una frecuencia de brazada extremadamente lenta. Los nadadores a menudo se engañan pensando que las prendas adicionales han producido un efecto de entrenamiento beneficioso porque se sienten muy ligeros y rápidos cuando se las quitan y nadan rápidamente. Sin embargo, si se cronometran estas

repeticiones se demostrará que es una sensación falsa que no se traduce en tiempos más rápidos. Lo más probable es que nadar con prendas adicionales no tenga ningún efecto beneficioso sobre la velocidad máxima de natación.

El entrenamiento asistido de la velocidad. Los métodos de entrenamiento asistido de velocidad se desarrollaron para contrarrestar los efectos potencialmente perturbadores del entrenamiento resistido de la velocidad, tales como una baja frecuencia de brazada y los cambios en la posición corporal y la mecánica de brazada que aumentan el arrastre resistivo. Se utilizó el entrenamiento asistido de la velocidad primero en el atletismo después de que los entrenadores encontrasen que los métodos de entrenamiento resistido de la velocidad hacían que los corredores acortasen la longitud de su zancada y su frecuencia (Dintiman, 1984). Dado que estos cambios eran perjudiciales para la velocidad de la carrera, los entrenadores intentaron encontrar otros métodos para sobrecargar la potencia muscular. Algunos de los métodos que han utilizado son correr cuesta abajo y correr remolcado. Correr cuesta abajo implica realizar carreras de velocidad de 20 a 70 yardas por una cuesta con una pendiente de no más de 2,5° a 3°. Remolcar implica utilizar gomas o un dispositivo motorizado llamado “Sprint Master” para tirar del corredor. En ambos métodos las carreras son cortas, normalmente de entre 25 y 40 yardas. Los corredores las realizan a una velocidad aproximadamente 0,50 s más rápido que su mejor tiempo para la distancia de la repetición. Los resultados han sido impresionantes tanto con correr cuesta abajo como con correr remolcado, aunque este último procedimiento parece producir los mejores. Los atletas velocistas han mejorado su tiempo en los 100 m en hasta 0,80 s utilizando el entrenamiento asistido de la velocidad (Dintiman y Ward, 1988).

No es probable que un aumento de la fuerza muscular sea la causa de las mejoras de la velocidad que resultan del entrenamiento asistido de la velocidad, porque el dispositivo reduce la resistencia ayudando a los atletas a superarla. En lugar de esto, el efecto de entrenamiento puede tener que ver con aumentos de la velocidad de la contracción muscular y aumentos de la velocidad de reclutamiento por el sistema nervioso central. Quizás estas u otras adaptaciones no determinadas del entrenamiento asistido de la velocidad ayudan a los corredores a aumentar la frecuencia de la zancada sin disminuir la longitud.

Los resultados de estos métodos fueron tan impresionantes con los corredores que Eleanor Rowe, Don Lytle y yo (Rowe, Maglischo y Lytle, 1977) decidimos examinar los efectos del entrenamiento asistido de la velocidad con nadadores. Realizamos un estudio en el que un grupo de nadadores realizaron un entrenamiento tradicional de la velocidad mientras que el otro grupo entrenaron con un método de velocidad asistido. El método que escogimos fue el de nadar velocidad con aletas.

Emparejamos dos grupos de nadadores y nadadoras competidores de 7 y 8 años según su mejor tiempo en las 25 yardas libres. Luego realizaron un entrenamiento de velocidad durante 8 semanas. Los nadadores de ambos grupos siguieron un programa mixto típico de entrenamiento de resistencia y de velocidad que era idéntico en todos los aspectos menos uno. El grupo experimental llevaron aletas durante una serie de 15 x 25 yardas libres que realizaban tres veces por semana. Les animamos a nadar estas repeticiones de velocidad más rápidamente que su mejor tiempo sin aletas. El grupo de control nadaron estas repeticiones de velocidad al mismo tiempo en la sesión de entrenamiento, pero no llevaron aletas. Animamos a los miembros del grupo de control a nadar cada repetición a un 90% de su mejor tiempo competitivo. Un entrenador entrenó a todos los sujetos en la misma piscina y al mismo tiempo.

Después de terminar el período de entrenamiento, cronometramos de nuevo a los sujetos en una competición de 25 yardas libres. Ambos grupos habían mejorado significativamente. Este resultado era de esperar ya que tanto el grupo de control como el experimental había realizado un entrenamiento de velocidad. El hallazgo importante fue que la velocidad media para las 25 yardas libres del grupo experimental mejoró significativamente más que la del grupo de control. El grupo de control mejoró como promedio en 0,12 s, mientras que la mejora media para el grupo experimental fue de 0,53 s. La diferencia de 0,41 s en la mejora media de los dos grupos fue significativa. Estos resultados sugieren que utilizar alguna forma de ayuda para nadar más rápidamente en las repeticiones de velocidad en el entrenamiento mejorará la velocidad más que el entrenamiento de velocidad tradicional no asistido.

Otro método de entrenamiento asistido de la velocidad que se ha hecho

popular es nadar velocidad siendo tirado por una goma. Se utiliza la goma de manera opuesta a como se utiliza en el entrenamiento resistido de la velocidad. En este método el nadador se desplaza a favor del retroceso elástico de la goma estirada en lugar de contra su resistencia. El dispositivo para este entrenamiento está elaborado con 6,1 a 7,6 m de goma fina quirúrgica unida a un cinturón ajustable. El otro extremo de la goma está atado al final de la piscina por debajo del nivel de agua para que no cause ninguna lesión si se rompe. El nadador se pone el cinturón y nada o anda hasta el otro extremo de la piscina estirando la goma. Luego vuelve nadando lo más rápidamente posible. La goma estirada estará tirando del nadador ayudándole a nadar más rápido de lo normal.

Al igual que el entrenamiento resistido de la velocidad, el asistido suele cambiar la mecánica de la brazada del nadador mientras lo realiza. Sin embargo, en este caso, los cambios suelen ser beneficiosos en lugar de perjudiciales. En un estudio en el que se filmó a los nadadores nadando a velocidad libre mientras estaban siendo tirados por gomas, encontramos que la mecánica de la brazada de varios mariposistas cambió para mejor durante los esfuerzos asistidos comparada con la de su natación sin ayuda (Maglischo *et al*., 1984). Algunos dejaron caer menos el codo en el agarre, y los que solían empujar hacia arriba durante el movimiento hacia arriba soltaron el agua antes. Otros utilizaron un movimiento hacia arriba más largo con menos extensión del codo, que también se consideró una mejora comparado con su estilo de natación sin ayuda.

Otro método de entrenamiento asistido de la velocidad del que disfrutan los nadadores es nadar con la corriente. Los sujetos establecen una corriente en la piscina empujando el agua en una dirección con tablas. Luego, uno a uno, se impulsan desde la pared o se zambullen en el agua y realizan un largo a velocidad en la misma dirección que el desplazamiento de la corriente. Los nadadores pueden alcanzar unas velocidades fenomenales utilizando este método. El efecto sobre la mecánica de la brazada de nadar con la corriente parece ser beneficioso porque aumentan la frecuencia mientras mantienen o incrementan la longitud.

Se elaboran las repeticiones de velocidad asistidas siguiendo las directrices presentadas anteriormente para las repeticiones del entrenamiento

de producción de lactato. La distancia de 25 yardas es mejor, aunque se puede utilizar la distancia de 50 m en piscinas olímpicas. El número óptimo de repeticiones es de 4 a 10, con intervalos de descanso que son adecuados para eliminar la mayor parte del ácido láctico producido durante la repetición. En este caso, recomiendo un tiempo de salida de 2 a 3 min.

Los velocistas probablemente deben realizar algún tipo de entrenamiento asistido de la velocidad dos o tres veces por semana durante las partes inicial y final de la temporada cuando se hace hincapié en mejorar la velocidad máxima. Una o dos veces por semana debe bastar durante otras fases de la temporada. Los mediofondistas y fondistas pueden probablemente realizar este tipo de entrenamiento una o dos veces por semana durante toda la temporada.

El entrenamiento a la velocidad competitiva

El entrenamiento a la velocidad competitiva consiste en series de repeticiones de menor distancia realizadas a la velocidad actual o deseada de la competición. La distancia de la repetición es normalmente la mitad de la distancia competitiva o menos. Los intervalos de descanso normalmente son cortos, pero su duración es una consideración de menor importancia. El aspecto más importante es que los nadadores realicen las repeticiones a la velocidad competitiva. El intervalo de descanso debe ser la duración más corta que permita a los nadadores alcanzar estas velocidades.

Los puntos esenciales del entrenamiento a la velocidad competitiva

Las secciones siguientes describen los efectos de entrenamiento deseados, las directrices para crear las series de repeticiones y los diferentes tipos de entrenamiento a la velocidad competitiva.

Efectos de entrenamiento

El entrenamiento a la velocidad competitiva puede producir adaptaciones fisiológicas que son principalmente aeróbicas o principalmente anaeróbicas según la prueba para la que se entrena el nadador. Para los mediofondistas y fondistas, el entrenamiento a la velocidad competitiva producirá las mismas adaptaciones que el entrenamiento de resistencia con sobrecarga. Cuando los velocistas realizan el entrenamiento a la velocidad competitiva las adaptaciones son más parecidas a las producidas por el entrenamiento de tolerancia al lactato.

Aunque el entrenamiento a la velocidad competitiva produce efectos fisiológicos similares a los producidos por otros tipos de repeticiones, tiene valores únicos que hacen que merezca ser incluido en una categoría diferente en todos los programas de entrenamiento. El más importante es que el entrenamiento a la velocidad competitiva simula más estrechamente las condiciones metabólicas reales de la competición mejor que cualquier otra forma de entrenamiento. Por consiguiente, puede mejorar la interacción entre los procesos metabólicos aeróbico y anaeróbico de manera que la energía para la contracción muscular se suministre más rápida y económicamente durante las pruebas. El entrenamiento a la velocidad de la competición también es valioso a causa de la oportunidad que ofrece a los nadadores para mejorar su sentido de cómo escoger el ritmo apropiado de la carrera. Otro beneficio es que experimentar varias velocidades competitivas puede ayudar a los nadadores a descubrir la mejor combinación de frecuencia y longitud de brazada cuando nadan a dicha velocidad.

El entrenamiento a la velocidad competitiva es altamente motivador porque los nadadores comprenden la conexión entre los tiempos que registran en el entrenamiento y los tiempos que quieren conseguir en la competición. Se esforzarán lo máximo posible para progresar de un tiempo para la repetición que corresponde a su actual mejor tiempo en una prueba particular a una que iguala su tiempo objetivo en dicha prueba. Finalmente, la confianza que tienen los nadadores en poder nadar un tiempo objetivo en competición

aumentará considerablemente cuando puedan nadar sus repeticiones de menor distancia a la velocidad objetivo.

Efectos del entrenamiento a la velocidad competitiva

Principales

- Mejora la interacción de los procesos metabólicos aeróbico y anaeróbico para que se suministre la energía para nadar a la velocidad competitiva más rápida y económicamente.
- Mejora la capacidad de intuir y mantener la velocidad competitiva en las pruebas.
- Mejora la capacidad de nadar con la combinación más eficaz de frecuencia y longitud de brazada durante la competición.
- Mejora la motivación y la confianza de los nadadores en su capacidad de mantener una velocidad competitiva particular en sus pruebas.

Secundarios

- Aumenta el $\dot{V}O_2$ máx.
- Aumenta la capacidad amortiguadora.
- Aumenta la resistencia muscular aeróbica.
- Aumenta la resistencia muscular anaeróbica.

La planificación de la temporada

Evidentemente, los nadadores deben realizar el entrenamiento a la velocidad competitiva en el estilo o los estilos para los que se entrenan y a la velocidad actual o deseada de las pruebas en las que participarán. El entrenamiento a la velocidad competitiva es, de por sí, altamente anaeróbico. Por consiguiente, los peligros de un uso excesivo descritos con respecto al entrenamiento de resistencia con sobrecarga y de tolerancia al lactato también se aplican a esta categoría de repeticiones. Por esta razón, los nadadores deben realizar el entrenamiento a la velocidad competitiva con poca frecuencia durante la primera mitad de la temporada. Después de cambiar el entrenamiento de mejorar la velocidad y la capacidad aeróbica a mejorar el metabolismo anaeróbico, los nadadores pueden realizar el entrenamiento a la velocidad competitiva más a menudo. La mejor estrategia es hacer hincapié en el entrenamiento a la velocidad competitiva sólo durante 4 a 6 semanas durante la última mitad de la temporada.

Nadar una o dos series principales a la velocidad competitiva por semana durante la fase de la temporada en la que se está haciendo hincapié en este tipo de entrenamiento debe ser suficiente para producir las adaptaciones deseadas. Probablemente se derivarán beneficios decrecientes y quizás una pérdida de ciertas adaptaciones de entrenamiento porque los músculos necesitan tiempo de recuperación para reparar los daños causados por la acidosis. El entrenamiento a la velocidad competitiva es duro tanto desde el punto de vista físico como emocional, y los nadadores pueden saturarse fácilmente si entrenan demasiado.

Quiero avisar que el entrenamiento a la velocidad competitiva, de sobrecarga y de tolerancia al lactato deben considerarse como una única categoría cuando se planifica el número de series principales en una semana de entrenamiento. Explicaré lo que quiero decir con esta afirmación.

Los efectos del entrenamiento a la velocidad competitiva, de sobrecarga y de tolerancia al lactato se solapan de manera significativa en un área. Todos

son altamente anaeróbicos y producen una acidosis elevada. Por esta razón, los nadadores deben programar no más de tres series totales de entre estas tres categorías durante cada semana de entrenamiento. Por lo tanto, si un nadador realiza una serie a la velocidad competitiva en una semana particular, no debe programar más de dos series adicionales de sobrecarga o de tolerancia al lactato en esta misma semana.

Directrices para elaborar las series de repeticiones a la velocidad competitiva

Las directrices siguientes pueden utilizarse cuando se elaboran las series de repeticiones a la velocidad competitiva.

Distancia y velocidad de la repetición. El ingrediente más importante de la serie a la velocidad competitiva es que sea una velocidad entre la actual y la deseada para su prueba. Por esta razón, la mejor distancia para la repetición es la mitad o menos de la distancia de la prueba. La experiencia muestra que los nadadores pueden nadar repeticiones de 12,5 y 25 m o yardas a la velocidad competitiva de su prueba de 50 m o yardas, y pueden nadar repeticiones de 25 y 50 m o yardas a la velocidad competitiva de su prueba de 100 m o yardas. También pueden nadar repeticiones de 50 y 100 m o yardas a la velocidad de la prueba de 200 m o yardas. En las pruebas más largas, los nadadores suelen tener grandes dificultades para nadar repeticiones de la mitad de la distancia competitiva a la velocidad competitiva. Normalmente tienen que nadar repeticiones de 50 a 200 m o yardas para alcanzar la velocidad competitiva para pruebas de 400 m y más.

Intervalos de descanso. Los intervalos de descanso entre las repeticiones deben ser bastante largos para permitir a los nadadores realizarlas a la velocidad competitiva, pero no más largos. La experimentación y la experiencia es la mejor manera de determinar los intervalos de descanso para nadadores de diferentes edades y capacidades. La tabla 14.7 presenta algunas sugerencias basadas en la experiencia personal.

Volumen de la serie. El número de repeticiones en la serie también debe determinarse mediante la experimentación y la experiencia. La tabla 14.7 ofrece sugerencias para el volumen de la serie.

Resumen de las directrices para elaborar series de repeticiones a la velocidad competitiva

- **Distancia de la serie.** De 200 m o yardas a 1.500 m o 1.650 yardas.

- **Distancias de las repeticiones.** Cualquier distancia que permita al nadador mantener la velocidad competitiva. Una distancia de 1/2 a 1/4 de la distancia de la prueba es normalmente necesaria para pruebas de 200 m o yardas o menos. Repeticiones que son de 1/4 a 1/16 de la distancia competitiva funcionan mejor para las pruebas más largas.

- **Intervalos de descanso.** El período más corto que permita a los nadadores mantener la velocidad competitiva. Los intervalos de descanso de 10 a 30 s normalmente funcionan bien con repeticiones de 100 m o yardas y menos. Los intervalos pueden ser de 1 min para repeticiones más largas.

- **Velocidad.** La velocidad de entrenamiento debe ser equivalente a la velocidad actual o deseada de la carrera.

La sobrecarga progresiva

Los nadadores pueden utilizar tres métodos para seguir mejorando con el entrenamiento a la velocidad competitiva:

1. Aumentar la velocidad de la repetición.

2. Reducir el intervalo de descanso.

3. Aumentar el número de repeticiones.

Para utilizar cualquiera de los tres métodos, la serie de repeticiones debe tener una distancia de repetición y un intervalo de descanso que permitan a los nadadores realizarla a una velocidad igual o cercana a la competitiva actual. Para utilizar el primer método, a lo largo de varias semanas los nadadores deben tratar de reducir el tiempo de las repeticiones hasta lograr la velocidad deseada para la prueba. Con el segundo método, los nadadores deben reducir el intervalo de descanso gradualmente a lo largo de varias semanas hasta que puedan nadar la misma velocidad con un intervalo de descanso considerablemente más pequeño. Para utilizar el tercer método, los nadadores deben aumentar gradualmente el número de repeticiones a lo largo de varias semanas hasta que estén nadando más repeticiones a la velocidad competitiva.

Aumentar la velocidad de la repetición o reducir el intervalo de descanso son probablemente las mejores maneras de acondicionar a los nadadores para que mantengan una velocidad dada durante toda la distancia de la prueba. Tratar de aumentar la velocidad de la repetición a un tiempo meta es altamente motivador. Este método es factible con un grupo numeroso de nadadores porque todos pueden estar nadando sus repeticiones con el mismo tiempo de salida y trabajando individualmente para lograr su tiempo meta. Reducir el intervalo de descanso es el método más directo de los tres porque los nadadores se están entrenando hacia la meta final de mantener su velocidad deseada sin descanso entre los segmentos. Sin embargo, es más difícil aplicar este método a un grupo numeroso en una piscina llena porque los miembros del grupo tendrán muchos tiempos de salida diferentes. Aumentar el número de repeticiones es probablemente el método más débil de los tres para acondicionar el cuerpo del nadador a nadar a una velocidad competitiva deseada porque es el menos directo. Sin embargo, puede ser efectivo si se administra correctamente. Se puede aumentar el número de repeticiones desde algún número inicial a un número meta predeterminado, por ejemplo de 6 a 12. Luego el nadador podría volver al número original de

repeticiones (6) y tratar de nadarlas más rápidamente o con menos descanso.

Otros métodos de entrenamiento a la velocidad competitiva

El entrenamiento a la velocidad competitiva puede realizarse de dos maneras adicionales. La primera implica series rotas, y la segunda implica controlar los esfuerzos de las repeticiones según la frecuencia de brazada en lugar del tiempo.

Series rotas. Las series rotas son una forma excelente de entrenar a la velocidad competitiva. Las series rotas son una forma de nadar las repeticiones en la que una distancia particular de prueba se divide en varios segmentos, y se proporciona un intervalo de descanso, normalmente de 5 a 30 s después de cada segmento. Los nadadores repiten estos segmentos en secuencia hasta completar la distancia total de la prueba. Por ejemplo, cuatro repeticiones de 25 m con un descanso de 10 s después de cada una es una serie rota de 100 m. Se calcula el tiempo total de la serie restando los períodos de descanso. Se compara este tiempo con el mejor tiempo del nadador para esta distancia competitiva. Por ejemplo, si una nadadora tuvo un tiempo medio de 30 s para cada repetición de 50 m, su tiempo para una serie rota de 200 m sería 2:00,00.

Las series rotas son una forma motivadora del entrenamiento a la velocidad competitiva porque los nadadores pueden ver fácilmente la conexión entre el tiempo transcurrido nadando la serie rota y su tiempo en la competición. Las series rotas también son una manera excelente de enseñar a los nadadores a escoger bien el ritmo apropiado de la carrera porque los nadadores pueden comprobar y ajustar su ritmo después de cada segmento de la serie. Luego pueden probar diversos planteamientos para escoger el ritmo de la prueba adecuado con el fin de ver cuál funciona mejor para ellos en la distancia de una prueba particular.

Es posible nadar a la velocidad competitiva en las series rotas porque los cortos períodos de descanso entre los segmentos permiten tiempo para la eliminación de una parte del ácido láctico de los músculos activos y la reposición de una parte del creatinfosfato en los mismos. En la tabla 14.8 se enumeran algunos de los métodos comunes que utilizan los entrenadores para elaborar las series rotas.

Tabla 14.7. Ejemplos de series a la velocidad competitiva

DISTANCIA DE LA REPETICIÓN	NÚMERO DE REPETICIONES	INTERVALO DE DESCANSO
Para las pruebas de 50		
12,5	1 a 3 series de 6-8 repeticiones	20-30 s entre repeticiones; 2-3 min entre series
25	1 a 3 series de 4-8 repeticiones	30 s a 1 min entre repeticiones; 2-3 min entre series
Para las pruebas de 100		
25	1 a 4 series de 6-12 repeticiones	15-30 s entre repeticiones; 3-5 min entre series
50	6-16	30-45 s entre repeticiones
Para las pruebas de 200		
25	3 a 5 series de 12-20 repeticiones	5-10 s entre repeticiones; 3-5 min entre series

	50	2 a 4 series de 8-10 repeticiones	20-30 s entre repeticiones; 3-5 min entre series
	100	8-12	45-90 s entre repeticiones
Para las pruebas de 400m/500 yardas			
	50	20-40	10-20 s entre repeticiones
	100	10-15	30-45 s entre repeticiones
	200	4-8	1-3 min entre repeticiones
Para las pruebas de 1.500 m/1650 yardas			
	50	30-60	10 s entre repeticiones
	100	15-30	10-20 s entre repeticiones
	200	10-15	30-60 s entre repeticiones
	400/500	2-3	2-5 min entre repeticiones

El entrenamiento a la velocidad competitiva con la frecuencia de brazada. Otro método para realizar el entrenamiento a la velocidad competitiva que puede ser aún más efectivo que nadar a la velocidad competitiva es hacer que

los nadadores realicen las repeticiones con la frecuencia de brazada que pretenden utilizar en las pruebas. Los intentos de nadar las repeticiones de entrenamiento a la velocidad deseada para el final de la temporada puede no ser realista porque los nadadores no se habrían afeitado ni realizado la puesta a punto. Tendrán que hacer un mayor esfuerzo para nadar a esta velocidad en medio de la temporada que al final de la misma cuando habrán descansado y se habrán afeitado. Por lo tanto, puede que estén nadando con un esfuerzo mayor que el pronosticado para la prueba aunque la velocidad de la repetición sea igual a la deseada. Puede ser más realista que los nadadores realicen sus repeticiones en medio de la temporada utilizando la frecuencia de brazada que pretenden emplear en las pruebas al final de la misma.

Para utilizar la frecuencia de brazada para el entrenamiento a la velocidad competitiva, se debe elaborar la serie de repeticiones escogiendo el número máximo de repeticiones y el intervalo de descanso mínimo que permitan a los nadadores realizar toda la serie con la frecuencia de brazada correcta. Luego, a lo largo de la temporada, pueden reducir gradualmente el intervalo de descanso hasta que estén nadando las repeticiones con considerablemente menos descansos mientras mantengan la frecuencia de brazada correcta. Alternativamente pueden aumentar gradualmente el número de repeticiones mientras tratan de mantener su frecuencia de brazada meta.

Tabla 14.8. La elaboración de las series rotas

DISTANCIA DE LA PRUEBA	SEGMENTOS	INTERVALO DE DESCANSO
50	2 × 25	5-10 s
100	4 × 25	5-10 s
	25-50-25	5-10 s
200	2 × 50	10-30 s
	4 × 50	5-10 s
	50-100-50	5-10 s

	8 × 25	5 s
	50-100-25-25	5-10 s
	100-50-50	5-10 s
	2 × 100	10-30 s
400 m/500 yardas	4 ó 5 × 100	10-20 s
	8 ó 10 × 50	5-10 s
	200-100-100	20-30 s
	200-50-50-50-50	10-20 s
	100-200-100	20-30 s
	100-200-50-50	10-20 s
	200-100-100	20-30 s
	200-200-50-50	20-30 s
1.500 m/1.650 yardas	15 × 100	10-20 s
	16 × 100 + 50	10-20 s
	30 × 50	5-10 s

El entrenamiento de recuperación

Este tipo de entrenamiento se refiere a la natación suave que se utiliza para acelerar la recuperación después de entrenamientos más intensos y de la competición. La natación de recuperación estimula e intensifica la tasa de mejora de la capacidad aeróbica y de la potencia anaeróbica. También aumenta la cantidad de natación intensa que los nadadores pueden realizar semanalmente porque acelera la recuperación de la misma.

Los puntos esenciales del entrenamiento de recuperación

Las secciones siguientes describen los efectos de entrenamiento, la planificación y las directrices del entrenamiento de recuperación.

Efectos de entrenamiento

El entrenamiento de la natación agota el glucógeno muscular, produce acidosis y causa daños en los tejidos musculares. Los nadadores pronto perderán sus adaptaciones al entrenamiento, un problema conocido como *falta de adaptación* o *sobreentrenamiento*, si no tienen tiempo suficiente de recuperación para reponer el glucógeno, eliminar la acidosis y reparar los daños musculares. La natación a niveles bajos de intensidad puede acelerar el proceso de recuperación y reconstrucción en los músculos y los tejidos circundantes. La natación suave mantiene una alta tasa de riego sanguíneo por todo el cuerpo sin causar un agotamiento adicional de glucógeno o daños a los tejidos debidos a la acidosis. Un mayor riego hará que más glucosa

llegue a los músculos, donde puede difundirse y ser almacenada como glucógeno. También aumentará la cantidad de proteínas, vitaminas, minerales y hormonas que llegan a los músculos para que puedan repararse y reconstruirse más rápidamente. Finalmente, un mayor riego sanguíneo aumentará la tasa de eliminación del ácido láctico de los músculos de manera que se restablezca su pH más rápidamente. La investigación indica que con los procedimientos de recuperación pasiva, el 70% del ácido láctico producido durante el ejercicio está todavía en los músculos 6 min más tarde (Nevill *et al.*, 1996). Nadando suavemente durante el período de la recuperación, los nadadores pueden recortar este tiempo a la mitad. Mencioné anteriormente en este capítulo que la tasa de recuperación después de un ejercicio agotador era 100% mayor a los 5 min y 400% mayor a los 20 min cuando los sujetos seguían estando activos en lugar de pasivos durante el período de recuperación (Belcastro y Bonen, 1975). Por consiguiente, parece razonable que programar una sesión de natación de recuperación después de un entrenamiento particularmente largo o intenso acelerará el proceso de recuperación y reparación.

La planificación de la temporada

Se debe programar el entrenamiento de recuperación después de cualquier repetición que produzca una acidosis intensa. La mayor parte de ciertas sesiones de entrenamiento semanales también deben dedicarse al entrenamiento de recuperación cuando las sesiones anteriores pueden haber causado un agotamiento elevado del glucógeno muscular o daños considerables a los tejidos.

Las sesiones de recuperación no tienen necesariamente que carecer de entrenamiento. Las sesiones de entrenamiento dedicadas principalmente a la recuperación del entrenamiento de resistencia intenso o del entrenamiento de velocidad prolongado pueden servir todavía para mejorar otros aspectos del rendimiento, particularmente el de velocidad. Se puede mezclar el entrenamiento de recuperación con pequeñas cantidades de repeticiones para la producción de lactato o de potencia sin interferir con el proceso de

recuperación. Estas repeticiones no producen una acidosis intensa ni utilizan grandes cantidades de glucógeno muscular, de manera que no deben interferir con el proceso de recuperación. Dado que la mayor parte de la acidosis y de la pérdida de glucógeno implicará las fibras musculares de contracción rápida, las sesiones de entrenamiento de recuperación pueden también incluir el entrenamiento de resistencia básica. Las fibras musculares de contracción lenta realizarán la mayor parte del trabajo durante este tipo de entrenamiento, de manera que las fibras musculares de contracción rápida tendrán tiempo para recuperarse mientras los nadadores siguen mejorando aspectos de la resistencia aeróbica tales como el gasto cardíaco, la redistribución de la sangre y la capilarización, mientras que también aumentan las mitodondrias, los transportadores de lactato y quizá la mioglobina en las fibras de contracción lenta.

Se pueden programar ejercicios diferentes de sólo brazos, sólo piernas y de estilo completo durante las sesiones de recuperación porque los nadadores normalmente realizan estos ejercicios a la velocidad del entrenamiento de resistencia básica. Los fondistas y mediofondistas pueden programar ejercicios de sólo piernas para las sesiones de entrenamiento de recuperación porque la mayoría de ellos no utilizan mucho las piernas en el entrenamiento de resistencia. De igual forma, los espaldistas y mariposistas pueden programar ejercicios de batidos subacuáticos para las sesiones de recuperación ya que estos suelen ser cortos y no utilizan mucho glucógeno ni causan una acidosis intensa.

Se pueden realizar pequeñas cantidades de entrenamiento de resistencia más intenso en estilos secundarios en combinación con el entrenamiento de recuperación. El entrenamiento de este tipo estimulará los sistemas respiratorio y circulatorio, mientras permite que se recuperen muchas de las principales fibras musculares que los nadadores utilizan en su estilo favorito. Cuanto más diferente sea el estilo secundario del principal mejor, porque las fibras musculares diferentes estarán llevando la carga mientras que las fibras agotadas y lesionadas estarán recuperándose.

Los nadadores siempre deben realizar sesiones de recuperación después de las competiciones. Nadar un poco a velocidad de recuperación inmediatamente después de una prueba es recomendable, particularmente si

hay pruebas adicionales ese mismo día o el día siguiente. Se debe programar un entrenamiento de recuperación para el día después de la prueba. Los nadadores siempre deben hacer de 1 a 3 días de entrenamiento de recuperación después de una competición importante que se ha prolongado a lo largo de varios días en los que han competido en varias pruebas. Las sesiones de recuperación son especialmente necesarias si los nadadores han descansado y se han afeitado para dichas pruebas.

Directrices para el entrenamiento de recuperación

Se pueden utilizar las siguientes directrices para crear las series de recuperación.

Velocidad de entrenamiento. El entrenamiento de recuperación debe realizarse a velocidades bastante rápidas para aumentar el riego sanguíneo sin agotar el glucógeno muscular o aumentar mucho la producción de ácido láctico. Las velocidades de natación que se ajustan a esta categoría están en el rango del 50% al 60% de $\dot{V}O_2$ máx. Estas velocidades son bastante rápidas para mantener un gasto cardíaco elevado, pero no tan rápidas que causen una gran implicación de las fibras musculares de contracción rápida. Otra razón de nadar en este rango de velocidades es que la grasa muscular será la fuente principal de energía para la contracción muscular en lugar del glucógeno (Galbo y Stallknecht, 1996). Por consiguiente, los depósitos de glucógeno muscular no disminuirán más aún, y la producción del ácido láctico será mínima. Evidentemente, nadar de forma prolongada a una mayor intensidad anulará el propósito del entrenamiento de recuperación porque el depósito de glucógeno disminuirá aún más y se producirán cantidades excesivas de ácido láctico.

Para la mayoría de los nadadores, una velocidad de natación que produce un consumo de oxígeno del 50% al 60% del máximo corresponde a esfuerzos que son percibidos por ellos como la mitad o menos de la velocidad de competición. Se puede utilizar también la frecuencia cardíaca en el rango de

90 a 120 lpm para indicar la intensidad apropiada para la natación de recuperación, al igual que un esfuerzo percibido de 7 a 12 en una escala de 20. Mencioné anteriormente que un estudio realizado por Cazorla y colaboradores (1983) sugirió que los nadadores escogerían intuitivamente el nivel correcto de esfuerzo cuando se les indicara que nadasen a la intensidad de recuperación. Por consiguiente, una vez que comprendan el valor del entrenamiento de recuperación, la mayoría de los nadadores pueden escoger su propia velocidad.

Distancia de la repetición y duración de la serie. El entrenamiento de recuperación es más efectivo cuando es continuo y utiliza el estilo o los estilos que los nadadores emplean en la competición. Los nadadores pueden realizar repeticiones de cualquier distancia para este fin.

La duración óptima para la natación de recuperación y las series de repeticiones de recuperación que siguen a las pruebas competitivas o a las repeticiones intensas en el entrenamiento es de entre 10 y 20 min, pero pueden durar toda la sesión de entrenamiento cuando representan el enfoque principal de la misma. Como se mencionó anteriormente, el entrenamiento de recuperación puede intercalarse con repeticiones cortas de velocidad y un entrenamiento de estilos diferentes durante sesiones diseñadas principalmente para la recuperación, para que los nadadores puedan obtener algunos beneficios colaterales de entrenamiento.

Intervalos de descanso. Para ahorrar tiempo, los nadadores deben realizar el entrenamiento de recuperación con cortos períodos de descanso, aunque el tiempo de salida no debe ser tan corto que los nadadores tengan que nadar rápidamente para cumplirlo.

Resumen de las directrices para el entrenamiento de recuperación

- **Duración de la serie.** De 10 a 20 min mínimo. Se recomiendan series más largas para las sesiones de entrenamiento de recuperación.

- **Distancia de la repetición.** Cualquier distancia es aceptable, aunque repeticiones continuas más largas son superiores a repeticiones más cortas para este fin.

- **Intervalos de descanso.** Los intervalos de descanso deben ser cortos para ahorrar tiempo. La duración del intervalo de descanso tiene poco que ver en la efectividad del entrenamiento de recuperación.

- **Velocidad.** La velocidad de natación debe ser suave. Los nadadores generalmente escogerán la velocidad apropiada si se les indica que naden a la intensidad de recuperación. Para los que necesitan una directriz, la frecuencia car-díaca debe estar en el rango de 90 a 120 lpm, el esfuerzo percibido debe ser de 7 a 12 en una escala de 1 a 20, o los nadadores deben sentir que están desplazándose a la mitad de la velocidad competitiva o más lento. Intercalar algunas repeticiones cortas de velocidad puede añadir un elemento de entrenamiento de velocidad a la sesión de recuperación.

- **Estilos.** Los nadadores deben utilizar su estilo principal en el entrenamiento de recuperación. El entrenamiento más intenso en otros estilos puede formar parte de las sesiones de entrenamiento de recuperación para fomentar otras adaptaciones circulatorias y respiratorias adicionales.

Efectos antagónicos del entrenamiento de resistencia y del de velocidad

La existencia de efectos antagónicos del entrenamiento de resistencia y del de

velocidad es un tema muy polémico entre los científicos del deporte. Algunos afirman que ningún tipo de entrenamiento interfiere con los efectos del otro, mientras que otros creen que un tipo de entrenamiento, de resistencia o de velocidad, definitivamente reduce los efectos de entrenamiento del otro. Mi experiencia personal es que los nadadores pierden velocidad cuando realizan grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia. Lo que es menos conocido es que los nadadores pueden perder resistencia cuando realizan cantidades significativas de entrenamiento de velocidad. El entrenamiento de resistencia suele producir cambios en las fibras musculares de contracción rápida y a veces en las de contracción lenta que disminuyen la velocidad de contracción y la tasa de metabolismo anaeróbico. De igual manera, el entrenamiento de velocidad causa una mayor dependencia del metabolismo anaeróbico de manera que se acumula más ácido láctico en los músculos a velocidades más lentas y se desarrolla la acidosis con más facilidad.

Las investigaciones recientes y años de experiencia me han indicado que los nadadores pueden esperar los siguientes resultados antagónicos del entrenamiento de resistencia y del de velocidad.

• *El entrenamiento de resistencia reducirá la velocidad*. En particular, el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y de sobrecarga (Re-3) suelen desacelerar la tasa de metabolismo anaeróbico (potencia anaeróbica), quizá porque reducen la actividad de las enzimas anaeróbicas y el tamaño y la fuerza de las fibras musculares de contracción rápida. Por lo tanto, los nadadores que compiten en pruebas cortas en las que la velocidad es primordial deben reducir las cantidades de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y de sobrecarga (Re-3) que figuran en su programa para que no pierdan la velocidad contráctil de sus fibras musculares de contracción rápida. Al mismo tiempo, deben incluir una cantidad razonable de entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) y potencia (Ve-3) en el programa para mejorar la potencia anaeróbica. Los mediofondistas y los fondistas, en cambio, tendrán que arriesgarse a sufrir una reducción de su velocidad máxima para mejorar sus capacidades aeróbicas y amortiguadoras hasta niveles máximos. Esto no ocurrirá a no ser que dichos nadadores realicen una cantidad razonable de entrenamiento al nivel del umbral (Re-2) y de sobrecarga (Re-3). Estos tipos de entrenamiento mejoran la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida, lo que debe

proporcionar una mejora adicional importante de $\dot{V}O_2$ máx y así mejorar su resistencia aeróbica. Finalmente, mejorarán la capacidad amortiguadora tanto de las fibras musculares de contracción lenta como de las de contracción rápida. Una mayor capacidad amortiguadora proporcionará una defensa adicional contra la acidosis, de manera que dichos nadadores puedan nadar más rápido durante un mayor tiempo a pesar del hecho de que mayores volúmenes de ácido láctico pueden estar acumulándose en sus músculos.

- *El entrenamiento de velocidad reducirá la resistencia aeróbica*. En particular, demasiado entrenamiento de resistencia con sobrecarga (En-2) y de tolerancia al lactato (Ve-1) suelen reducir la capacidad aeróbica, quizá porque el entrenamiento aumenta la tasa de metabolismo anaeróbico. Este efecto será más dañino para los mediofondistas y fondistas. Estos tipos de entrenamiento causan tasas mayores de producción y acumulación de lactato a velocidades submáximas, particularmente en las fibras musculares de contracción rápida. Si la mayor capacidad amortiguadora no compensa estos efectos, puede disminuir el porcentaje de $\dot{V}O_2$ máx que dichos nadadores pueden mantener durante sus pruebas más largas. Por lo tanto, para mantener el $\dot{V}O_2$ máx a un nivel alto, los mediofondistas y los fondistas deben incluir cantidades razonables de entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral para compensar los efectos del entrenamiento de resistencia con sobrecarga y de tolerancia al lactato.

El entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) también puede reducir la capacidad aeróbica por las mismas razones que el de resistencia con sobrecarga y de tolerancia al lactato. Además, el entrenamiento de producción de lactato, debido al hecho de que las repeticiones a velocidad son tan cortas, contribuye poco a la mejora de la capacidad amortiguadora muscular. Por consiguiente, incluso los velocistas deben compensar este tipo de entrenamiento con volúmenes razonables de entrenamiento de tolerancia al lactato para mantener la capacidad amortiguadora en un nivel alto. Si no, puede disminuir su resistencia. La figura 14.5 resume estos efectos antagónicos del entrenamiento.

Figura 14.5. Los efectos antagónicos del entrenamiento de resistencia y del de velocidad.

15

El entrenamiento para diferentes pruebas competitivas

Qué bonito sería si el proceso de diseñar programas de entrenamiento fuese igual para todos los nadadores y para todas las pruebas competitivas. Este enfoque no funcionará porque simplifica demasiado un proceso complejo. Los programas de entrenamiento deben ser individualizados para las pruebas de distancias distintas y para los nadadores con características fisiológicas diferentes. Cada nadador llega al entorno de entrenamiento con un conjunto de características fisiológicas que difiere de alguna manera del de todos los demás nadadores. Por lo tanto, incluso los nadadores que compiten en la misma prueba necesitarán programas de entrenamiento individualizados si quieren alcanzar su potencial máximo como nadadores de competición.

Los entrenadores necesitan utilizar la sabiduría que han adquirido tanto de la experiencia como de la ciencia para llegar a un equilibrio que optimice las contribuciones del entrenamiento de resistencia y del de velocidad para cada

prueba competitiva y cada nadador. Esto no es una tarea fácil. Ningún entrenador, sea cual sea su éxito, puede proporcionarnos un sistema que garantice el éxito porque la tarea de individualizar el entrenamiento es demasiado compleja y nuestros conocimientos son demasiado limitados. Dicho esto, en este capítulo quiero ofrecer algunas sugerencias que pueden mejorar las posibilidades de alcanzar el éxito. Presentaré una guía para optimizar los efectos del entrenamiento de resistencia y de velocidad para diferentes pruebas y para nadadores con diferentes características fisiológicas. También he incluido descripciones de los programas de entrenamiento de algunos de los nadadores y entrenadores actuales con mayor éxito para que se puedan ver las diferentes maneras de llevar a cabo el entrenamiento.

Esencialmente dos factores determinan el equilibrio óptimo del entrenamiento de resistencia y del de velocidad:

1. La distancia de la prueba o de las pruebas para las que se entrena el nadador.
2. Las características fisiológicas del nadador.

Evidentemente el entrenamiento de resistencia recibirá una mayor importancia al aumentar la distancia competitiva. Se hará hincapié en el entrenamiento de velocidad para los velocistas, y el entrenamiento de resistencia y el de velocidad merecerán casi la misma consideración cuando se trate de los mediofondistas.

Las características fisiológicas concretas del nadador desempeñan un papel determinante en el proceso de planificación, particularmente en lo que se refiere a las proporciones relativas de las fibras de contracción rápida y de contracción lenta en los músculos. Los nadadores con un gran porcentaje de fibras musculares de contracción rápida tenderán a proporcionar más energía mediante el metabolismo anaeróbico y menos mediante el metabolismo aeróbico para cualquier distancia competitiva. Éste debe ser un factor importante a la hora de seleccionar las cantidades relativas de entrenamiento

de resistencia y de velocidad que figuran en su programa. En cambio, los nadadores con una gran proporción de fibras musculares de contracción lenta dependerán más del metabolismo aeróbico y menos del metabolismo anaeróbico para obtener energía en cualquier distancia competitiva. El diseño de su programa de entrenamiento debe tener en cuenta esta consideración.

Entrenar a los fondistas

Los fondistas compiten en las pruebas más largas del programa competitivo, los 800 m libres, los 1.500 m libres y las 1.650 yardas libres. También puede que compitan en los 400 m libres y las 500 yardas libres, aunque éstas se consideran pruebas de medio fondo.

Las características fisiológicas

Los fondistas generalmente tienen una mayor propensión innata para el metabolismo aeróbico que otros nadadores. El $\dot{V}O_2$máx y el umbral anaeróbico serán generalmente mayores que los de los nadadores que compiten en otras pruebas. Los fondistas también tendrán un mayor potencial para mejorar en estas áreas. Una razón de ello es que muchos deportistas que destacan en las pruebas de fondo tienen un porcentaje más alto de fibras musculares de contracción lenta que la población general. La mayoría de los músculos mixtos de los fondistas estarán formados del 60% al 70% por fibras musculares de contracción lenta. Esto no significa que los deportistas que tienen proporciones aproximadamente iguales de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta no puedan destacar en pruebas de fondo. Lo pueden hacer, con el entrenamiento apropiado, pero es dudoso que los atletas cuyos músculos están formados principalmente por fibras musculares de contracción rápida puedan destacar en las pruebas de fondo.

La otra cara de la moneda es que los fondistas generalmente tendrán un nivel innato bajo de potencia anaeróbica porque no tienen un alto porcentaje de fibras musculares de contracción rápida. Hasta cierto punto esto es una ventaja para ellos. Tienen menos fibras del tipo que produce mucho ácido láctico durante las pruebas. Por lo tanto pueden nadar largos períodos a velocidades rápidas pero no máximas sin sufrir una acidosis elevada. Pero hay que pagar un precio por esta ventaja. Los que tienen niveles muy bajos de potencia anaeróbica pueden tener dificultad para empezar la carrera con bastante rapidez para ser competitivos, y es improbable que tengan suficiente velocidad para una rápida llegada.

También puede que los fondistas tengan una menor capacidad amortiguadora potencial aunque según mis conocimientos ningún estudio científico ha demostrado esta proposición. Dado que las fibras musculares de contracción lenta suelen poseer una menor capacidad amortiguadora, parece razonable suponer que los fondistas tendrán una menor habilidad para mejorar en esta área que los nadadores que poseen más fibras musculares de contracción rápida, que suelen tener un mayor potencial amortiguador.

Los fondistas no suelen ser muy musculosos. Pueden ser flacos o pesados, altos o bajos, pero no tendrán grandes músculos ni tendrán la predisposición para aumentar mucho el tamaño de sus músculos con el entrenamiento contra resistencia. Las fibras musculares de contracción lenta suelen ser más pequeñas que sus equivalentes de contracción rápida y menos sensibles a la hipertrofia con el entrenamiento contra resistencia.

Un fuerte batido de estilo libre o de espalda es una ventaja para cualquier nadador, pero si existe una categoría de pruebas en la que los nadadores pueden lograr el éxito sin un batido efectivo es en las pruebas de fondo. Muchos de los fondistas utilizan un batido arrítmico, y lo utilizan más para mantener una buena alineación lateral y horizontal y para contrarrestar las brazadas que para la propulsión. Sin embargo, es necesario mencionar que los fondistas deben desarrollar un fuerte batido de seis tiempos que pueden utilizar en el acelerón final de sus pruebas.

Las características físicas de los deportistas que tienen una predisposición genética para ser fon-distas les permite tolerar grandes volúmenes de

entrenamiento a velocidades razonablemente rápidas. Generalmente tendrán una velocidad correspondiente al umbral más rápida que los nadadores de habilidad comparable en pruebas más cortas, y pueden entrenarse a una frecuencia cardíaca un poco más alta y porcentajes más altos de su mejor tiempo que otros nadadores en las series de resistencia. De nuevo, esta habilidad es el resultado de la proporción generalmente mayor de fibras musculares de contracción lenta. Estas fibras están naturalmente bien equipadas para proporcionar energía mediante el metabolismo aeróbico, y producen menores cantidades de ácido láctico a altas velocidades. Además, los fondistas suelen utilizar el glucógeno muscular a una tasa más lenta porque tienen menos fibras musculares de contracción rápida y porque su preponderancia de fibras musculares de contracción lenta permite un mayor metabolismo aeróbico de la glucosa y de las grasas. Por consiguiente, los nadadores que están fisiológicamente equipados para las pruebas de fondo pueden nadar durante más tiempo antes de agotar el glucógeno de sus músculos.

Sugerencias para el entrenamiento

Los fondistas deben maximizar la capacidad aeróbica teniendo en cuenta que necesitan mantener la capacidad amortiguadora a un nivel razonable. Necesitan tener esta herramienta disponible para reducir la tasa de acidosis durante las últimas fases de sus pruebas. También deben mantener su velocidad máxima a niveles normales para tener velocidad para salir y llegar rápidamente. Pero no quieren exagerar el entrenamiento de producción de lactato. Tener una tasa alta de metabolismo anaeróbico no produce beneficios si el sistema aeróbico no tiene la capacidad de oxidar la mayor parte del piruvato que producen. La acumulación de un exceso de piruvato resultaría en una mayor cantidad de ácido láctico y una mayor acidosis a la velocidad competitiva. No deben hacer ningún entrenamiento de tolerancia al lactato, y deben ser conscientes de no exagerar el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva por la misma razón. Por consiguiente, los fondistas deben trabajar para optimizar, no maximizar, su capacidad amortiguadora y su potencia anaeróbica.

Para resumir, el objetivo principal para entrenar a los fondistas, particularmente, los que se especializan en las pruebas competitivas más largas, es mejorar mucho la capacidad aeróbica mientras se mantiene un nivel razonable de capacidad amortiguadora y potencia anaeróbica (velocidad máxima).

Los fondistas deben ser conscientes de que hacer hincapié en el entrenamiento de resistencia puede disminuir la velocidad de contracción de sus fibras musculares de contracción rápida y quizá de su tasa de metabolismo anaeróbico. Estas cualidades deben volver al nivel normal durante las fases de preparación de las pruebas competitivas y de puesta a punto durante la temporada si los nadadores han realizado un volumen suficiente de entrenamiento a la velocidad de mantenimiento.

Sin un mantenimiento apropiado, la velocidad máxima podría disminuir tanto que una puesta a punto normal no la devolverá a su nivel innato. Por esta razón, la velocidad máxima de los fondistas debe ser controlada a lo largo de toda la temporada para asegurar que no ha disminuido tanto que no pueda volver al nivel normal en el plazo de 3 a 6 semanas. Si ocurre una reducción repentina y elevada de la velocidad máxima en medio de una temporada típica, el nadador debe aumentar la cantidad de entrenamiento de resistencia con sobrecarga, a la velocidad competitiva y de producción de lactato, mientras reduce el volumen y la intensidad del entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral. Recomiendo que los fondistas que se entrenan con un gran kilometraje realicen el mayor volumen de entrenamiento de resistencia durante la segunda mitad del principio de la temporada y la primera mitad de la parte media. Deben reducir el volumen durante la última parte de la temporada, cuando deben concentrarse en devolver la capacidad amortiguadora y la velocidad máxima a su nivel normal.

Los fondistas que se entrenan en serio deben realizar un mínimo de 2 horas de entrenamiento de resistencia diariamente 5 ó 6 días a la semana. Un entrenamiento de este tipo mejorará la capacidad aeróbica de sus fibras de contracción lenta y, hasta cierto punto, de sus fibras musculares CRa. Deben realizar gran parte de este entrenamiento a velocidad lenta a moderada cerca de su umbral anaeróbico individual. Entrenarse a estas velocidades permite

una mayor provisión de energía mediante el metabolismo de las grasas y no agotará rápidamente los depósitos de glucógeno muscular.

El entrenamiento de resistencia básica

La mayor parte del entrenamiento de resistencia que necesitan realizar los fondistas debe estar en la categoría de la resistencia básica (Re-1), pero también necesitan realizar un volumen sustancial de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga.

El entrenamiento de resistencia básica debe formar la mayor parte del kilometraje de resistencia porque no produce una reducción significativa del pH muscular. Por consiguiente, causa pocos daños musculares. El entrenamiento de resistencia básica también reduce la tasa de uso del glucógeno muscular porque el metabolismo de las grasas proporciona más energía. Se debe realizar el entrenamiento de resistencia básica en combinaciones de repeticiones largas y series largas de repeticiones con intervalos cortos de descanso.

El entrenamiento de resistencia al nivel del umbral

Los fondistas pueden y deben nadar más repeticiones cerca de la velocidad correspondiente al umbral (Re-2) que los demás nadadores. Este entrenamiento proporcionará un mayor estímulo para mejorar el consumo de oxígeno y la eliminación de lactato de las fibras musculares CRa. Al mismo tiempo, entrenarse a este nivel minimiza la acidosis y sus efectos en cuanto a los daños musculares. La investigación presentada en el capítulo 9 sugiere que las fibras musculares CRa de los nadadores empiezan a participar a velocidades de entrenamiento de entre el 70% y el 85% del $\dot{V}O_2$máx. Estas velocidades de entrenamiento se corresponden con el umbral anaeróbico para la mayoría de los nadadores.

Se deben programar las series al nivel del umbral unas pocas semanas después del comienzo del entrenamiento de cada nueva temporada. Se recomiendan una o dos series por semana durante la primera parte de la misma. El número de series debe aumentar gradualmente hasta mediados de la temporada, después de lo cual los nadadores deben realizar menos series al nivel del umbral para dejar sitio para más entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva. Dado que tienen más fibras de contracción lenta, los fondistas no producirán tanto ácido láctico a las velocidades al nivel del umbral; por consiguiente, sufrirán menos daños musculares.

Las fibras de contracción lenta también utilizan el glucógeno a un ritmo más lento y lo reponen más rápidamente después del ejercicio; por lo tanto, los fondistas pueden permitirse nadar a la velocidad correspondiente al umbral durante más tiempo y con más frecuencia que los velocistas durante cada semana de entrenamiento. No obstante, una larga serie de repeticiones de resistencia al nivel del umbral agotará la provisión muscular de glucógeno de los fondistas aproximadamente entre la mitad y los dos tercios, y se necesitarán de 24 a 36 horas para reponer dicha cantidad. Por lo tanto, la frecuencia y la duración del entrenamiento al nivel del umbral deben programarse con cuidado para impedir el agotamiento total de la provisión de glucógeno muscular. Los nadadores necesitan intercalar las series de resistencia básica con las de nivel umbral para que puedan realizar estas últimas durante no más de cuatro sesiones por semana, aunque pueden nadar unas pocas repeticiones cercanas a la velocidad correspondiente al umbral todos los días. La duración sugerida para la mayoría de las series al nivel del umbral es de entre 1.500 y 3.000 m o yardas para nadadores júnior y absolutos. Para los nadadores de grupos de edades, nadadores veteranos y otros deportistas que necesitan más de 20 a 40 min para nadar 1.500 a 3.000 m o yardas, la duración sugerida para la serie de resistencia al nivel del umbral es de 20 a 40 min.

La capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y de las CRa mejora de forma más efectiva si existe una estimulación constante por encima de un cierto umbral de intensidad durante un período de tiempo razonablemente largo. La magnitud de las adaptaciones aeróbicas que ocurren dentro de los músculos activos disminuirá si se interrumpe el estímulo de

entrenamiento demasiado a menudo. Por esta razón, las repeticiones de distancia larga y media son superiores a las de distancia corta. Los períodos de descanso entre estas repeticiones deben ser cortos en las series de resistencia básica y al nivel del umbral. El efecto de entrenamiento será menor si la serie contiene demasiada variedad. Por ejemplo, alternar el estilo libre con otros estilos o con sólo brazos o sólo piernas reducirá el efecto aeróbico de entrenamiento. Por lo tanto, las series más apropiadas para mejorar la capacidad aeróbica son las continuas, series descendentes, series de velocidad mixta, series de descanso mixto y series con el intervalo de descanso más corto posible que incluyen largos períodos de natación a estilo libre.

Los nadadores no necesitan entrenarse a la velocidad exacta de su umbral anaeróbico individual para beneficiarse de este tipo de entrenamiento. Para adquirir los beneficios del entrenamiento al nivel del umbral sin causar daños a los tejidos, la única consideración es entrenarse cerca de la intensidad más alta que no produzca una acidosis intensa.

El entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva

Grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva (Re-3) producirán una acidosis elevada y daños a los tejidos. Estas sesiones deben programarse con sumo cuidado. Ambos tipos de entrenamiento son necesarios porque estimulan las fibras CRa con un umbral alto y las fibras CRb y mejoran su capacidad aeróbica. Las velocidades del entrenamiento básico y al nivel del umbral probablemente no implican a estas fibras de manera sustancial. Por lo tanto, los fondistas necesitan entrenarse en ocasiones con repeticiones de resistencia muy rápidas para que puedan mejorar la capacidad de todas sus fibras para consumir oxígeno durante las pruebas competitivas. Debo advertir que los nadadores pueden sufrir daños en los tejidos, agotamiento de las hormonas, inhibición del sistema nervioso central y otras manifestaciones del sobreentrenamiento si realizan entrenamientos de resistencia muy rápidos demasiado a menudo. Por esta

razón, los fondistas no deben realizar ninguna serie con sobrecarga o a la velocidad competitiva durante las primeras 2 ó 3 semanas de cada temporada. Pueden y deben descender a estas velocidades durante unas pocas repeticiones durante la mayoría de estas sesiones de entrenamiento. El volumen de entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva puede aumentar durante la fase específica de preparación, después de que los nadadores hayan mejorado su capacidad aeróbica y el metabolismo de las grasas en sus fibras musculares de contracción lenta. La duración de estas series debe ser de entre 800 y 2.000 m o yardas o de 8 a 25 min. Dada su intensidad, las series de repeticiones de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva también mejorarán la capacidad amortiguadora.

La distancia de la repetición para la mayoría de las series de resistencia con sobrecarga generalmente debe estar entre 200 m o yardas y 400 m ó 500 yardas. Las distancias de repeticiones de 50 a 150 m o yardas son más apropiadas para el entrenamiento a la velocidad competitiva para los competidores de 1.500 m y 1.650 yardas porque podrán nadar sus repeticiones a la velocidad competitiva o muy cerca de ella. Los nadadores deben tener un tiempo de descanso adicional para las series de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva para que puedan nadar a la velocidad de la prueba o cerca de ella. El descanso no debe ser excesivo. Para la mayoría de las repeticiones cortas, de 20 a 30 s es suficiente. El resto puede ser 1 ó 2 min para las distancias más largas.

No es necesario especificar las velocidades óptimas de entrenamiento para el de resistencia con sobrecarga. Los nadadores deben realizar estas series a la mayor velocidad media posible. Cualquier disminución repentina y continuada de estas velocidades puede indicar una pérdida de la capacidad aeróbica. En estos casos, los nadadores deben reducir la frecuencia y la duración de las series de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral, con sobrecarga y a la velocidad competitiva y sustituirlas con más de resistencia básica y kilometraje de recuperación. Después de cada serie de entrenamiento de resistencia con sobrecarga y cada serie larga al nivel del umbral, sugiero que los nadadores realicen de 20 a 30 min de natación de recuperación para fomentar una recuperación y adaptación más rápidas.

Dado que las series de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva agotan rápidamente el glucógeno muscular, deben programarse en lugar de, y no además de, series de entrenamiento al nivel del umbral. Una serie de resistencia con sobrecarga por semana es suficiente durante la primera mitad de la temporada, y se recomienda alguna combinación de dos a tres series de sobrecarga y a la velocidad competitiva por semana durante las últimas 6 a 8 semanas antes de la puesta a punto. Se deben considerar las series de resistencia al nivel del umbral, con sobrecarga y a la velocidad competitiva como pertenecientes a la misma categoría cuando se programa el horario semanal. Durante la primera parte de la temporada la mayoría de éstas deben ser series al nivel del umbral, con quizás una serie con sobrecarga o a la velocidad competitiva en el programa semanal. Se puede añadir una serie adicional con sobrecarga o a la velocidad competitiva en medio de la temporada, y se debe suprimir una serie a nivel del umbral. Además, los nadadores deben descender las series de resistencia básica a la velocidad correspondiente al umbral y a la con sobrecarga varias veces a la semana. Deben también descender algunas de sus series de resistencia básica y al nivel del umbral a velocidades muy rápidas durante algunas de las sesiones semanales que no incluyen series principales de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva. Estas repeticiones rápidas al final de las series de resistencia básica y al nivel del umbral deben sumar entre 300 y 600 m o yardas. Este cambio en el entrenamiento proporcionará un estímulo adicional para aumentar la capacidad aeróbica de las fibras CRb sin causar grandes pérdidas de glucógeno muscular. Cuando se programa el horario semanal, los entrenadores y nadadores deben considerar las competiciones programadas en esta categoría combinada de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral, resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva.

El entrenamiento de velocidad

Como se mencionó anteriormente, los fondistas no pueden esperar mejorar su tasa de metabolismo anaeróbico o su potencia muscular más allá de los niveles innatos durante la temporada de natación. De hecho, ambos probablemente disminuirán un poco a causa del gran volumen de

entrenamiento de resistencia que deben realizar. No obstante, los fondistas deben poseer una cantidad razonable de potencia anaeróbica para salir rápidamente en sus carreras más cortas a velocidades competitivas y terminarlas a velocidad máxima. Lo más que pueden esperar es prevenir grandes disminuciones de potencia y velocidad para que ambas puedan volver a su nivel normal cuando reducen el volumen y la intensidad del entrenamiento de resistencia cerca del final de la temporada. Por consiguiente, deben realizar algún entrenamiento de producción de lactato a lo largo de toda la temporada para prevenir grandes pérdidas de potencia anaeróbica.

El objetivo de este entrenamiento es prevenir grandes disminuciones de la velocidad de natación en los primeros dos tercios de una típica temporada para que puedan readquirir dicha velocidad en la última fase de la misma. Reducir las pérdidas de velocidad máxima y devolverla a niveles normales es relativamente sencillo, siendo cuestión de programar de dos a cuatro series de producción de lactato por semana durante toda la temporada.

Lo que acabo de decir no significa que los fondistas no pueden aumentar su velocidad máxima innata durante una temporada. Lo pueden hacer, pero las mejoras ocurrirán generalmente a causa del crecimiento físico y una mejor mecánica de brazada. Necesitan comprender que grandes volúmenes de natación veloz no lograrán este propósito a causa de la magnitud mucho mayor de entrenamiento de resistencia que deben realizar para optimizar su capacidad aeróbica. Por consiguiente, los fondistas deben concentrar sus esfuerzos en aumentar la velocidad máxima, mejorar la mecánica de la brazada y reducir el arrastre resistivo.

Tabla 15.1. Sugerencias para el entrenamiento de los fondistas

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	PRINCIPIOS DE TEMPORADA	MEDIADOS DE TEMPORADA	FINALES DE TEMPORADA
Re-1	2 o más horas al día, 5-6 días/semana	2 o más horas al día, 4-5 días/semana	Reducir el volumen semanal en 1/3
Re-2	1 ó 2 series/semana	2 ó 3 series/semana	1 ó 2 series/semana
Re-3	Cumplida con series descendentes de entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral	1 ó 2 series/semana más trabajo descendente	2 series/semana más trabajo descendente
Producción de lactato	3-4 series/semana	3-4 series/semana	3-4 series/semana

Los fondistas no necesitan incluir el entrenamiento de tolerancia al lactato en el programa semanal. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga que utilizan para mejorar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares CRa de umbral alto y las de CRb mantendrá y quizás incluso mejorará la capacidad amortiguadora de dicha fibras e incluso las de contracción lenta. El entrenamiento de tolerancia al lactato en combinación con el entrenamiento de resistencia con sobrecarga podría incluso causar una sobrecarga de entrenamiento de velocidad que podría resultar en una falta de adaptación.

La tabla 15.1 resume mis sugerencias para el entrenamiento de los fondistas.

Estructurar las series de repeticiones para los fondistas

Los fondistas deben realizar la mayoría de sus re-peticiones utilizando el estilo libre, aunque pueden exagerar esta práctica. La principal desventaja de realizar grandes volúmenes de estilo libre es la posi -bilidad de causar o exacerbar una tendinitis del hombro. Una consideración secundaria es el aburrimiento y la pérdida asociada de interés y motivación. El mejor consejo es incluir tanta natación a estilo libre como sea posible en el programa de los

fondistas siempre que aguanten sus articulaciones y su interés.

Las series de repeticiones de estilo mixto, aunque son populares a causa de su variedad, no son un método efectivo de realizar el entrenamiento de resistencia básica, al nivel del umbral y de sobrecarga para los fondistas porque proporcionan demasiados períodos de alivio para algunas fibras musculares cuando los nadadores están utilizando otros estilos y no el estilo libre. No obstante, las series de este tipo pueden mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida, particularmente las CRb, si los nadadores alternan varios períodos prolongados de natación muy rápida con períodos de intensidad menor cuando utilizan otros estilos y sólo brazos o sólo piernas. Períodos prolongados de estilo libre rápido estimularán tanto el metabolismo anaeróbico como el aeróbico de las fibras musculares CRb, y se recuperarán parcialmente de la acidosis durante los períodos de menor intensidad cuando los nadadores utilizan otros estilos. Por supuesto, los fondistas deben utilizar el estilo libre durante los períodos de entrenamiento intenso. Éstos deben tener una duración mínima de 2 a 3 min para proporcionar una estimulación aeróbica apropiada.

Los fondistas deben nadar más el estilo completo y realizar menos repeticiones de sólo brazos que los demás nadadores para que aprendan a reducir el coste energético del batido mientras nadan. Sin embargo, no deben hacer caso omiso del batido en su entrenamiento porque necesitan mejorar el consumo de oxígeno y la eliminación de lactato en los músculos de las piernas para retrasar la acidosis y mejorar la eliminación de lactato en dichos músculos durante las competiciones. De 1.000 a 1.500 m o yardas o de 20 a 30 min de repeticiones de resistencia sólo con las piernas durante la mayoría de las sesiones de entrenamiento no serían excesivos. Como se mencionó anteriormente, los fondistas deben también desarrollar un fuerte batido de seis tiempos para proporcionar velocidad adicional cuando realizan el acelerón al final de la prueba. Pueden trabajar hacia este objetivo realizando repeticiones de 25 ó 50 m o yardas sólo con las piernas a velocidad rápida. Dichos nadadores también deben nadar los últimos 50 m o yardas de cada serie de entrenamiento con un batido de seis tiempos para acostumbrarse a realizar lo mismo en las competiciones.

Diferencias individuales entre los fondistas

Los entrenadores normalmente tendrán dos categorías diferentes de fondistas en sus equipos. El primer tipo habrá heredado un potencial considerable para nadar rápido aeróbicamente, pero tendrá una velocidad máxima limitada porque posee poca potencia anaeróbica. El segundo tipo tendrá más potencia aeróbica y por lo tanto una mayor velocidad máxima, aunque no tendrá la velocidad máxima de los velocistas de habilidad relativa similar.

Fondistas diésel

Los nadadores incluidos en la primera categoría serán los que tienen una proporción inusualmente grande de fibras musculares de contracción lenta. No es difícil identificarlos. Son los *nadadores diésel* del equipo. Pueden entrenarse con series rápidas de entrenamiento día tras día sin mostrar su fatiga porque pueden proporcionar un mayor porcentaje de energía mediante el metabolismo de las grasas, agotando así sólo lentamente su provisión de glucógeno. Los nadadores de este tipo pueden nadar largas series de repeticiones y largas repeticiones continuas en el entrenamiento a velocidades que son cercanas a su máxima. No podrán nadar mucho más rápidamente en las series de velocidad cortas, incluso con más descanso. Estos nadadores no serán buenos en las series descendentes. Su velocidad en las últimas repeticiones no será mucho más rápida que la velocidad media para todas estas series.

Otra indicación es que estos nadadores normalmente rinden mejor en competiciones al aumentar la distancia de la prueba. Nadan bastante bien una distancia de 1.500 m y 1.650 yardas, tienen un rendimiento un poco inferior en las distancias de 400 m y 500 yardas, y su rendimiento en las distancias de 100 y 200 m o yardas son enormemente inferiores a su rendimiento en las pruebas más largas.

Estos nadadores pueden realizar más entrenamiento en las categorías de básica, al nivel del umbral, con sobrecarga y a la velocidad competitiva que otros nadadores porque agotan el glucógeno muscular más lentamente y lo reponen más rápidamente. También suelen sufrir la acidosis menos fácilmente porque tienen menos fibras musculares de contracción rápida, y pueden tolerar un mayor volumen total de entrenamiento. Dichos nadadores no necesitan realizar el entrenamiento de recuperación tan a menudo.

La solución al problema de los fondistas con un bajo nivel de potencia anaeróbica podría parecer seraumentar su velocidad tanto como sea posible con el entrenamiento de fuerza y de potencia en seco y con el de producción de lactato y de potencia en el agua. Sin embargo, aplicar este remedio sería un error. Aumentar demasiado su potencia anaeróbica puede reducir su resistencia aeróbica. Puede que produzcan más ácido láctico a velocidades menores, lo que causaría la aparición de una acidosis elevada antes en las competiciones. Otra razón por la que estos nadadores no necesitan un entrenamiento adicional de fuerza y potencia en seco y en el agua es que no tienen mucha potencia anaeróbica para empezar ni tienen un gran potencial para mejorarla. Por consiguiente, series cortas de producción de lactato realizadas de tres a cinco veces por semana deben reducir su pérdida de velocidad durante el período en que se practica la resistencia aeróbica y permitirles readquirir lo que perdieron durante las fases de entrenamiento a la velocidad competitiva y la puesta a punto.

Fondistas bólido

La segunda categoría de fondistas incluye a aquellos cuya proporción de fibras musculares de contracción lenta, aunque sigue siendo dominante, se acerca al 50%. Estos fondistas tendrán un poco más de potencia anaeróbica, aunque no tendrán la potencia anaeróbica y la velocidad de los velocistas. Los fondistas incluidos en esta categoría pueden competir bien en las pruebas de 1.500 m y 1.650 yardas, pero a menudo destacan en 400 m y 500 yardas. Además, en general pueden nadar razonablemente bien en 100 y 200 m o yardas.

A diferencia de los nadadores de la primera categoría, éstos no podrán entrenarse día tras día sin mostrar signos de agotamiento de energía porque, con más fibras musculares de contracción rápida, agotarán el glucógeno muscular más rápidamente y lo repondrán a una tasa algo más lenta. Dichos nadadores tampoco serán tan buenos como los de la primera categoría en las series largas de repeticiones con un descanso corto y largas repeticiones continuas. Pero rendirán mejor en las series de velocidad, aunque no tan bien como los velocistas, y serán capaces de nadar rápidamente al final de las series descendentes.

Los fondistas en la categoría de bólido deben realizar aún más entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva que los fondistas diésel. Tienen más fibras musculares de contracción rápida, y necesitan mejorar la capacidad aeróbica de dichas fibras de manera que éstas puedan aportar su contribución necesaria durante las competiciones.

Los nadadores de esta segunda categoría pueden realizar grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia básica, pero deben realizar menos entrenamiento al nivel del umbral. Necesitan un volumen adecuado pero no excesivo de entrenamiento de resistencia con sobrecarga para mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRa de umbral alto y las CRb. También necesitarán más entrenamiento de recuperación para proporcionar tiempo con el fin de reponer la energía y reparar los tejidos porque suelen experimentar la acidosis más fácilmente y porque agotan el glucógeno de los músculos con más rapidez y lo reponen más lentamente. Reducir el volumen de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y sustituirlo con natación de recuperación y entrenamiento de resistencia básica debe proporcionar este tiempo adicional que necesitan para estos fines.

Al igual que los fondistas de la primera categoría, los fondistas bólido no necesitan realizar mucho entrenamiento de velocidad. Pueden permitirse perder un poco de potencia anaeróbica durante la temporada porque tienen una mayor cantidad para empezar. Además, su velocidad máxima debe recuperarse más rápidamente durante la parte de la temporada que hace hincapié en el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva. Podría incluso atreverme a decir que los fondistas de esta categoría deben hacer un esfuerzo para reducir su potencia anaeróbica un

poco si se están concentrando en las pruebas de 1.500 m y 1.650 yardas. Si lo hacen, ello les permitirá nadar más rápidamente y una mayor distancia con una tasa menor de acumulación de lactato. Pero si se especializan en las pruebas de 400 m y 500 yardas, necesitan tener más cuidado para mantener una cantidad razonable de potencia anaeróbica. Deben tener aún más cuidado si quieren realizar unas buenas pruebas de 200 m.

Entrenarse para las pruebas de 400 m y 500 yardas

Una estimación coloca la contribución porcentual de la capacidad anaeróbica en un 14% en las pruebas que duran de 15 a 20 min (Darabos, Bulbulian y Wilcox, 1984). Para las pruebas de 400 m y 500 yardas, la contribución anaeróbica es probablemente más cercana al 30% ó al 40%. Por consiguiente, los fondistas con mayor potencia anaeróbica tendrán una ventaja en estas pruebas de medio fondo. Las sugerencias que hice para el entrenamiento de ambas categorías de fondistas no requieren modificaciones para las pruebas de medio fondo. Las mejoras de la capacidad aeróbica imposibilitan cualquier aumento significativo de la capacidad amortiguadora y de la potencia anaeróbica que pudiese ocurrir con menos entrenamiento de resistencia y más de velocidad.

La principal preocupación de los fondistas que se especializan en las pruebas de medio fondo es evitar cualquier reducción permanente de su capacidad amortiguadora innata y de su tasa de metabolismo anaeróbico. Necesitarán controlar ambos cuidadosamente para asegurarse de que puedan devolverlos al nivel normal con una puesta a punto al final de la temporada. Los nadadores que se especializan en los 400 m o 500 yardas libres pueden requerir un período más largo y un poco más intenso de entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva cerca del final de la temporada para asegurarse de que su capacidad amortiguadora y su potencia anaeróbica hayan vuelto a los niveles normales. Puede que también necesiten

una puesta a punto un poco más larga por la misma razón.

Entrenarse para las pruebas de 800 m y 1.000 yardas

El metabolismo anaeróbico contribuye ligeramente más a la necesidad total de energía en las distancias de 800 m y 1.000 yardas comparadas con las pruebas más largas. La contribución del metabolismo anaeróbico es probablemente sólo un 5% ó un 10% mayor. Por consiguiente, las sugerencias para entrenar a los nadadores especialistas en los 1.500 m y las 1.650 yardas también se aplican a los nadadores de estas pruebas durante la mayor parte de la temporada típica de natación. La diferencia sería practicar un poco más el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva y una puesta a punto algo más larga durante la última fase de la temporada.

El entrenamiento con resistencias en seco para los fondistas

El beneficio del entrenamiento con resistencias en seco para los fondistas es polémico porque no necesitan una gran cantidad de potencia muscular para realizar sus pruebas. Además, la literatura científica da algunas indicaciones de que aumentar el tamaño de la fibra muscular podría interferir en la resistencia, aumentando la distancia que el oxígeno debe recorrer desde los capilares a través de las fibras musculares hasta las mitocondrias (Gollnick *et al.*, 1972; Nelson *et al.*, 1984; Tesch, Hakkinen y Komi, 1985). Al mismo tiempo, algunas investigaciones indican que el entrenamiento simultáneo de

la resistencia y de la fuerza puede interferir con las adaptaciones aeróbicas (Nelson *et al.*, 1984; Tesch, Hakkinen y Komi, 1985), aunque algunos estudios indican resultados contrarios (Dudley y Djamil, 1985; Hickson *et al.*, 1988; MacDougall *et al.*, 1987). Debo advertir que la mayoría de los estudios que apoyan el entrenamiento simultáneo de resistencia y de fuerza se realizaron con sujetos no entrenados. Las personas que no se han entrenado probablemente mejorarán tanto su fuerza como su resistencia durante varias semanas después de empezar a entrenarse porque los niveles originales de ambos eran bajos al comienzo. Cualquier efecto perjudicial que tuviera el entrenamiento de fuerza sobre la resistencia sólo aparecería después de varias semanas, cuando se reduce la tasa de adaptaciones.

Quizá la mejor razón por la que los fondistas deben realizar el entrenamiento de fuerza puede encontrarse en un estudio realizado por Fitts, Costill y Gardetto (1989), citado en el capítulo 14. Basándose en su estudio, se podría argumentar que el entrenamiento simultáneo de fuerza podría reducir la pérdida de tamaño y de fuerza de la fibra muscular que suele ocurrir con el entrenamiento de resistencia. Sin embargo, no veo la necesidad de implicar a los fondistas en programas exhaustivos para aumentar la fuerza y la potencia. Dichos programas requieren una inversión de tiempo y de esfuerzo que podría reducir el entrenamiento de resistencia en la piscina. Si se desea algún tipo de entrenamiento con resistencias en seco, sugiero que se diseñe simplemente para mantener, no aumentar, el tamaño y la fuerza muscular. El entrenamiento en seco de este tipo requerirá menos tiempo y esfuerzo, dejando más tiempo y energía para el entrenamiento de resistencia.

Los programas de entrenamiento de fondistas célebres

Varias fuentes describen los programas de entrenamiento de algunos de los fondistas de más éxito de la última década. He seleccionado los programas de entrenamiento de Kieren Perkins, Janet Evans y Brooke Bennett. También he

incluido el programa del entrenador Jon Urbanchek de la Universidad de Michigan por el gran éxito que ha tenido con sus fondistas.

Kieren Perkins

Kieren Perkins, de Australia (Carew, 1994, 1998; Johnson, 1998), es el ex plusmarquista mundial de los 800 m y 1.500 m libres con registros de 7:46,00 y 14:41,66, respectivamente. John Carew de Brisbane es su entrenador. Perkins ha establecido numerosos récords del mundo y ha ganado varios campeonatos mundiales en los 400, 800 y 1.500 m libres. También ganó la medalla de oro en los 1.500 m libres en los Juegos Olímpicos de 1992 y 1996.

Kieren pasó cinco años preparándose para los Juegos Olímpicos de 1992, donde estableció su récord en los 1.500 m libres. Su kilometraje medio semanal progresó a lo largo de los 4 años antes de los Juegos Olímpicos de 1992. Realizaba 55 km semanalmente el primer año, 66 el segundo, 77 el tercero y 88 durante el año antes de los Juegos de 1992. Sólo se tomó tres semanas de descanso durante estos cuatro años.

Kieren realizaba típicamente 11 sesiones de entrenamiento por semana, nadando dos veces al día de lunes a viernes y una vez el sábado por la mañana. Tenía la tarde de sábado libre y todo el día de domingo cada semana. En cada sesión de entrenamiento típica nadaba entre 7.000 y 8.000 m. Se entrenaba en una piscina de 50 m por la mañana y una de 20 m por la tarde. Se entrenaba en altura durante ciertas épocas cada año.

Utilizaba su frecuencia cardíaca para controlar su entrenamiento de resistencia. Su frecuencia máxima era 181 lpm, pero pocas veces se entrenaba a esta frecuencia. Se establecía la velocidad de sus repeticiones de entrenamiento según un cierto número de latidos por debajo de la frecuencia máxima.

Su plan anual de entrenamiento estaba formado por dos temporadas de 26

semanas. El plan típico era utilizar las primeras 6 semanas de cada temporada como una fase para establecer la base aeróbica. Este período incluía un entrenamiento mixto y un gran volumen de entrenamiento de estilos individual. La intensidad era moderada. Perkins nadaba la mayoría de las repeticiones con una frecuencia cardíaca de 30 a 40 latidos por debajo de su máxima.

Se introdujeron series principales de resistencia después de las primeras 6 semanas que se continuaban durante el resto de la temporada. Dichas series tenían generalmente entre 1.200 y 3.000 m, y la intensidad requerida era equivalente a la frecuencia cardíaca máxima de Kieren menos 20 a 40 lpm. El programa semanal normalmente incluía de tres a cinco de estas series. Su entrenador, John Carew, prefiere que sus fondistas naden series de resistencia de aproximadamente 3.000 m. Casi todas las series de Kieren estaban estructuradas como un entrenamiento por intervalos. Nadaba distancias continuas de 1.500 a 2.000 m una vez cada semana o cada dos semanas, pero siempre a velocidades submáximas. Las repeticiones que acabo de describir se clasificarían como entrenamiento de resistencia básica en el esquema que presenté en el capítulo 13.

Además de su entrenamiento de resistencia básica, Kieren realizaba dos y a veces tres series de frecuencia cardíaca muy intensas cada semana a velocidades que producían una frecuencia cardíaca entre máxima y 10 latidos menos que la máxima. Mi esquema de entrenamiento consideraría estas series de frecuencia cardíaca como series de resistencia con sobrecarga. Algunos ejemplos de las series de frecuencia cardíaca eran 30 x 100 con un tiempo de salida de 1:40 y 6 x (200, 150, 100, 50) con un tiempo base de salida de 1:30 para cada 100 m.

Normalmente se programaban una o dos series de velocidad cada semana. Un ejemplo de una de sus series de velocidad era 30 x 50 m con un tiempo de salida de 1:30. Durante algunas semanas las series rotas sustituían a estas series a velocidad competitiva. Realizaba dos o tres sesiones de recuperación por semana, y éstas siempre seguían a las sesiones en las que había nadado series intensas de frecuencia cardíaca o de velocidad. Perkins también realizaba unos 1.000 m sólo con piernas por sesión de entrenamiento. Además realizaba algunas repeticiones de sólo brazos durante cada sesión de

entrenamiento, normalmente a una intensidad de esfuerzo muy baja.

Una sesión de entrenamiento típica de Kieren empezaba con 1.500 a 2.000 m de entrenamiento aeróbico, seguido de una serie principal, que podría ser una serie de frecuencia cardíaca intensa, una serie de velocidad o entrenamiento a la velocidad competitiva. Seguía 1.000 m de sólo piernas, y la sesión terminaba con repeticiones de sólo brazos o natación de recuperación y, en algunos casos, algunas repeticiones de velocidad. La tabla 15.2 muestra dos planes típicos semanales. Se incluyen algunas de las series principales que Perkins utilizaba en su entrenamiento. También he indicado en paréntesis mi mejor estimación acerca de dónde se situarían estas series en mi esquema de clasificación del entrenamiento.

Perkins no hacía entrenamiento con pesas, pero sí utilizaba entrenamiento con gomas durante 15 a 20 min diarios. Además, hacía estiramientos durante 20 a 30 min cada día. Hacía flexiones abdominales hasta el agotamiento tres veces por semana y ejercicios calisténicos, incluyendo un gran volumen de ejercicios abdominales, durante 30 min al día los otros 3 días de la semana. Los ejercicios calisténicos incluían dominadas, fondos en paralelas, abdominales en el suelo y saltos verticales de pie. También pedaleaba en una bicicleta estática durante 30 min diarios tres veces a la semana.

Tabla 15.2. Una muestra de los ciclos de entrenamiento de Kieren Perkins

CICLO 1	MAÑANA	TARDE
Lunes	Serie de frecuencia cardíaca (Re-2 a Re-3) 3 × (400, 300, 200, 100)	Recuperación 10 × 100 E.I. con tiempo de salida de 1:40
Martes	Aeróbico (Re-1 a Re-2) 2 × (5 × 400) con tiempo de salida de 5	Aeróbico (Re-1)

	min	
Miércoles	Serie de frecuencia cardiaca (Re-2 a Re-3 6 × (20, 150, 100, 50)	Recuperación 10 × 200 con tiempo de salida de 2:30
Jueves	Aeróbico (Re-1 a Re-2) 20 × 100 5 × 300	Series rotas (VC)
Viernes	Aeróbico (Re-1 a Re-2) Serie larga de 4 × 800	Aeróbico (Re-1)
Sábado	Velocidad (Re-3) 30 × 50 con un tiempo de salida de 1:30	
CICLO 2	**MAÑANA**	**TARDE**
Lunes	Serie de frecuencia cardíaca (Re-2 a Re 3) 30 × 100 con tiempo de salida de 1:40	Serie larga aeróbica (Re-1 a Re-2)
Martes	Velocidad (Re-3) 6 × (4 × 50 con tiempo de salida de 1:30 más 2 × 25 con tiempo de salida de :50)	Recuperación
Miércoles	Serie de frecuencia cardíaca (Re-2 a Re-3)	Serie larga aeróbica (Re-1 a Re-2)

Jueves	Velocidad (Re-3)	Recuperación
Viernes	Aeróbico (Re-1)	Serie larga aeróbica (Re-1 a Re-2)
Sábado	Aeróbico calidad (Re-3) 6 × 400 con tiempo de salida de 4:30	

Adaptada de Carew, 1994.

Janet Evans

Janet Evans (Schubert, 1994) es una de las grandes fondistas de nuestro deporte. Sus récords de 4:03,85 en los 400 m libres, 8:16,22 en los 800 m libres y 15:52,10 en los 1.500 m libres siguen vigentes casi una década después de que los estableciera. En varios momentos fue entrenada por Bud McAllister, Don Watson y más recientemente por Mark Schubert, entrenador del Club de Natación Trojan en la Universidad de California del Sur. El programa de entrenamiento aquí detallado fue dirigido por Mark Schubert y resultó en la consecución de la medalla de oro en los 800 m libres en los Juegos Olímpicos de 1992.

Su año de entrenamiento se dividía en dos temporadas, cada una de aproximadamente 26 semanas. Pasaba 3 semanas en una fase de preparación, aumentando gradualmente el kilometraje de 4.000 m por sesión a entre 6.000 y 7.000 m por sesión. Realizaba 9 sesiones de entrenamiento por semana durante esta fase. Después venía una fase aeróbica que duraba aproximadamente 6 semanas, durante las cuales se entrenaba 10 veces por semana. Seguía 9 semanas de entrenamiento de alto volumen, durante las que se entrenaba 11 veces por semana. Durante esta fase se entrenaba dos veces

diarias los lunes, martes, jueves, viernes y sábado y una vez el miércoles. No se entrenaba el miércoles por la mañana ni el domingo. Su kilometraje de entrenamiento era generalmente de 8.000 m por sesión, aunque estaría más cerca de 9.000 ó 10.000 m algunos días y 6.000 ó 7.000 otros. Esta fase de alto volumen incluía una gran cantidad de natación mixta en la que utilizaba todos los estilos competitivos y diversos batidos. Muchas de las series eran del tipo de estilo mixto.

Las series mayormente de estilo libre se realizaban como series largas continuas de distancia mixta. Algunos ejemplos de sus series largas eran 9 x 400, 3 x 1.500 y 20 x 200. Un ejemplo de una serie de distancia mixta era nadar 100, 200, 300, 400, 500, 500, 400, 300, 200, 100. Normalmente hacía todas estas series de forma descendente con intervalos de descanso cortos, y la mayoría sumaban de 3.000 a 6.000 m. Su objetivo era nadar tres series de 5.000 y 6.000 m por semana. En ocasiones nadaba continuamente durante 20 a 60 min. También realizaba algunas series cortas y rápidas como 5 x 100, 2 x 400 y 4 x 100.

Las siguientes 6 semanas se denominaron fase de calidad específica. El entrenamiento era similar al de la fase anterior durante la mayoría de las sesiones. La única diferencia era que se dedicaban tres o cuatro sesiones cada semana a un entrenamiento rápido de resistencia con intervalos de descanso cortos. La distancia de la repetición para estas series rápidas de resistencia variaba de 100 a 400 m, y las series sumaban de 3.000 a 4.000 m. El tiempo de estas series tenía que estar cerca del de la competición. Janet también nadaba series de desafío con el tiempo de salida más corto posible dos veces a la semana.

Schubert trató de incluir un entrenamiento de velocidad de 800 a 1.000 m cada día durante toda la temporada para mantener la velocidad de Janet. Estas carreras de velocidad se realizaban con distancias de 25, 50, 75 y 100 m o yardas.

Janet realizaba muchas repeticiones con sólo brazos con y sin palas extragrandes. Mayormente utilizaba un *pullbuoy* para la flotación cuando sólo utilizaba los brazos pero en ocasiones nadaba sólo brazos con un churro para añadir más resistencia. Realizaba repeticiones de sólo piernas con

diversas aletas y con ejercicios como hacer el batido de lado. No hacía ejercicios de piernas en todas las sesiones.

El entrenamiento en seco incluía correr durante 40 min antes de la sesión de la mañana, cuatro o cinco veces por semana. Hacía 20 min de ejercicio en un Stairmaster^{TM} o bicicleta estática 3 días por semana. A veces utilizaba un ergómetro de brazos (una bicicleta estática modificada para que los deportistas empujen los pedales con los brazos) durante estas sesiones. También hacía de 300 a 400 flexiones abdominales diariamente.

Su programa de entrenamiento con pesas estaba formado por una variedad de ejercicios específicos para la natación realizados con pesas ligeras de 12 a 20 repeticiones. Hacía estos ejercicios 3 días a la semana. Los otros 3 días hacía ejercicio con gomas, el banco de nado biocinético, la máquina Vasa o balones medicinales, aunque no utilizaba todo este equipamiento en la misma sesión de entrenamiento.

Su entrenamiento a la velocidad competitiva incluía una característica única. Tres veces cada semana trataba de nadar algunas series de repeticiones de menor distancia que la prueba a una velocidad más rápida que la deseada para la competición.

Janet realizaba algún entrenamiento a altura para prepararse para los Juegos Olímpicos. Durante estos períodos vivía a 2.438 m por encima del nivel del mar y se entrenaba a 1.676 m. Schubert creía que nadar a una altura ligeramente menor le ayudaba a entrenarse más intensamente y que vivir a mayor altura fomentaba una mayor adaptación.

Brooke Bennett

Brooke Bennett (Banks, 1997, 1998) ganó la medalla de oro en los 800 m libres femenino en los Juegos Olímpicos de 1996 y las medallas de oro en los 400 y 800 m libres en los Juegos Olímpicos de 2000. Nadaba para el Club de Natación Blue Wave en Bradenton, Florida. Peter Banks, un irlandés nativo,

es su entrenador. A continuación se presentarán sus programas para los Juegos Olímpicos y los siguientes años.

Brooke se entrenó continuamente durante varios años. Su kilometraje semanal de entrenamiento aumentó desde los 65.000 m a los 86.000 m durante los 4 años antes de ganar la medalla de oro en 1996. Su año de entrenamiento se dividía en dos temporadas, una que duraba desde septiembre a abril y otra desde abril hasta septiembre. Tomaba breves descansos de una a una semana y media entre estas temporadas. Se entrenaba 10 veces a la semana, nadando dos veces al día el lunes, martes, jueves y viernes, y una vez al día el miércoles y el sábado. Descansaba el sábado por la tarde y todo el día del domingo. Su kilometraje normal por sesión de entrenamiento era de entre 8.000 y 9.000 m, aunque normalmente nadaba 12.000 m los sábados por la mañana.

Los ciclos de entrenamiento de Brooke duraban generalmente 6 semanas. Utilizaba una serie de repeticiones de 10 x 300 m libres con 20 s de descanso entre las mismas para controlar su progreso y para seleccionar su velocidad de entrenamiento. Su objetivo era mejorar el tiempo medio de esta serie con cada ciclo de entrenamiento.

El programa de entrenamiento de Brooke se elaboró alrededor de entrenar su umbral anaeróbico y se utilizaba su tiempo medio para la serie de 10 x 300 para designar su velocidad al nivel del umbral. Sus series a la velocidad al nivel del umbral eran de 3.000 a 4.500 m de volumen, y trataba de nadar desde un tercio a la mitad de su kilometraje semanal a la velocidad correspondiente al umbral.

Table 15.3 Muestra del ciclo semanal de entrenamiento de Brooke Bennett

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Re-1 Total = 8.000 m	Re-2 Repeticiones de 200-400 m

		Total = 8.000 m
Martes	Re-1 ejercicios y sólo piernas con aletas Total = 7.500 m	Re-1 Natación E.I. Total = 8.000 m
Miércoles	Re-1 Total = 8.500 m	Re-3 Repeticiones de 50,100 y 200 m Total = 8.000 m
Jueves	Recuperación Sólo piernas con aletas Total = 7.500 m	Re-2 Serie de 3.000-6.000 m Total = 8.000 m
Viernes	Re-1 Total = 8.500 m	Re-1 Ejercicios y repeticiones de E.I. Total = 7.500
Sábado	Re-3 Series difíciles tales como 100 con un tiempo de salida de 1:05 Total = 12.000 m	

Adaptada de Banks, 1995.

El ciclo de entrenamiento semanal incluía dos sesiones en las que el entrenamiento al nivel del umbral era el objetivo principal y una sesión de mayor exigencia en la que utilizaba la velocidad competitiva o una serie de repeticiones con el menor descanso posible. Mi clasificación consideraría esta última serie como un entrenamiento de resistencia con sobrecarga.

También realizaba una sesión adicional a la velocidad competitiva durante algunas semanas. Brooke realizaba la mayor parte de su entrenamiento

nadando estilo libre, pero dos de sus sesiones semanales de resistencia básica se dedicaban a la prueba de estilos individual. La tabla 15.3 presenta un ejemplo de su ciclo semanal de entrenamiento.

Banks a menudo retaba a Brooke con unas series de repeticiones con el menor descanso posible. Nadaba repeticiones de 800 m con un tiempo de salida de 9:30, repeticiones de 400 m con un tiempo de 4:40, repeticiones de 200 con un tiempo de 2:15 y 100 m con un tiempo de 1:05 en estas series. En la tabla 15.4 se detallan dos de las sesiones de entrenamiento para 1996.

Tabla 15.4. Dos sesiones de entrenamiento de Brooke Bennett

Sesión de entrenamiento número 1 13 de febrero de 1996		
SERIE DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**NIVEL DE ENTRENAMIENTO**
Nadar 12 x 100 libres	1:30	Recuperación
Nadar 1 x 800 libres	10:00	Re-1
Nadar 1 x 600 libres	7:30	Re-1
Nadar 1 x 400 libres	5:00	Re-1
Nadar 1 x 200 libres	2:30	Re-1
Nadar 16 sólo piernas x 50 con aletas	:50	Recuperación
Nadar 16 x 200 libres	2:40	Re-2
Descender 1-4, 5-8, 9-12, 13-16		
Repetir 4 veces		
1 x 400 E.I.	6:00	Re-1
4 x 100 mariposa	1:30	Re-2
Nadar 40 x 50 libres	:40	Re-2
Total = 12.400 m		
Sesión de entrenamiento número 2 25 de junio de 1996		
SERIE DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**NIVEL DE ENTRENAMIENTO**
Nadar 1 x 1000	15:00	Re-1
(600 E.I. + 400 libres)		
Nadar 12 x 50 libres	:45	Re-1
Repetir la siguiente serie 2 veces		
Nadar 1 x 800 libres	10:00	Re-1
Nadar 1 x 600 libres	7:30	Re-2
Nadar 1 x 400 libres	4:40	Re-2
Nadar 1 x 200 libres	2:20	Re-2
Sólo brazos 40 x 50 libres	:40	Re-1
16 x 100	1:30	Re-1
(alternar 2 repeticiones estilo libre con 2 sólo piernas con aletas)		
Total 9.200 m		

Jon Urbanchek: Universidad de Michigan y el Club Wolverine

Jon Urbanchek entrena en el Club Wolverine y la Universidad de Michigan en Ann Arbor, Michigan. A lo largo de los años ha tenido un éxito considerable entrenando a fondistas. Uno de sus mejores fondistas era Tom Dolan, que estableció dos marcas destacables universitaria y estadounidense en piscina corta.

Estos registros eran en los 500 libres, en los que su tiempo era 4:08,75, y en las 1.650 yardas libres, en las que registró 14:29,31. Jon también entrenó a Chris Thompson, quien hizo uno de los mejores tiempos del mundo en los 1.500 m libres en el año 2000. El registro de Chris fue 14:56,81, que le hizo ganar la medalla de bronce en los Juegos Olímpicos de 2000.

Jon utiliza un sistema único en el que asigna un código de color a la intensidad del entrenamiento. Elprograma incluye tres niveles de resistencia: la natación de resistencia básica, la natación al nivel del umbral y la natación al nivel del $\dot{V}O_2$máx (que corresponde a la resistencia con sobrecarga y al entrenamiento a la velocidad competitiva en mi sistema). Cada una de estas categorías principales de entrenamiento de resistencia contiene dos subcategorías. El entrenamiento de resistencia básica incluye subcategorías blanca y de color rosa, el entrenamiento al nivel del umbral tiene subcategorías roja y azul, y el entrenamiento al nivel del $\dot{V}O_2$máx tiene subcategorías púrpura y verde. Además, reconoce tres categorías de velocidad: el entrenamiento de tolerancia al lactato, el entrenamiento de producción de lactato y el entrenamiento aláctico (que corresponde al entrenamiento de la potencia en mi clasificación). Estas categorías y subcategorías de entrenamiento están enumeradas en la tabla 15.5. Los niveles de intensidad de entrenamiento correspondientes a cada una también se presentan junto con las sugerencias de algunos parámetros para elaborar las series de repeticiones.

Jon utiliza una repetición de 3.000 m para controlar las mejoras de la

capacidad aeróbica y para establecer las velocidades del entrenamiento al nivel del umbral. Utiliza una serie de prueba de 6 x 100 con un tiempo de salida de 8:00 para controlar las mejoras de la potencia anaeróbica y de la capacidad amortiguadora. Ambos tipos de series de prueba se realizan aproximadamente una vez cada mes durante el año de entrenamiento.

Sus equipos se entrenan 10 veces a la semana y nadan entre 7.000 y 8.000 m o yardas por sesión de manera que su total semanal es aproximadamente 85.000 m o yardas. Se entrenan dos veces al día, los lunes, martes, jueves y viernes. Se entrenan sólo una vez el miércoles y el sábado, y descansan el sábado por la tarde y todo el día del domingo. Ellos normalmente se entrenan en altura dos veces al año durante 3 semanas.

Se presenta una muestra del ciclo semanal de entrenamiento de Jon en la tabla 15.6 en la página 515. Sus equipos nadan a la velocidad correspondiente al umbral durante dos sesiones cada semana, y realizan combinaciones de entrenamiento al nivel del $\dot{V}O_2$máx y de la velocidad durante dos sesiones por semana. Dos de las restantes seis sesiones de entrenamiento constan principalmente del entrenamiento de resistencia básica. Otras dos están formadas por combinaciones de entrenamiento de velocidad y de recuperación, y los nadadores dedican dos sesiones cada semana a la natación de recuperación.

Las series de repeticiones al nivel del umbral de Jon eran generalmente de una duración de 50 a 60 min, y los nadadores las realizaban a una frecuencia cardíaca de entre 150 y 180 lpm. Las series de repeticiones al nivel del n $\dot{V}O_2$máx eran generalmente de 2.000 a 3.000 m o yardas y se realizaban a la frecuencia cardíaca máxima. Las series a la velocidad competitiva, a menudo realizadas como series rotas, eran generalmente de 800 a 1.600 m o yardas. Los nadadores también realizaban series anaeróbicas de 1.200 m o yardas. Las repeticiones se realizaban muy rápidamente con largos períodos de descanso (es decir, 6 x 200 con un tiempo de salida de 8:00). Finalmente, realizaban algunas series de repeticiones que eran generalmente de sólo 200 a 300 m o yardas, tales como 8 x 25, con un tiempo de salida de 1 min. La tabla 15.7 en las páginas 516 y 517 proporciona dos ejemplos de las sesiones diarias de entrenamiento de Jon.

Entrenar a los velocistas

Defino a un velocista como un nadador o nadadora que compite en las distancias de 50 m o yardas, 100 m o yardas y 200 m o yardas. Sin embargo, muchos de los velocistas que destacan en la distancia de 200 son más similares en su constitución física a los mediofondistas que a otros velocistas.

La constitución física

Los velocistas se dividen en tres categorías. Un grupo suele rendir relativamente mejor en los 50 m. Su rendimiento disminuirá un poco en los 100 m y mucho más en los 200 m. Me referiré a este tipo como velocistas *rápidos*. Los velocistas rápidos tienen un alto nivel de potencia anaeróbica, pero su capacidad aeróbica es muy débil, probablemente porque tienen un porcentaje inusualmente alto de fibras musculares de contracción rápida.

El segundo grupo de velocistas suele rendir mejor en los 100 m, aunque puede nadar una buena prueba de 50 m y también una buena de 200 m. También tienen un alto nivel de potencia anaeróbica aunque no es tan alto como el de los velocistas rápidos. Su porcentaje de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta es probablemente alrededor de 50-50. Me referiré a ellos como velocistas *normales*.

La categoría final incluye a los nadadores que compiten mucho mejor en la distancia de 200 m o yardas que en las de 50 y 100 m o yardas. Desde el punto de vista ideal, los nadadores de los 200 m deberían tener la capacidad aeróbica de los fondistas y la potencia anaeróbica de los velocistas. Sin embargo, esta feliz combinación no es posible en un nadador, porque la proporción de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta que haría posible un tipo imposibilita la existencia del otro. Los que se

especializan en los 200 m generalmente tienen un mayor porcentaje de fibras musculares de contracción lenta que los velocistas de las otras dos categorías. Su fisiología está realmente mejor adaptada a las pruebas de medio fondo aunque compiten en distancias que se consideran como de velocidad. Por esta razón, los nadadores de estilo libre incluidos en esta categoría pueden también nadar los 400 m y las 500 yardas. Desafortunadamente, los 200 m o yardas es la distancia mayor para espaldistas, mariposistas y bracistas; por lo tanto, los nadadores con una habilidad excelente para uno de estos estilos se especializarán en esta distancia aunque puede que estén mejor adaptados fisiológicamente para distancias mayores. Dado su perfil fisiológico, estos sujetos deben entrenarse como nadadores mediofondistas en lugar de velocistas. Por lo tanto, proporcionaré algunas sugerencias para ellos en una sección más adelante.

Tabla 15.5. Las intensidades de entrenamiento con código de color utilizadas por Jon Urbanchek

CATEGORÍAS DE ENTRENAMIENTO	SUBCATEGORÍAS (COLOR)	INTENSIDAD	DURACIÓN/ DISTANCIA	INTERVALO DE DESCANSO
Re-1	Blanco	Baja. Frecuencia cardíaca de 120-140 y lactatos sanguíneos de 1-2 mmol/l	Variable	5-15 s
	Rosa	Moderada. Frecuencia cardíaca de 140-150 y lactatos sanguíneos de 2-3 mmol/l	Variable	20-40 s
Re-2	Rojo	Dura pero tolerable. Frecuencia cardíaca de 150-170 y lactatos sanguíneos de 3-5 mmol/l	30-45 min	10-15 s
	Azul	Dura e incómoda. Frecuencia cardíaca de 160-180 y lactatos sanguíneos de 4-6 mmol/l	25-35 min	30-40 s
$\dot{V}O_2$ máx	Púrpura	Dura e incómoda. Frecuencia cardíaca de 180-190 y lactatos sanguíneos de 6-10 mmol/l. Utilizada para fondistas	2.000-3.000 m	Variable
	Verde	Para velocistas. Dura e incómoda. Frecuencia cardíaca de 180-190 y lactatos sanguíneos de 6-10 mmol/l	800-1.600 m	Variable
Tolerancia al lactato	Verde	Frecuencia cardíaca de 190-200 y lactato sanguíneo de 8-15 mmol/l	1.600 m para fondistas y 400 -800 m para velocistas	Largo
Producción de lactato	Verde	Muy rápida y difícil. Frecuencia cardíaca de 190-200 y lactato sanguíneo de 8-15 mmol/l	1.200 m para fondistas y 300 -600 m para velocistas	Largo 8 min
Aláctica	N/A	Muy rápida	100-200 m	Largo

Adaptada de Urbanchek, 1985.

Tabla 15.6. Un ciclo típico semanal de entrenamiento para el equipo de natación

DIA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Re-1. Sólo brazos y sólo piernas a las intensidades de blanco y rosa.	Re-2. Una serie de 60 min a las intensidades de rojo y azul. Total = 10.000 m

	Total = 7.000 m	
Martes	Natación de recuperación. Sólo piernas y sólo brazos a baja intensidad. Total = 7.500 m	Descanso activo. Entrenamiento lento de resistencia y repeticiones rápidas de velocidad a las intensidades de blanco y rosa. Total = 8.000 m
Miércoles	Libre	Entrenamiento al nivel de $\dot{V}O_2$ máx y de velocidad a las intensidades púrpura y verde. Total = 8.000 m
Jueves	Entrenamiento de recuperación a baja intensidad. Batidos con aletas y ejercicios de brazada. Total = 7.500 m	Re-2 a las intensidades de rojo y azul. Series largas de 50 a 60 min duración. Total = 8.000 m
Viernes	Re-1 entrenamiento a las intensidades de blanco y rosa. Sólo brazos, sólo piernas y ejercicios de brazada. Total = 7.000 m	Descanso activo a las intensidades de blanco y rojo. Total = 8.000 m
Sábado	Entrenamiento al nivel del $\dot{V}O_2$ máx y de velocidad Libre a las intensidades de púrpura y verde. Total = 8.000 m	
Adaptada de Urbanchek,		

1985.

El $\dot{V}O_2$ máx en litros por minuto de los velocistas rápidos y de los normales puede ser igual o superior al de los nadadores de medio fondo y de fondo de habilidades similares. Sin embargo, cuando se expresa en relación con el tamaño del cuerpo, la cantidad de oxígeno que pueden consumir por kilogramo de peso corporal es algo más baja que la de los mediofondistas y fondistas.

Los velocistas en las categorías de rápidos y normales compensan esta deficiencia de capacidad aeróbica con una mayor potencia muscular y una mejor capacidad para reemplazar el ATP anaeróbicamente. Ambas cualidades les proporcionan el potencial de lograr una mayor velocidad máxima comparados con los mediofondistas y fondistas. Suelen ser más musculosos que los fondistas, y tienen un mayor potencial para mejorar el tamaño, la fuerza y la potencia de sus músculos porque poseen más fibras musculares de contracción rápida.

Grandes y potentes velocistas en las categorías de rápidos y normales pueden a veces nadar los 50 m o yardas con excepcional velocidad incluso con importantes defectos de estilo porque mantienen una frecuencia de brazada muy alta. Sin embargo, deben tener una mecánica de brazada razonablemente buena para mantener una velocidad media rápida a lo largo de 100 y 200 m o yardas. No pueden mantener el coste energético de una frecuencia de brazada rápida durante el tiempo necesario para completar las pruebas más largas sin sufrir una acidosis precoz. Además, dado que estos nadadores son normalmente más grandes y más musculosos, deben superar más arrastre resistivo al nadar, y el esfuerzo que esto supone se acumula en las distancias largas. Por estas razones, los velocistas rápidos y los normales, quizá más que cualquier otra categoría de nadador, deben tener una mecánica de brazada eficaz si quieren ampliar su repertorio a más de 50 m o yardas.

Lunes 4 de octubre por la mañana	**Objetivo: descanso activo**	
SERIES DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**OBJETIVO**
Nadar 400		
Nadar 4 x 100 libres (descender 1-4)	1:15	
Nadar 8 x 50 (2 de cada estilo, suave luego rápido)	:45	Calentamiento
Nadar 6 x 100 con aletas y palas (nadar el segundo 25 cabeza arriba y el cuarto 25 rápido)	1:20	Producción de lactato
Nadar 3 x 200 en hipoxia con aletas y palas	2:20	Re-1
Sólo piernas 8 x 100	1:40	Re-1
Nadar 4 x 300 con aletas, cada 300 con un estilo diferente con los últimos 100 de los 300 rápido	:15	Re-1 y tolerancia al lactato
Sólo brazos 8 x 50 mariposa	:40	Re-1
Nadar 2 x 800 libres parcial negativo	8:30	Re-1 y $\dot{V}O_2$ máx
Nadar 4 x 500 (100 mariposa, 100 espalda, 100 braza y 200 libres) (descender 1-4)	5:30	Re-1 y $\dot{V}O_2$ máx
Total = 8.400 yardas		
Lunes 4 de octubre por la tarde	**Objetivo: entrenamiento al nivel del umbral**	
SERIES DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**OBJETIVO**
Nadar 400 suavemente, sólo piernas 400 suavemente		
Nadar 8 x 50 (mariposa/libres)	:50	
Nadar 8 x 50 libres	:50	Calentamiento
Sólo piernas/nadar 6 x 150 (50 sólo piernas, 50 ejercicio, 50 nadar)	2:30	Re-1
Sólo piernas/nadar 10 x 50 (25 sólo piernas, 25 nadar)	:45	Re-1
Sólo brazos 400, 300, 200, 100 (los cuatro estilos en cualquier orden)		Re-1
Nadar 2 x 400 intensidad color blanco	5:00	Re-1
Nadar 4 x 400 intensidad color rojo	4:55	Re-2
Nadar 4 x 400 intensidad color azul	4:55	Re-2
Nadar 200		Recuperación
Total = 8.200 yardas		

Adaptada de Urbanchek, 1985.

Tabla 15.7. Ejemplos de cuatro sesiones de entrenamiento del equipo de natación de Jon Urbanchek en la Universidad de Michigan

Miércoles 26 de enero por la mañana	**Objetivo: resistencia básica**	
SERIES DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**OBJETIVO**
4 x 300 (cada 300 es 100 ejercicio, 100 sólo piernas y 100 nadar)	:30	Calentamiento
Sólo piernas 8 x 25 (2 cada estilo)	:30	
Nadar 8 x 25 (2 cada estilo)	:30	
Nadar 8 x 100 (2 de cada estilo en orden de E.I.)	1:15	Re-1
Nadar 800 E.I. (como 400 E.I. y 2 x 200 E.I.)	9:00	Re-1
Nadar 8 x 100 libres	1:10	Re-1
Nadar 800 libres (descender cada 200)	8:30	Re-1
Nadar 16 x 50 libres	:35	Re-1
Nadar 4 x 200 E.I. (descender 1-4)	2:15	Re-2
Nadar 100 esfuerzo máximo		Tolerancia al lactato
Total = 7.500 yardas		
Miércoles 26 de enero por la tarde	**Objetivo: velocidad competitiva y $\dot{V}O_2$ máx**	
SERIES DE REPETICIONES	**TIEMPO DE SALIDA**	**OBJETIVO**
Calentamiento libre de 1.500		
Nadar 4 x 500 series rotas como sigue:		
200 saliendo del poyete	3:00	
100 impulsando desde la pared	1:30	
100 impulsando desde la pared	1:30	
50 impulsando desde la pared	1:00	
50 saliendo del poyete	1:00	Re-3
Nadar 150 suavemente entre cada 500	3:00	Recuperación
Sólo piernas 300 suavemente		Recuperación
Sólo piernas 6 x 50	1:00	Re-1
Sólo brazos 400 excepto estilo libre		
Sólo brazos 300 estilo libre		
Sólo brazos 200 excepto estilo libre		
Sólo brazos 100 estilo libre		Recuperación
Total= 5.700 yardas		

(Continuación)

Tener un batido fuerte es una enorme ventaja para los velocistas de estilo libre. Generalmente, los nadadores que compiten en estas pruebas utilizan el batido de seis tiempos. Este batido contribuye relativamente más a su velocidad comparado con su aporte a la velocidad en las pruebas de medio fondo y de fondo. Por supuesto, los batidos de los nadadores en los otros estilos competitivos también deben ser potentes.

El perfil fisiológico de los velocistas rápidos y normales les hace ideales para nadar muy rápidamente las distancias cortas con una duración limitada

en el entrenamiento. No podrán entrenarse con gran velocidad distancias largas ni durante largas series de repeticiones con un corto período de descanso. Esta afirmación es más precisa con relación a los velocistas rápidos que los normales, aunque estos últimos tendrán una dificultad perceptible para mantener una buena velocidad media durante las series largas de resistencia. A cualquier velocidad de entrenamiento, los nadadores en ambos grupos estarán reclutando más fibras musculares de contracción rápida que los mediofondistas y fondistas. Por lo tanto, experimentarán una mayor acidosis y agotarán más rápidamente su glucógeno muscular en las series más largas.

El resultado de todos estos factores es que los velocistas rápidos y los normales nadarán las series de repeticiones de resistencia básica y al nivel del umbral más lentamente que los mediofondistas y fondistas de nivel similar, y así deben hacerlo. Probablemente tendrán un tiempo más lento de 3 a 5 s por 100 m que los mediofondistas o fondistas en las series de resistencia cuando nadan a la misma intensidad relativa. Los velocistas rápidos y normales no podrán tolerar el mismo volumen semanal de entrenamiento de resistencia que los mediofondistas y fondistas, y tendrán que realizar más natación de recuperación cada semana para darles tiempo a reponer el glucógeno muscular y a reparar los daños causados en los tejidos por la acidosis.

Los velocistas rápidos y normales generalmente tendrán una frecuencia cardíaca submáxima más alta que los mediofondistas y fondistas a la misma velocidad submáxima porque dichas velocidades representan un mayor esfuerzo fisiológico para los velocistas. Por esta razón, probablemente tendrán que nadar sus series de resistencia básica y al nivel del umbral a una frecuencia cardíaca más baja que los compañeros de equipo que se especializan en pruebas más largas si quieren evitar la acidosis.

Ocurre el mismo fenómeno cuando los nadadores se entrenan a un cierto porcentaje de su velocidad máxima. Los velocistas rápidos y normales generalmente estarán produciendo y acumulando más ácido láctico que los mediofondistas y fondistas cuando nadan al mismo porcentaje de su velocidad máxima para una distancia competitiva particular. Por consiguiente, los velocistas necesitarán nadar a un porcentaje menor de su velocidad máxima durante las repeticiones de resistencia básica y al nivel del

umbral para que puedan retrasar la acidosis.

Aunque puede que tengan mayor dificultad para realizar las series de resistencia básica y al nivel del umbral, los velocistas normales no necesitan sentirse inferiores comparados con los mediofondistas y fondistas cuando realizan las series de repeticiones de resistencia con sobrecarga. Dichos sujetos deben poder nadar tiempos similares o incluso más rápidos que los mediofondistas y fondistas de estilo libre en estas series si la distancia total no es demasiado larga (menos de 2.000 m o yardas). Los velocistas rápidos probablemente encontrarán difícil mantener una velocidad alta en las series de repeticiones de resistencia con sobrecarga a no ser que la distancia total de las mismas sea muy corta, menos de 600 m o yardas.

A pesar de sus problemas con el entrenamiento de resistencia, la mayor potencia y velocidad de los velocistas debe permitirles destacar durante el entrenamiento de velocidad. Definitivamente deben poder nadar más rápidamente en las series de repeticiones de tolerancia al lactato y de producción de lactato que los nadadores de nivel similar que compiten en las pruebas más largas.

Los velocistas deben poder nadar repeticiones de velocidad de 50 m de 8 a 12 s más rápidamente que la velocidad que mantienen en la misma distancia en las series de resistencia básica. Los tiempos en las repeticiones rápidas de 100 m pueden ser de 12 a 16 s más rápidos que sus velocidades en las de resistencia básica.

Sugerencias para el entrenamiento

Desde un punto de vista fisiológico, los velocistas deben poseer una tasa alta de metabolismo anaeróbico y una mayor capacidad para amortiguar el ácido láctico para tener éxito en sus pruebas cortas. No obstante, necesitan un alto nivel de capacidad aeróbica. La investigación sugiere que los buenos

velocistas que se especializan en los 100 y 200 m o yardas tienen una capacidad máxima para consumir oxígeno que es mayor que la de los nadadores con menos éxito (Olbrecht, 2000). Esta condición sigue siendo veraz independientemente de si se expresa la capacidad en litros de oxígeno consumidos por minuto (lO_2/min) o se expresa en relación con el tamaño corporal en mililitros de oxígeno consumidos por kilogramo de peso corporal por minuto (ml/O_2/kg). Esta circunstancia es ventajosa porque recientes investigaciones sugieren que el metabolismo aeróbico contribuye con una cantidad menor pero sustancial de energía para las contracciones musculares durante las pruebas de velocidad. Por ejemplo, se estima que el metabolismo aeróbico contribuye entre un 18% y un 29% de la energía total para las pruebas de velocidad de 50 m (Ring *et al.*, 1996), entre el 25% y el 35% de la energía para las pruebas de 100 m, y entre el 35% y el 45% de la energía para las pruebas de 200 m (Trappe, 1996). Evidentemente, el metabolismo aeróbico contribuye de forma sustancial a las pruebas de velocidad. Los velocistas con una capacidad de consumir oxígeno por encima de la media, además de una potencia anaeróbica y una potencia muscular por encima de la media, ciertamente poseen una gran ventaja.

La producción de lactato y el entrenamiento de la potencia

Los velocistas necesitan pasar un gran porcentaje de su tiempo realizando repeticiones de producción de lactato y de potencia para aumentar la fuerza y la eficacia de la brazada Además, necesitan realizar algún entrenamiento de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva para aumentar la capacidad amortiguadora de sus músculos. Estos tipos de entrenamiento aumentarán la velocidad contráctil y la capacidad amortiguadora tanto de las fibras musculares de contracción lenta como de las de contracción rápida (Troup, Metzger y Fitts, 1986; Sharp *et al.*, 1986). Los velocistas también necesitan aumentar su fuerza y potencia muscular con el entrenamiento fuerte contra resistencia en seco y luego aprender a utilizar esta fuerza y potencia extra cuando compiten realizando repeticiones cortas de velocidad con la natación

libre, repeticiones de velocidad resistidas y repeticiones de velocidad asistidas.

Los velocistas deben realizar alguna combinación de tres a cinco series principales de repeticiones de producción de lactato y de potencia cada semana. También deben incluir pequeñas cantidades de uno u otro tipo de repetición en la mayoría de las demás sesiones de entrenamiento durante la semana. Deben empezar estas series de velocidad a las pocas semanas de comenzar una nueva temporada, después de terminar el período de ajuste, y deben seguir realizándolas durante el resto de la temporada. En un principio el propósito será el de mantener la velocidad y la potencia durante el entrenamiento de resistencia realizado al inicio de la temporada. Más tarde, el objetivo será aumentar la velocidad y la potencia. Los velocistas deben realizar sus series de velocidad en el estilo o los estilos que utilizan en la competición. Los efectos de entrenamiento que mejoran la velocidad tienen lugar en las fibras musculares, de manera que los nadadores deben asegurarse de que están entrenando las fibras musculares que utilizarán en la competición.

Los nadadores deben desarrollar algún plan para aplicar una sobrecarga progresiva que no implique simplemente intentar nadar más rápidamente cada vez que realizan las series de producción de lactato y repeticiones de potencia. Depender de aumentos en la intensidad para aplicar la sobrecarga es demasiado fortuito y sólo funciona durante un tiempo limitado. Este método normalmente causa una mejora pequeña pero rápida de la velocidad que pronto llega a una meseta. El mejor sistema es utilizar una combinación de volumen e intensidad para aplicar una sobrecarga progresiva. Por ejemplo, los nadadores podrían inicialmente añadir cierta cantidad de repeticiones en una serie hasta que hayan duplicado la distancia total de la serie sin causar una reducción significativa de la velocidad de la repetición. Después de lograr esto, pueden volver al número original de repeticiones y tratar de realizarlas con una velocidad media mayor. Describiré un ejemplo del entrenamiento de este tipo.

Los nadadores podrían empezar realizando una serie de control de 6 x 50 repeticiones de velocidad con un tiempo de salida de 3 min. Los resultados de este control darán un tiempo medio para estas repeticiones, por ejemplo de

27,00. Luego el nadador debe tratar de mantener esta velocidad mientras añade dos repeticiones a la serie cada tercera o cuarta vez que la realiza. Este procedimiento debe continuar hasta que pueda nadar 12 x 50 repeticiones a la velocidad media escogida. Luego el nadador debe reducir el número de repeticiones al número originalde 6, fijar una nueva velocidad media como objetivo y empezar el proceso de nuevo.

El entrenamiento de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva

Los velocistas pueden mejorar su capacidad amortiguadora con el entrenamiento de resistencia con sobrecarga, con el entrenamiento a la velocidad competitiva o con el entrenamiento de tolerancia al lactato. Como mencioné anteriormente, los fondistas no necesitan las repeticiones de tolerancia al lactato para este propósito. Sin embargo, los velocistas encontrarán que el entrenamiento de tolerancia al lactato es de alguna forma superior al entrenamiento de resistencia con sobrecarga para mejorar la capacidad amortiguadora, simplemente porque el primer tipo de serie de repeticiones hace más hincapié en nadar rápidamente y en algunos casos proporciona intervalos de descanso más largos para poderlo hacer. Las repeticiones a la velocidad competitiva deben sustituir las repeticiones de tolerancia al lactato en ciertos momentos de la temporada porque el primer tipo de entrenamiento hace hincapié en nadar a la velocidad de la competición.

Los velocistas probablemente deben nadar una serie principal de tolerancia al lactato por semana al principio de la temporada y una serie de repeticiones a la velocidad competitiva de vez en cuando. El volumen de estas series debe ser de 5 a 15 veces la distancia de la prueba. Por ejemplo, el entrenamiento a la velocidad competitiva y el de tolerancia al lactato para los 50 m podrían incluir repeticiones de velocidad de hasta 30 x 25 ó 60 x 12,5 m o yardas en series múltiples. Para las carreras de 100 m deben incluir hasta 20 x 50 ó 60 x 25 en series múltiples. Las series de tolerancia al lactato para las pruebas de 200 m deben probablemente ser aproximadamente de 800 a 1.200

m o yardas, es decir 10 x 100 con un tiempo de salida de 2 min. Evidentemente, los nadadores deben realizar la mayoría de estas repeticiones con su estilo o estilos principales. Además de realizar series principales de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva, los nadadores deben terminar muchas de sus series de resistencia con algún entrenamiento de tolerancia al lactato descendiendo éstas hasta la velocidad máxima o cercana a la máxima durante las últimas dos repeticiones. Estas series también ayudarán a mejorar su capacidad amortiguadora.

El número combinado de series de repeticiones de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva debe aumentar a dos por semana a mediados de la temporada. Las repeticiones a la velocidad competitiva deben reemplazar casi completamente las repeticiones de la tolerancia al lactato durante las últimas 4 a 6 semanas antes de la puesta a punto de la temporada para simular más estrechamente las condiciones competitivas.

La natación de recuperación siempre debe seguir a las series de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva. Además, dado que sufren una acidosis elevada más a menudo en el entrenamiento, los velocistas deben tener algunas sesiones de entrenamiento cada semana dedicadas principalmente a la natación de recuperación.

Se deben controlar cuidadosamente la frecuencia y la longitud de la brazada de los velocistas durante las repeticiones de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva para asegurar que están utilizando unas similares a las que utilizan en la competición.

Debe sospecharse una sobredosis de entrenamiento de tolerancia al lactato o a la velocidad competitiva si el rendimiento del velocista en la competición o el entrenamiento se vuelve menos efectivo a lo largo de un período de varios días. Esto ocurre especialmente si el nadador se encuentra en el momento de la temporada en que han disminuido el volumen y la intensidad del entrenamiento de fondo mientras que el volumen y la intensidad del entrenamiento de velocidad han aumentado. La solución para este problema es disminuir el volumen y la intensidad del entrenamiento de velocidad durante algunos días y añadir un entrenamiento adicional de recuperación al programa.

Debo aclarar que los nadadores no necesitan limitar su entrenamiento completamente a la natación de recuperación cuando puede haber una falta de adaptación. También se pueden programar series muy cortas de tolerancia al lactato para evaluar el momento en que se recupera la velocidad máxima. Los nadadores pueden realizar series cortas de potencia y de producción de lactato para devolver su potencia anaeróbica a su nivel anterior.

El entrenamiento de resistencia básica

Mencioné anteriormente que los velocistas deben entrenarse para aumentar su capacidad aeróbica, pero no a expensas de su potencia anaeróbica ni de su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. La mejor manera de lograr este objetivo es utilizar el entrenamiento de resistencia básica. Si se realiza cerca del umbral aeróbico, el entrenamiento de resistencia básica aumentará la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta sin implicar mucho las fibras musculares de contracción rápida. Un volumen razonable de entrenamiento de la resistencia básica debe aumentar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta sin disminuir la velocidad de contracción (Fitts, Costill y Gardetto, 1989; Troup, Metzger y Fitts, 1986).

Una de las ventajas más importantes del entrenamiento de resistencia básica al principio de la temporada es que permitirá a los velocistas entrenarse más intensamente más adelante. El entrenamiento de resistencia básica aumentará la cantidad de glucógeno depositada en los músculos y la cantidad de grasa que los nadadores utilizan para obtener energía a las velocidades de entrenamiento de lenta a moderada. Estos cambios reducirán la dependencia del glucógeno muscular de manera que habrá más disponible para la natación más intensa. El entrenamiento de resistencia básica, por sus efectos sobre el sistema cardiovascular, acortará los tiempos de recuperación necesarios entre períodos de entrenamiento intenso para que los nadadores puedan realizar un mayor volumen de natación de calidad por sesión y por semana. Además, el entrenamiento de resistencia básica puede aumentar la cantidad de oxígeno que los velocistas consumen en sus fibras musculares de contracción lenta durante las pruebas y así reducir un poco la cantidad de

ácido láctico que producen. Se debe programar más entrenamiento de resistencia básica durante la primera mitad de la temporada, y se debe disminuir el volumen del mismo hasta el nivel de mantenimiento (de un tercio a la mitad del volumen normal para principios de la temporada) durante la segunda mitad de la temporada como precaución contra el efecto perjudicial que podría tener sobre la velocidad máxima.

Los velocistas deben realizar parte de su entrenamiento de resistencia básica con repeticiones de sólo brazos o sólo piernas y como natación utilizando otros estilos. La natación utilizando otros estilos y las repeticiones de sólo brazos o sólo piernas serán tan efectivas como la natación en el estilo o los estilos principales para mejorar la capacidad de los sistemas respiratorio y circulatorio para proporcionar oxígeno. Para producir las adaptaciones deseadas en las fibras musculares de contracción lenta, los nadadores deben realizar algún entrenamiento de resistencia básica en el estilo o estilos principales.

El entrenamiento al nivel del umbral y de sobrecarga

Un entrenamiento de resistencia más rápido, a la velocidad correspondiente al umbral y con sobrecarga, aumentará el consumo de oxígeno de las fibras musculares de contracción rápida mientras que también aumenta la cantidad de ácido láctico que puede ser eliminado de dichas fibras musculares durante la competición. Pero debo reiterar que demasiado entrenamiento de resistencia rápida podría reducir la velocidad máxima del nadador.

Las series de entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga deben utilizarse con poca frecuencia con los velocistas. Deben tener cuidado para no exagerar el entrenamiento al nivel del umbral y de sobrecarga. No quieren aumentar la resistencia de sus fibras musculares de contracción rápida a expensas de la fuerza, potencia anaeróbica y velocidad de contracción de las mismas. Deben tener cuidado para mantener un equilibrio apropiado entre las varias categorías de entrenamiento de velocidad y de resistencia. Quieren mejorar la resistencia de las fibras musculares de contracción rápida tanto

como sea posible sin interferir con las adaptaciones que mejorarán la fuerza y la velocidad de contracción. El equilibrio entre el entrenamiento de la resistencia y de la velocidad será bastante diferente del sugerido para los fondistas porque los velocistas quieren aumentar la potencia muscular y la tasa del metabolismo anaeróbico en todas las fibras musculares, no simplemente mantenerlas. Otro factor que complica el tema es que demasiado entrenamiento de velocidad, particularmente el que produce una acidosis intensa y prolongada y daños musculares, puede ser tan perjudicial para la velocidad máxima como demasiado entrenamiento de resistencia.

La distancia de la repetición debe estar entre 50 y 300 m o yardas para la mayoría de las series de resistencia para los velocistas. Pueden mantener una mejor integridad de la brazada con repeticiones de menor distancia, mientras que suelen dejar caer los codos y acortar el movimiento hacia arriba cuando utilizan distancias largas de repetición en el entrenamiento de resistencia.

El kilometraje para velocistas

La pregunta de qué kilometraje de resistencia es excesivo para los velocistas no tiene una respuesta definitiva. Una opinión razonable es que, al igual que los fondistas, 2 horas al día o más de este tipo de entrenamiento realizado a lo largo de varios meses pueden ser necesarias para aumentar su capacidad aeróbica. Si los velocistas pueden realizar un volumen tan grande de entrenamiento de resistencia sin reducir su velocidad es otra cuestión. El mejor consejo que se puede dar en este momento es que los velocistas deben realizar tanto entrenamiento de resistencia como puedan manejar sin retrasar seriamente su velocidad máxima y su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Por esta razón, su velocidad en las series de producción de lactato, de tolerancia al lactato y de velocidad competitiva debe controlarse cuidadosamente. Además, se debe controlar estrechamente su nivel de glucógeno muscular de manera que no acaben tratando de realizar series de velocidad cuando dicha sustancia está agotada o casi agotada. Programar sesiones adicionales de recuperación para los velocistas cada semana debe impedir que esto ocurra, siempre que los nadadores no traten de realizar sus

series de resistencia básica demasiado cerca de su velocidad correspondiente al nivel del umbral.

Mantener un equilibrio entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad no es tarea fácil con los velocistas. Los entrenadores y los nadadores deben inclinarse probablemente hacia el lado de la velocidad. Por consiguiente, la pregunta más importante que debe hacerse para determinar el volumen del entrenamiento de resistencia para los velocistas es: ¿los beneficios de este entrenamiento de resistencia serán mayores que la reducción potencial de la velocidad máxima que podría ocasionar?

En cuanto al entrenamiento para las pruebas de velocidad de 50 m o yardas, la respuesta a esta pregunta es un no rotundo. Los nadadores sólo respiran dos o tres veces durante estas pruebas cortas; por consiguiente, cualquier aumento en su capacidad máxima para consumir oxígeno no sería aprovechado. Además, la pequeña cantidad adicional de ácido láctico que podrían eliminar de sus músculos después del entrenamiento de resistencia, quizá de 1 a 3 mmol en de 20 a 30 s, probablemente puede ignorarse en cuanto a la mejora de su rendimiento. Desde el punto de vista metabólico, los nadadores que se especializan en las carreras de 50 m o yardas deben concentrarse en mejorar su velocidad máxima y la capacidad amortiguadora de los músculos. El papel del entrenamiento de resistencia en su rendimiento es de escasa importancia.

Los velocistas de hecho consumen una gran cantidad de oxígeno y pueden eliminar una gran cantidad de ácido láctico de sus músculos durante las pruebas de 100 m y especialmente en las de 200 m o yardas. Por lo tanto, deben realizar más entrenamiento de resistencia que los velocistas que se especializan en las pruebas de 50. Suponiendo una mejora del $\dot{V}O_2$máx de entre un 20% y un 30%, que es el rango típico de mejora con el entrenamiento, se podría esperar un aumento del consumo de oxígeno de 6 a 10 ml de oxígeno por kg de peso corporal durante el tiempo que se tarda en nadar una prueba de 100 m o yardas y un aumento de quizás 20 a 30 ml de oxígeno por kg durante una prueba de 200 m o yardas. Los aumentos estimados del lactato adicional que podría ser eliminado de los músculos durante las pruebas de 100 y 200 m o yardas son de 3 a 5 mmol en la prueba más corta y de 7 a 12 mmol en la más larga.

Estos aumentos del consumo de oxígeno y de la eliminación de lactato pueden ciertamente mejorar el tiempo de un nadador en las pocas décimas de segundo que marcan la diferencia entre ganar y perder una prueba de 100, siempre que no se adquieran a expensas de una reducción significativa de la velocidad máxima. Lo que quiero señalar es que aunque un aumento de la capacidad aeróbica es importante para mejorar el rendimiento de los velocistas en las pruebas de 100, entrenarse para este objetivo es secundario a mantener y, si es posible, aumentar su velocidad máxima. Por consiguiente, los velocistas de las pruebas de 100 m o yardas necesitan que la velocidad máxima sea la prioridad de su entrenamiento. El entrenamiento de resistencia es importante sólo hasta que mejora su habilidad para aumentar la capacidad aeróbica sin interferir en sus esfuerzos en el entrenamiento de velocidad. Los velocistas deben mejorar su capacidad aeróbica sin maximizarla porque ello puede conducir a una pérdida de velocidad máxima y de la capacidad amortiguadora.

Los aumentos del oxígeno consumido y del lactato eliminado son mucho más sustanciales en las pruebas de 200 m. Por lo tanto, el entrenamiento de resistencia toma una posición de importancia casi igual a la del entrenamiento de velocidad en estas pruebas. Los velocistas deben probablemente concentrarse en mejorar su resistencia durante las primeras etapas de la temporada. Luego, durante las últimas etapas, deben mantener estas ganancias y trabajar para mejorar su velocidad máxima y capacidad amortiguadora. Los nadadores que compiten en las pruebas de 200 m necesitan un equilibrio delicado entre la velocidad máxima y la resistencia para dichas pruebas. Durante la primera mitad de la temporada, los entrenadores deben compaginar aumentar la capacidad aeróbica de estos nadadores con el mantenimiento de su velocidad máxima. Más adelante en la temporada deben seguir con esta difícil tarea ayudando a sus nadadores a mantener su resistencia mientras aumentan su velocidad máxima y su capacidad amortiguadora.

Series descendentes

Realizar series descendentes es una manera efectiva de hacer el entrenamiento de resistencia para los velocistas. Éstos no deben realizar largas series de resistencia básica o al nivel del umbral a una velocidad constante. Estos métodos de entrenamiento puedenhacer que se agote el glucógeno de sus fibras musculares de contracción lenta, lo que les obliga a realizar una mayor parte del trabajo con energía de las fibras de contracción rápida incluso a velocidades lentas.

Reducir el entrenamiento de resistencia a velocidades rápidas a cortos períodos de tiempo debe hacerse toda la temporada. El objetivo al principio es aumentar la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida, junto con las series de repeticiones de la resistencia básica. Más tarde, reducir las series de resistencia puede ayudar a mantener la capacidad aeróbica de dichas fibras mientras que los nadadores se concentran en aumentar la potencia anaeróbica y la velocidad contráctil.

La tabla 15.8 resume muchas de las sugerencias que he ofrecido en esta sección para el entrenamiento de los velocistas. Las siguientes secciones cubrirán otros aspectos de su entrenamiento.

Repeticiones con sólo piernas

Los velocistas necesitan realizar un gran volumen de entrenamiento de resistencia con sólo piernas porque precisan un fuerte batido de seis tiempos en sus pruebas. Deben efectuar la mayor parte de estas series en forma de repeticiones de la resistencia básica y al nivel del umbral. Los velocistas, al igual que los mediofondistas y fondistas, suelen minimizar su batido durante la natación de la resistencia. Sin embargo, a diferencia de los mediofondistas y fondistas no estarán minimizando su batido durante sus pruebas. Por lo tanto, necesitan desarrollar la capacidad aeróbica tanto de las fibras musculares de contracción rápida como de las de contracción lenta en sus piernas. Deben realizar de 20 a 30 min de ejercicios de resistencia sólo con piernas durante la mayoría de las sesiones de entrenamiento. Dichos ejercicios de resistencia les ayudarán a aumentar el reparto de oxígeno a sus

músculos y la eliminación de lactato de ellos por los sistemas respiratorio y circulatorio.

Tabla 15.8. Sugerencias para el entrenamiento de los velocistas

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	PRINCIPIOS DE TEMPORADA	MEDIADOS DE TEMPORADA	FINALES DE TEMPORADA
Re-1	1-2 horas/ día o más, 5-6 días/semana	1-2 horas/ día o más, 4-5 días/semana	1 hora/día, 4-5 días/semana
Re-2	2 series/semana más descender hasta velocidades al nivel del umbral o más rápidas varias veces/semana durante las series de resistencia básica	2 series/semana	1 serie/semana
Re-3	1 ó 2 series/semana sólo para los nadadores de 200	Lograda con el entrenamiento a la velocidad competitiva para el resto de la temporada para todos los velocistas. Quizá 2-3 series/semana	
Producción de lactato (Ve-1) y potencia (P)	3-5 series/semana todo el año, más algunas series cortas de velocidad durante la mayoría de las demás sesiones		
Tolerancia al lactato (Ve-2) y a la velocidad competitiva	1 serie/semana para los nadadores de 50 y 100	1 serie principal de tolerancia al lactato/semana para los nadadores de 50 y 100, más algunas series cortas a la velocidad competitiva	2-3 series a la velocidad competitiva/semana para los nadadores de 50 y 100

Los velocistas deben realizar algunas repeticiones de tolerancia al lactato sólo con piernas para mejorar la capacidad amortiguadora de los músculos de las piernas. La natación de tolerancia al lactato ayudará a este objetivo, pero unas series adicio nales de sólo piernas a velocidad serán ventajosas, particularmente para los que tienen un batido débil.

Los velocistas pueden realizar algunas repeticiones de sólo piernas a velocidad del tipo de producción de lactato para mejorar la mecánica de las piernas y la tasa de metabolismo anaeróbico en los músculos de las piernas. Sin embargo, no necesitan realizar muchas series de este tipo porque deben realizar el batido rápido durante sus series de velocidad. Dichas repeticiones contribuirán mucho a mejorar la tasa de metabolismo anaeróbico en los músculos de sus piernas.

El entrenamiento hipóxico

Los programas de los velocistas de estilo libre, espalda y mariposa deben incluir el entrenamiento hipóxico. Este tipo de entrenamiento ayudará a los nadadores de estilo libre a realizar menos respiraciones durante sus carreras de velocidad, y ayudará a los espaldistas y mariposistas a realizar el batido subacuático durante una mayor distancia después de cada viraje. Los nadadores no necesitan realizar este tipo de entrenamiento muy a menudo o durante mucho tiempo para lograr el efecto deseado. Pueden mejorar su capacidad de tolerar la acumulación de dióxido de carbono con sólo de 2 a 3 semanas de entrenamiento hipóxico.

Los nadadores deben empezar a realizar repeticiones hipóxicas al principio de la temporada para que puedan lograr el resultado deseado antes de empezar las principales competiciones. Una vez que empiezan a competir, deben utilizar su mayor tolerancia a la acumulación de dióxido de carbono para acostumbrarse a realizar menos respiraciones y pasar más tiempo realizando el batido debajo del agua. Cuando los velocistas de estilo libre pueden nadar sus pruebas con el número deseado de respiraciones y cuando los espaldistas y los mariposistas pueden realizar el batido subacuático la distancia deseada de cada largo, ya no necesitan hacer el entrenamiento hipóxico.

La frecuencia del entrenamiento

Los nadadores que compiten en las pruebas de velocidad deben entrenarse tanto como los mediofondistas, pero con menos volumen. Los velocistas pueden beneficiarse de nadar dos veces al día si disponen del tiempo y del lugar para dicho entrenamiento. Sin embargo, deben incluir más natación de recuperación en su programa semanal porque con un mayor porcentaje de fibras musculares de contracción rápida suelen agotar el glucógeno muscular

más rápidamente y reponerlo más lentamente. Además, provocan la acidosis más fácilmente, lo que puede conducir a daños musculares. Si los velocistas incluyen un volumen suficiente de entrenamiento de recuperación en su programa semanal, sacarán mucho provecho de nadar dos veces al día. Pero perderán velocidad y causarán un sobreentrenamiento si en las sesiones dobles de entrenamiento se acumulan grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia.

El entrenamiento contra resistencia en seco

Un entrenamiento fuerte contra resistencia es más importante para los velocistas que para cualquier otra categoría de nadadores. Este entrenamiento debe aumentar más que simplemente mantener la fuerza muscular innata. Los velocistas necesitan aumentar su fuerza muscular porque les ayudará a incrementar su velocidad de nado. Por consiguiente, necesitan realizar programas de entrenamiento contra resistencias fuertes diseñados para mejorar el tamaño y la fuerza de todos los grupos musculares que utilizan cuando nadan su estilo o estilos principales. Los velocistas deben hacer hincapié en este entrenamiento a principios de la temporada para que tengan mucho tiempo para entrenar su sistema nervioso a reclutar estos grupos musculares antes de que tengan lugar sus competiciones principales.

Entrenarse para la prueba de 50

Las sugerencias para el entrenamiento proporcionadas en la sección anterior se aplican principalmente a los nadadores que se especializan en las pruebas de 100 m o yardas. Los que se especializan en las pruebas de 50 ó 200 m necesitan operar algunas modificaciones para maximizar su rendimiento. Esta sección describirá dichas modificaciones para los nadadores que compiten en las pruebas de 50 m o yardas. La sección sobre el entrenamiento de los mediofondistas presentará las modificaciones para los nadadores que se

especializan en las pruebas de 200 m o yardas.

Una buena técnica de brazada, de salida y de virajes es necesaria para los velocistas en las pruebas de 50 m al igual que para todos los nadadores. La primera parte de este libro trató de estas destrezas. Esta sección se ocupa de las funciones fisiológicas que son importantes para los velocistas que se especializan en las pruebas de 50 m.

Desde un punto de vista fisiológico, los objetivos principales de estos velocistas deben ser:

- Aumentar la fuerza muscular para que puedan aplicar más fuerza propulsora.

- Incrementar la tasa de metabolismo anaeróbico para que puedan aplicar esta fuerza a un ritmo mayor y así generar una mayor cantidad media de potencia durante la distancia de la prueba.

- Aumentar la capacidad amortiguadora muscular para que se reduzca el efecto del menor pH muscular en la tasa de metabolismo anaeróbico.

- Incrementar la tolerancia a la acumulación de dióxido de carbono en los tejidos para que puedan hacer menos respiraciones durante la carrera.

Aumentar el metabolismo aeróbico desempeña sólo un papel secundario para mejorar el rendimiento en las pruebas de 50 m. El entrenamiento de resistencia puede mejorar la habilidad de los nadadores para realizar un mayor volumen de entrenamiento de velocidad con menos fatiga. Puede también mejorar su recuperación del entrenamiento de velocidad. Pero estos efectos, aunque son importantes, no deben comprometer el objetivo de mejorar la velocidad máxima.

Por esta razón, los velocistas de 50 m deben nadar sólo pequeños

volúmenes de entrenamiento de resistencia, la mayor parte en forma de ejercicios de brazada, sólo piernas y sólo brazos. Los velocistas deben nadar a velocidad baja a moderada que aproxima su umbral aeróbico, no su umbral anaeróbico. El entrenamiento de resistencia básica reducirá el tiempo que necesitan para su recuperación sin correr el riesgo de reducir su velocidad máxima. No tienen que reducir sus series de resistencia básica a velocidades rápidas porque no necesitan mejorar el consumo de oxígeno de sus fibras musculares de contracción rápida. A fin de cuentas, sólo estarán respirando una o dos veces durante su carrera. Por lo tanto, el entrenamiento de resistencia básica debe ser el mínimo necesario para mejorar la mecánica de la brazada, otras destrezas y la tasa de recuperación. Este mínimo no ha sido cuantificado, pero mi mejor estimación es que 1 hora o menos de entrenamiento diario de resistencia básica sería adecuado.

Los nadadores que se especializan en las pruebas de 50 m no necesitan realizar ningún entrenamiento de resistencia al nivel del umbral o de sobrecarga. No necesitan mejorar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida, y sobre todo no quieren correr el riesgo de perder fuerza y velocidad contráctil en estas fibras.

Los velocistas de las pruebas de 50 m sí necesitan nadar un volumen adecuado de series de producción de lactato y de potencia. Dicho entrenamiento no necesita tener un mayor volumen o frecuencia que las recomendaciones que hice anteriormente en esta sección. La calidad de su entrenamiento de velocidad es mucho más importante que la cantidad.

Los velocistas que se especializan en las pruebas de 50 m deben nadar de dos a cuatro series de tolerancia al lactato cada semana, pero éstas deben ser mucho más cortas que las que recomendé para los velocistas que compiten en pruebas más largas. Las series cortas impiden la aparición de una sobredosis de acidosis. Las series de 200 a 400 m o yardas son adecuadas para este propósito. El objetivo de este entrenamiento de tolerancia al lactato es proporcionar un estímulo adicional para mejorar la potencia muscular.

Los velocistas que se especializan en las pruebas de 50 m deben realizar algún entrenamiento hipóxico y realizar algunas repeticiones rápidas manteniendo la respiración. Su objetivo debe ser no tomar más de una o dos

respiraciones durante una repetición de velocidad de 50 m o yardas sin experimentar una gran angustia.

Los nadadores que realizan estas pruebas cortas no necesitan entrenarse dos veces al día, pero pueden hacerlo sin sufrir efectos negativos. Podría ser preferible entrenarse durante más tiempo cada día a un ritmo más relajado que intentar encajar demasiado entrenamiento en una sesión de entrenamiento. Por ejemplo, los especialistas de las pruebas de 50 m deben tener una cantidad adecuada de descanso entre sus ejercicios de entrenamiento de resistencia para poder realizarlos con fuerza máxima. También necesitan asegurarse que los períodos de descanso entre las repeticiones de producción de lactato y de potencia sean suficientes para reponer la mayor parte del creatinfosfato y eliminar gran parte del ácido láctico de sus músculos para que puedan nadar las repeticiones siguientes más rápidamente. Sólo nadando rápidamente pueden estimular su tasa de metabolismo anaeróbico hasta niveles máximos. En la tabla 15.9 se resumen estas sugerencias para entrenar a los velocistas de las pruebas de 50 m.

Los programas de entrenamiento de velocistas de éxito

Los programas de entrenamiento de algunos de los velocistas actuales de mayor éxito han sido descritos en varias revistas de natación, tales como *Swimming Technique* y los *World Clinic Yearbooks* de la Asociación Americana de Entrenadores de Natación. Basándome en estos describiré los programas de Alexander Popov y Penny Heyns. También describiré el programa de entrenamiento de David Marsh, entrenador de la Universidad de Auburn, a causa del éxito destacado que ha tenido con velocistas.

Tabla 15.9. Sugerencias para el entrenamiento de los velocistas especialistas en las pruebas de 50

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	PRINCIPIOS DE TEMPORADA	MEDIADOS DE TEMPORADA	FINALES DE TEMPORADA
Re-1	1 hora/día, 5-6 días/semana	1 o más horas/día, 4-5 días/semana	1 hora/día, 4-5 días/semana
Re-2 y Re-3	No es necesario en ningún momento de la temporada		
Producción de lactato (Ve-1) y potencia (P)	3-5 series/semana todo el año, más algunas series cortas de velocidad durante la mayoría de las demás sesiones		
Tolerancia al lactato (Ve-2) y a la vel. competitiva (VC)	1 ó 2 series cortas/semana durante toda la temporada		
Entrenamiento contra resistencia en seco	Aumentar la fuerza muscular	Aumentar la fuerza muscular	Aumentar la fuerza muscular

Tabla 15.10. Las categorías de entrenamiento para Alexander Popov

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	SÍMBOLO	% DE LA VELOCIDAD COMPETITIVA	FRECUENCIA CARDÍACA*	LACTATO SANGUÍNEO (mmol/l)
Aeróbico de baja intensidad	A1	Hasta 75%	120-140	1-3
Aeróbico moderado	A2	75%-85%	140-160	1-3
Umbral anaeróbico	AT	85%-95%	160-170	3-5
Consumo máximo de oxígeno	MVO_2	85%-105%	180-190	5-10
Tolerancia al lactato	LT	90%-110%	190-200	8-15
Producción de lactato	LP	95%-110%	190-200	8-12
Anaeróbico aláctico (velocidad)	SP	110%-120%	160-170	3-6

* Las recomendaciones de las frecuencias cardiacas están basadas en una frecuencia cardiaca máxima de 200 lpm.

Adaptada de Touretski, 1997.

Alexander Popov

Alexander Popov (Touretski, 1994, 1997, 1998), de Rusia, es el actual plusmarquista para los 50 m libres con un tiempo de 21,64. Ganó tanto los 50

m como los 100 m libres en los Juegos Olímpicos de 1992 y 1996 y fue finalista en ambas pruebas en los Juegos Olímpicos de 2000. Ganó numerosos campeonatos mundiales en los 50 y 100 m libres, y muchos le consideran uno de los mejores velocistas de la historia de la natación competitiva. Gennadi Touretski fue su entrenador durante su destacada carrera de victorias internacionales.

Touretski utiliza siete niveles de entrenamiento. La tabla 15.10 presenta estos niveles, el porcentaje de la velocidad competitiva que representan, la frecuencia cardíaca de entrenamiento recomendada y los niveles de lactato sanguíneo que producen.

Alexander se entrenó todo el año durante varios años. Su año típico de entrenamiento estaba formado por cuatro ciclos. Cada uno de estos ciclos tenía una duración de 7 a 12 semanas e incluía cuatro fases. En la tabla 15.11 se presenta un ejemplo de un ciclo de entrenamiento. La primera fase era para el acondicionamiento general y duraba de 1 a 3 semanas. Alexander nadaba aproximadamente 8.000 m al día durante esta fase ó 40 a 50 km cada semana.

Luego venía una fase de resistencia de 3 a 4 semanas. Se entrenaba tres veces al día durante este período realizando entre 80.000 y 100.000 m por semana. Hacía este entrenamiento en miniciclos, cada uno de los cuales duraba 3 días, y se entrenaba tres veces al día. Hacía hasta 15.000 m al día durante dos días de cada miniciclo, seguido de un día en el que se entrenaba dos veces y hacía aproximadamente 8.000 m.

Los días que se entrenaba tres veces, la primera sesión constaba de entrenamiento de resistencia de intensidad baja y moderada, la sesión media contenía una serie principal al nivel del umbral anaeróbico, y la sesión final era una serie de $\dot{V}O_2$máx. El entrenamiento de velocidad también formaba parte del programa diario. Alexander realizaba un gran volumen de entrenamiento al nivel del umbral comparado con lo que hacían la mayoría de los demás velocistas del mundo. En la tabla 15.12 se muestra un ejemplo de uno de sus ciclos de entrenamiento de resistencia.

El período de resistencia fue seguido de 3 a 4 semanas de entrenamiento específico de la prueba competitiva. Este período estaba formado por varios

ciclos de 4 días, durante los que se entrenaba dos veces al día durante 3 días y luego tenía un día de recuperación. Hacía aproximadamente 12.000 m al día durante los principales días de entrenamiento y 4.000 m los días de recuperación. Alexander entrenaba poco la tolerancia al lactato durante este tiempo, haciendo menos de una serie por semana.

El patrón típico de estos miniciclos de 4 días incluía sesiones matinales dedicadas al entrenamiento anaeróbico los días 1 y 3. La sesión matinal del día 2 se componía de entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada. La sesión de la tarde estaba orientada hacia el entrenamiento de producción de lactato o la tolerancia al lactato los días 1 y 3, y la sesión de la tarde del día 2 se utilizaba para el entrenamiento de recuperación. La sesión única del día 4 se dedicaba al entrenamiento de resistencia de intensidad baja a moderada. La tabla 15.13 ilustra un ejemplo de uno de sus ciclos de entrenamiento de 4 días específicos para la competición.

Una fase de puesta a punto de aproximadamente 3 semanas seguía al período específico para la competición, durante la cual Alexander gradualmente reducía el volumen de trabajo de 50 a 70 km por semana a entre 20 y 30 km por semana. Alexander realizaba un entrenamiento en altura dos o tres veces al año.

Touretski utilizaba una repetición de 2.000 m cronometrada para ver las mejoras de la capacidad aeróbica y para establecer los tiempos para el entrenamiento al nivel del umbral. Además, utilizaba una prueba escalonada de natación que incluía un control del lactato sanguíneo para evaluar el equilibrio entre el entrenamiento aeróbico y anaeróbico de Alexander. El protocolo de una prueba de este tipo era nadar 3 x 100 m con 30 s de descanso entre las repeticiones, a una intensidad baja (A1). Se realizaba una lectura del lactato sanguíneo durante un período de descanso de 3 min después de la tercera repetición. Después, Alexander nadaba 2 x 100 a la velocidad del umbral (AT) con un intervalo de 45 s entre las repeticiones. Se tomaba otra lectura del lactato sanguíneo durante el período de 3 min de descanso después de la segunda repetición. Luego nadaba 1 x 100 a la velocidad del $\dot{V}O_2$máx seguidos de la toma de otra muestra para evaluar el lactato sanguíneo. Se registraban las frecuencias de brazada y la frecuencia cardíaca durante estas repeticiones, y los datos sobre el nivel de lactato

sanguíneo y la frecuencia cardíaca se representaban gráficamente en función de la velocidad de natación.

Algunas de las series típicas de repeticiones que Alexander nadaba al nivel del umbral anaeróbico eran de 4 x 4 x 400 con un tiempo de salida de 5:30, alternando el estilo libre y espalda, y 8 x 400 m con el mismo tiempo de salida, alternando estilo libre y espalda. Algunas series de repeticiones típicas para el entrenamiento del $\dot{V}O_2$máx eran 2 x 8 x 100 m libres con un tiempo de salida de 2:00 y 4 x (800 m a la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico más 200 m a la velocidad correspondiente al $\dot{V}O_2$máx). Una serie típica de velocidad era 6-8 x 50 conun tiempo de salida de 2:00. Alexander nadaba las primeras cuatro a velocidades de 23+ y 24+ s, y realizaba las últimas dos con sólo piernas. Alexander ha podido recorrer 50 m en 28.20 sólo con las piernas. Otra serie de velocidad que nadaba a menudo era de 8-12 x 25 m con un tiempo de salida de 30 s. Podíanadar aproximadamente 11:00 en cada repetición con una frecuencia de brazada de 47 ciclos de brazada por minuto.

Tabla 15.11. Un ciclo típico de entrenamiento de Alexander Popov (duración de 8 a 12 semanas)

		SESIONES DE ENTRENAMIENTO		
FASE DEL CICLO	**CICLO DIARIO**	**MAÑANA**	**TARDE**	**NOCHE**
Acondicionamiento general 1-3 semanas	Diariamente	Entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada; algunas series de velocidad 4.000 m	Igual que la mañana 4.000 m	
Fase de resistencia 2-4 semanas	Días 1 y 2	Entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada; algunas series de velocidad 4.000 m	Serie al nivel del umbral anaeróbico 6.000 m	Serie de VO_2 máx; algunas series de velocidad 5.000 m
	Día 3	Entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada; algunas series de velocidad 4.000 m	Igual que la mañana 4.000 m	Libre
Fase específica para la competición 2-4 semanas	Días 1 y 3	Serie al nivel del umbral anaeróbico 5.000 m	Serie de VO_2 máx 4.000 m	Series de velocidad 3.000 m
	Día 2	Entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada; algunas series de velocidad 5.000 m	Series de velocidad 3.000 m	Recuperación 4.000 m
	Día 4	Entrenamiento aeróbico de intensidad baja a moderada; algunas series de velocidad 4000 m	Libre	Libre
Puesta a punto y competición 1-3 semanas		3.000-4.000 m	3.000-4.000 m	Libre

Adaptada de Touretski, 1994.

El entrenamiento en seco de Alexander constaba de 40 min calisténicos y ejercicios en una máquina de remo. No levantaba pesas pesadas.

Tabla 15.12. Ciclo de 3 días de entrenamiento de la resistencia de Alexander Popov

DÍA	MAÑANA		TARDE		NOCHE	
1	Máquina de remo	A1	Calentamiento de 600		Calentamiento de 400	
	N 1.200 libres/espalda	A1	N 6 x 100/1:30	A2	N 4 x 50/60	MVO_2
	1.200 sólo piernas	A1	N 6 x 15 m/1:15	SP	N 100 suave	Rec
	N 1.200 libres		natación 2.000			
			N 10 x 100/1:45	AT	N 2 x 50/1:30	MVO_2
	En seco: 40 min		N 5 x 25/2	AT	1.200 sólo brazos	Rec
			Vuelta a la calma de 500	SP	N 6 x 50/:45	MVO_2
			Estiramientos 30 min	Rec	(30 m rápidos)	MVO_2
					N 4 x 50/:50	MVO_2
					(25 rápidos)	
					N 2 x 50/:60	
					(20 m rápidos)	
					Vuelta a la calma de 600	Rec
2	Máquina de remo		Calentamiento de 600		Calentamiento de 400	
	1.000 libres	A1	N 12 x 50/:50	A2	4 x 100/1:45 sólo piernas	A2
	/espalda		N 4 x 25/1:15	SP	4 x 150/2 sólo brazos	
	1.000 sólo piernas	A1	N 3 x 200/2:30	A2	N 400 libres	A2
	1.000		N 3 x 200/2:45	AT	Repetir serie dos veces	
	En seco: 40 min	A1	N 3 x 200/3:00	MVO_2	N 300 libres/espalda	A2
			N 1 x 200	LT	N 8 x 100/2 (15 rápidos +	MVO_2
			Estiramientos: 30 min		70 suaves + 15 rápidos)	VE
					Vuelta a la calma de 300	Rec
					Sauna	
3	Máquina de remo		Calentamiento de 600			
	N 5 x 600/1	A2	N 5 x 400/5	AT		
	N 5 x 50/3	LP	N 5 x 400/5:30	MVO_2		
	Estiramientos: 30 min		Masaje			

Adaptada de Touretski, 1998.

Tabla 15.13. Ciclo de 4 días específico para la competición de Alexander Popov

DÍA	MAÑANA		TARDE		NOCHE	
1	Nadar 2.000 (300 libres/espalda 200 E.I.)	A1	Calentamiento de 600 N 4 x 100/1:30	AT	Calentamiento de 1.200 N 4 x 50/3	LP
	1.500 sólo brazos	A1	N 200 ejercicios	Rec		
	10 x 100/2 sólo piernas	A2	Nadar 2 x 50	SP		
	Nadar 4 x 25	SP	N 2 x 400/5:30	AT		
			N 2 x 100/1:30	MVO_2		
			Repetir la serie	Rec		
			N 10 x 50/:50			
2	Calentamiento de 600 #1, 3, 5 libres/espalda		Calentamiento de 600 N 2 x (400 AT + 100 MVO_2)		Calentamiento de 600	libres/ espalda
	#2, 4 sólo piernas	A2	1.200 sólo piernas/ sólo brazos	Rec	N 8 x 25 E.I.	Rec
	N 20 x 100/1:45	AT	N 4 x 25	SP	N 2.000 con aletas	Rec
	N 2 x 50 Distancia por brazada	SP			Masaje	
3	Técnica 90 min	Rec	Calentamiento de 200		Calentamiento	
			N 8 x 25	SP	N 6 x 50/2	LP
			6 x 100 sólo piernas	A2	Vuelta a la calma	Rec
			6 x 100 sólo brazos	A2	de 600	
			6 x 100 libres/espalda	A2		
			N 8 x 25	SP		
			Vuelta a la calma de 200	Rec		
4	Nadar 1.200	Rec	Masaje		Sauna	
	800 sólo piernas	Rec				
	1.000 sólo brazos	Rec				
	En seco: 30 min					

Adaptada de Touretski, 1994.

Penny Heyns

Penny Heyns (Bidrman, 1997, 1998, 2000) es una nadadora de Sudáfrica. Ganó la medalla de oro en los 100 y 200 m braza en los Juegos Olímpicos de 1996. Su tiempo para los 50 m piscina olímpica era 30:83, para los 100 m piscina olímpica 1:06,52 y para los 200 m braza piscina olímpica 2:23,64. Jan Bidrman, de Checoslovaquia, que actualmente está trabajando en Calgary, Canadá, ha sido su entrenador.

El plan de entrenamiento anual de Penny para la temporada 1995-1996 incluía una temporada en piscina corta que duró de septiembre a abril y una temporada en piscina olímpica que empezó a principios de abril y terminó con los Juegos Olímpicos. Cada temporada tenía cuatro fases: un período aeróbico, un período anaeróbico, un período pre-puesta a punto y un período de puesta a punto. La tabla 15.14 describe el programa anual de entrenamiento de Penny. Hacía algún entrenamiento de altura cada año cuando volvía a su casa de Johannesburgo en Sudáfrica.

El período aeróbico duró 12 semanas durante la temporada de piscina corta y 6 semanas durante la temporada de piscina olímpica. Se entrenaba con 9 sesiones cada semana con sesiones matinales los lunes, miércoles, viernes y sábado, y sesiones de tarde de lunes a viernes. Su kilometraje semanal estaba entre 55.000 y 65.000 m o yardas por semana. La natación de resistencia básica representaba la mayor par-te de su kilometraje de entrenamiento, pero realizaba tres series al nivel del umbral, una serie con sobrecarga, una serie de tolerancia al lactato y dos series de producción de lactato o de potencia cada semana. En la tabla 15.15 se ve un ejemplo de su programa semanal durante el período aeróbico.

Tabla 15.14. El programa de entrenamiento anual de Penny Heyns

FASE DE LA TEMPORADA	TEMPORADA DE PISCINA CORTA	TEMPORADA DE PISCINA OLÍMPICA
Aeróbica	12 semanas	6 semanas
Anaeróbica	6 semanas	5 semanas
Pre-puesta a punto	2 semanas	2 semanas
Puesta a punto	3 semanas	4 semanas

Adaptada de Bidrman, 2000.

Tabla 15.15. Plan de entrenamiento semanal de Penny Heyns durante la fase aeróbica de la temporada

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Ejercicios Re-1	Re-2
Martes	Libre	Re-3
Miércoles	Re-1 y series de velocidad	Re-1
Jueves	Libre	Ejercicios
Viernes	Re-1, series descendentes	Tolerancia al lactato, Re-2
	y ejercicios	y ejercicios
Sábado		Re-1, series descendentes
	Re-1, Re-2 y ejercicios	y series de velocidad Libre

Adaptada de Bidrman, 1997.

Realizaba la mayoría de sus series al nivel del umbral con estilo libre o con una mezcla de estilos competitivos. Tenían un volumen de entre 2.000 y 3.000 m o yardas. Pocas veces nadaba a braza en las series al nivel del umbral. Las series de resistencia con sobrecarga eran de entre 1.000 y 2.000 m o yardas y gran parte de dicha distancia se realizaba a braza. Las series de tolerancia al lactato, también a braza, eran generalmente de 300 a 500 m o yardas de distancia. Realizaba estas series en combinaciones de braza, sólo piernas y sólo brazos.

El período anaeróbico duró 6 semanas durante la temporada de piscina corta y 5 semanas durante la temporada de piscina olímpica. Seguía realizando nueve sesiones de entrenamiento a la semana, siempre haciendo hincapié en el entrenamiento de resistencia básica. Sin embargo, el volumen de entrenamiento al nivel del umbral disminuyó y el número de series de tolerancia al lactato aumentó a tres por semana. El número de series combinadas de producción de lactato y de potencia también aumentó a tres por semana. Éstas incluían nadar con una Power Rack y realizar una combinación de entrenamientos de velocidad asistidos y resistidos utilizando gomas para ambos. Realizaba varias series de 12 a 24 x 25 m o yardas semanalmente en combinación con repeticiones de velocidad de 10 m con la Power Rack. Penny realizaba la mayoría de estas series de veloci-dad en combinaciones de braza, sólo piernas y sólo brazos. El kilometraje semanal estaba entre 40.000 y 50.000 m o yardas. La tabla 15.16 proporciona un ejemplo de su programa semanal durante el período anaeróbico.

El período pre-puesta a punto duró 2 semanas. Su entrenamiento fue similar al del período anaeróbico excepto que su kilometraje diario y el volumen de las series anaeróbicas disminuían para proporcionar un tiempo adicional de recuperación. El período de la puesta a punto duró 3 ó 4 semanas.

Se presentan a continuación algunas de sus series favoritas de resistencia con sobrecarga:

- 10 x 100 braza con un tiempo de salida de 1:45.
- 3 x 8 x 50 braza con tiempos de salida de 55, 50 y 45 s con una repetición de natación suave de 100 entre las series.
- 12 x 75 patada de braza con un tiempo de salida de 1:40.
- 3 x (200 con tiempo de salida de 3:20, 150 con tiempo de salida de 2:30, 100 con tiempo de salida de 1:40 y 50 con tiempo de salida de 0:50). Realizaba la patada de braza en la primera serie, hacía sólo braza con aletas “zoomers” y palas en la segunda serie, y nadaba a braza en la tercera.

Se presentan a continuación algunas de sus series favoritas de tolerancia al lactato:

- 3 x 4 x 100 braza con tiempo de salida de 2:30. Cada serie era más rápida que la anterior y nadaba 200 yardas después de cada serie.
- 4 x 175 braza con un tiempo de salida de 4:30. Descendía la serie hasta su tiempo objetivo para la prueba de 200 m.
- 2 x 10 x 50. Realizaba la primera serie con sólo piernas con patada de braza con un tiempo de salida de 1:30. Penny registraba tiempos de 35 a 36 s. Luego realizaba la segunda serie a braza con sólo brazos con un tiempo de salida de 1:20. Registraba tiempos de 29 y 30 s utilizando aletas "zoomers" y palas.

Tabla 15.16. Plan de entrenamiento semanal de Penny Heyns durante la fase anaeróbica

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Re-1, ejercicios y series descendentes	Re-1, Re-3 y tolerancia al lactato Re-1 y ejercicios
Martes	Libre	Re-1 y tolerancia al lactato
Miércoles	Re-1, series de velocidad y ejercicios	Re-1 y ejercicios Re-1 y producción de lactato
Jueves	Libre	
Viernes	Re-1, series de velocidad,	

	descendentes y ejercicios	
Sábado	Re-1 y ejercicios	
Adaptada de Bidrman, 1997.		

Se presentan a continuación algunas de sus series favoritas de producción de lactato:

- 12 x 25 braza con un tiempo de salida de 45 s, nadando 12,5 rápidamente y 12,5 suavemente.
- 3 x 4 repeticiones con la Power Rack con un tiempo de salida de 1 min seguidas de 2 x 25 repeticiones de velocidad a braza desde el poyete con un tiempo de salida de 1 min.
- 10 x 50 braza con un tiempo de salida de 3:00, desde el poyete.
- 3 x 8 x 25 con un tiempo de salida de 1 min. Nadaba la primera serie con aletas “zoomers” y palas. En la segunda serie nadaba braza con sólo brazos otra vez con aletas “zoomers” y palas. Nadaba braza en la tercera serie.

El entrenamiento con pesas desempeñaba un papel importante en el programa de entrenamiento de Penny. Empezaba levantando pesas durante el período aeróbico de cada temporada. Levantaba pesas 4 días a la semana, haciendo hincapié en el entrenamiento de potencia los lunes y jueves. Los ejercicios incluían sentadillas, levantamiento de peso y prensas para desarrollar la potencia. Generalmente realizaba cada ejercicio en tres series de cinco repeticiones. Hacía entrenamiento en circuito los martes y viernes utilizando ejercicios estándar de los grandes grupos musculares como flexiones de bíceps, ejercicios para el dorsal ancho y flexiones abdominales. Generalmente realizaba dos series de 10 repeticiones.

Su programa de entrenamiento con pesas seguía siendo el mismo los lunes

y jueves durante las siguientes 4 semanas, pero el entrenamiento en circuito era menos intenso los martes y viernes. Descansaba más entre los ejercicios y levantaba pesas más ligeras.

Se seguía haciendo hincapié en la potencia los lunes y los jueves durante el siguiente ciclo de entrenamiento de pesas, que duraba 3 semanas. Realizaba más sentadillas y hacía ejercicios pliométricos los lunes y jueves, y reducía la intensidad a niveles de mantenimiento los martes y viernes. Dejaba de levantar pesas 4 semanas antes de los Juegos Olímpicos.

Penny tuvo un rendimiento fantástico durante un año y medio después de sus victorias olímpicas. Batió los récords del mundo en los 50, 100 y 200 m braza en 11 ocasiones diferentes desde mayo de 1998 hasta agosto de 1999. La diferencia principal entre su entrenamiento durante este período y el de su preparación olímpica tenía que ver con el kilometraje de resistencia básica. Bidrman afirmó que Penny estaba a menudo cansada y desanimada durante el año olímpico porque realizaba la mayor parte de lo que se ha llamado su kilometraje de resistencia básica al nivel de su umbral anaeróbico o cerca de él. Redujo su intensidad de entrenamiento a las velocidades que verdaderamente correspondían a la resistencia básica durante el período que siguió a los Juegos Olímpicos. Se le indicó que nadase la mayoría de su kilometraje de resistencia básica a una intensidad que producía una frecuencia cardíaca de 50 latidos por debajo de su máxima. Dado que su frecuencia cardíaca máxima era 200 lpm, realizaba la mayor parte de este entrenamiento a una frecuencia cardíaca de 150 lpm o menos.

Penny también incluía levantamientos olímpicos en su programa de entrenamiento con pesas por primera vez durante su período de entrenamiento después de los Juegos Olímpicos. Hacía levantamientos de la barra de pesas desde la altura de los muslos hasta los hombros flexionando las piernas, sentadillas rítmicas y *box squats* (sentadillas con una caja para marcar la profundidad de la flexión o empezando sentada en la caja y luego levantarse rápidamente) además de prensas militares, prensa de banca, remadas sentadas, sentadillas y ejercicios para el dorsal ancho. Hacía tres series de cada ejercicio con 5 a 10 repeticiones por serie.

David Marsh: el programa de entrenamiento de los velocistas de la Universidad de Auburn

He decidido describir el programa de entrenamiento de los velocistas del entrenador David Marsh (Marsh, 1997) de la Universidad de Auburn porque de dicho programa han surgido muchos destacados nadadores velocistas en los últimos años. En el momento de escribir este libro, Auburn ha ganado tres Campeonatos Nacionales Universitarios Estadounidenses, mayormente gracias al éxito de sus velocistas. Además, establecieron récords en varios relevos de velocidad, incluyendo las 200 yardas relevos libres con un tiempo de 1:16,63, las 400 yardas relevos libres con 2:50,90 y las 200 yardas relevos estilos con 1:25,24.

La temporada típica de piscina corta tenía 26 semanas en la Universidad de Auburn. Se hacía hincapié en el entrenamiento de potencia, tanto en el agua como en seco. En el entrenamiento de velocidad, se prestaba especial atención a nadar con la frecuencia de brazada y las velocidades utilizadas en las competiciones o incluso con más altas. Los nadadores realizaban nueve sesiones de entrenamiento por semana, nadando dos veces los lunes, martes, jueves y viernes, y una vez los sábados. Tenían miércoles y domingo libres.

La Universidad de Auburn utilizaba seis categorías de entrenamiento. La tabla 15.17 enumera las categorías junto con las frecuencias cardíacas y los niveles de lactato sanguíneo que se suponía que producían. Durante una típica semana en medio de la temporada, los nadadores realizaban dos series al nivel del umbral anaeróbico, tres de tolerancia al lactato (dos estilo completo y una sólo con piernas), y cuatro de producción de lactato o de potencia. La tabla 15.18 muestra un plan de entrenamiento semanal típico para mediados de la temporada de la Universidad de Auburn.

El entrenamiento intenso contra resistencia desempeñaba un papel principal en el programa de entrenamiento de los velocistas de Auburn. Dicho entrenamiento figuraba en los ciclos de toda la temporada, empezando con una fase general de acondicionamiento durante las primeras 3 semanas cuando los nadadores utilizaban un entrenamiento en circuito con pesas

ligeras y muchas repeticiones. Lasiguiente fase constaba de 6 semanas de entrenamiento de fuerza utilizando pesas pesadas y pocas repeticiones, es decir, tres series de 5 a 10 repeticiones. Las próximas 6 semanas se dedicaban al entrenamiento de potencia, durante las cuales los nadadores realizaban levantamientos olímpicos a gran velocidad. Se hacía hincapié en los ejercicios pliométricos durante las últimas 4 semanas de la temporada. Se reducía el programa de levantamiento de pesas a niveles de mantenimiento durante este tiempo.

El entrenamiento de los nadadores de mediofondo

Defino a los nadadores de mediofondo como los que se especializan en las pruebas de entre 200 m o yardas y 400 m o 500 yardas. Algunos de estos nadadores pueden ampliar su rango hasta las pruebas de fondo de 800 m, 1.000 yardas, 1.500 m o 1.650 yardas, pero su rendimiento no tendrá la misma calidad. Otros pueden competir en las pruebas de 100 m o yardas, pero de nuevo, su rendimiento no tendrá la calidad que logran en las distancias de 200 m o yardas o 400 m o 500 yardas.

Mi definición de los nadadores de mediofondo también incluye a los mariposistas, espaldistas y bracistas cuya mejor prueba es los 200 m o yardas. Puede que estos nadadores también compitan en las pruebas de 100 m o yardas, pero son claramente superiores en las pruebas más largas y no pueden considerarse velocistas. Los nadadores que compiten en los 200 y 400 m o yardas estilos individual también se incluyen en el grupo de mediofondistas en cuanto concierne al entrenamiento.

Tabla 15.17. Categorías de entrenamiento para los velocistas de la Universidad de Auburn

ENTRENAMIENTO	EXPLICACIÓN	FRECUENCIA CARDÍACA (lpm)	LACTATO SANGUÍNEO (mmol/l)
Aeróbico bajo	Natación continua con intervalos de descanso cortos	<130	<2
Aeróbico medio	Natación por intervalos con descanso corto	130-150	1-3
Umbral	Natación por intervalos con descanso de 10-30 s	150-170	3-6
Tolerancia al lactato	Entrenamiento por intervalos con descanso largo	>180	6-12
Pico de lactato	Entrenamiento por intervalos con descansos muy largos	Máxima	Máxima
ATP-CP	Repeticiones cortas de velocidad con largos descansos	N/A	1-5

Adaptada de Marsh, 1997.

Constitución física

Los nadadores que se especializan en las pruebas de mediofondo generalmente tendrán una capacidad aeróbica altamente desarrollada y una potencia anaeróbica superior a la media a causa de varios aspectos de su perfil fisiológico. Probablemente tendrán porcentajes aproximadamente iguales de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta, o la concentración de este último tipo puede ser ligeramente más alta. En parte, esta combinación de habilidades aeróbicas y anaeróbicas proporciona a los nadadores de medio fondo la resistencia para nadar a una velocidad media rápida durante 2 a 5 minutos.

Los nadadores de mediofondo generalmente no tendrán la explosividad de los velocistas, pero su velocidad máxima será adecuada para empezar las pruebas a una velocidad competitiva y terminarlas con un fuerte acelerón final. Además, tendrán el potencial de desarrollar su capacidad amortiguadora para aguantar la acumulación rápida de ácido láctico que inevitablemente ocurre en estos casos.

Los mediofondistas pueden rendir bien en el entrenamiento de resistencia y en el de velocidad. Pero no podrán entrenarse como hacen los fondistas

diariamente porque la mayoría de los mediofondistas tienen un porcentaje algo más alto de fibras musculares de contracción rápida que la mayoría de los fondistas. Como resultado, generalmente agotarán el glucógeno muscular más rápidamente durante las repeticiones de resistencia, particularmente las que realizan a la velocidad correspondiente al umbral y con sobrecarga, y necesitarán más tiempo de recuperación durante cada semana de entrenamiento para reponer la energía en sus músculos.

Tabla 15.18. Muestra de un ciclo semanal de entrenamiento para mediados de la temporada de los velocistas de la Universidad de Auburn

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Series aeróbicas nivel bajo, nivel medio 1 hora; 5.000 m piscina larga	Pesas tren inferior y ejercicios pliométricos sólo piernas; serie corta al nivel del umbral (1.000 m) con repeticiones cortas de 75-125 m; serie aeróbica nivel bajo con sólo brazos, 2.000 yardas; virajes; todo en piscina corta
Martes	Pesas tren superior y ejercicios pliométricos 1 hora; 20 min de repeticiones de velocidad de 25 y 12,5 yardas; todo en piscina corta	Serie de tolerancia al lactato (12 × 50/2); sólo brazos entrenamiento hipóxico de 2.000 yardas, salidas de relevos y repeticiones cortas de velocidad; todo en piscina corta
Miércoles	Libre	Libre
Jueves	Series aeróbicas nivel bajo; serie al nivel del umbral (20 × 100/con 20-	Pesas tren inferior y ejercicios pliométricos 1 hora; series aeróbicas de

	30 s descanso); 6.000 m todo en piscina larga	nivel medio (12 × 200 sólo brazos y estilo completo); series con sólo piernas de tolerancia al lactato (8 × 35/3:00); todo en piscina corta
Viernes	Pesas tren superior y ejercicios pliométricos 1 hora; 20 min de repeticiones cortas de velocidad	Serie y ejercicio aeróbicos de nivel bajo; serie con sólo brazos aeróbica de nivel medio; salidas, virajes y repeticiones cortas de velocidad; todo en piscina corta
Sábado	Serie de sólo piernas/estilo completo aeróbica de nivel medio Serie de tolerancia al lactato (1 × 200, 1 × 150, 2 × 100, 4 × 50) todo con tiempo de salida de 3:00 por 50 yardas; entrenamiento en piscina corta	Libre

Adaptada de Marsh, 1997.

Los nadadores de las pruebas de medio fondo estilo libre pueden utilizar batidos de seis tiempos o algunos ritmos de batido reducidos tales como el batido de dos tiempos o el de cuatro tiempos. Un batido fuerte es una ventaja pero no una necesidad para tener éxito en estas pruebas, porque los nadadores de estilo libre relajan el batido durante la mayor parte de la carrera. No obstante, todos los nadadores de medio fondo de estilo libre deben entrenarse

en utilizar un fuerte batido de seis tiempos durante los últimos 50 m o yardas de sus carreras. A diferencia de los nadadores de estilo libre, los mariposistas, espaldistas y bracistas de medio fondo deben tener batidos razonablemente fuertes porque éste es muy importante para tener éxito en sus pruebas.

Sugerencias para el entrenamiento

Los mediofondistas necesitan desarrollar su capacidad aeróbica a un nivel alto con el entrenamiento de resistencia. Deben lograr esto durante los primeros dos tercios de su temporada, aunque la potencia anaeróbica y la resistencia anaeróbica muscular sufren un poco como consecuencia del gran volumen de entrenamiento de resistencia que realizan. Dichos nadadores deben entrenarse para mantener su capacidad aeróbica recién desarrollada durante el último tercio de la temporada, mientras se concentran en mejorar tanto su capacidad amortiguadora como su potencia anaeróbica.

Los nadadores de medio fondo deben limitar sus intentos de aumentar la velocidad de natación a mejorar su técnica de brazada. El volumen de trabajo de la resistencia que necesitan realizar probablemente impide cualquier mejora de su potencia anaeróbica innata inducida por el entrenamiento. Lo mejor que pueden esperar es mantener su tasa de metabolismo anaeróbico cerca del nivel normal durante las fases de la temporada en las que hacen hincapié en el entrenamiento de resistencia y luego recuperarla al nivel normal durante la última parte cuando se realiza un menor kilometraje y más entrenamiento a la velocidad competitiva.

Los mediofondistas no necesitan realizar el entrenamiento de tolerancia al lactato a no ser que también compitan en las pruebas de 100 m o yardas. La combinación de entrenamiento de resistencia con sobrecarga y el realizado a la velocidad competitiva serán adecuados para aumentar su capacidad amortiguadora.

Entrenamiento de resistencia

Los mediofondistas deben hacer 2 horas o más de entrenamiento de resistencia básica diariamente 5 ó 6 días a la semana durante la primera mitad de la temporada. El entrenamiento a este nivel mejorará la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción lenta y las de contracción rápida con un umbral bajo sin agotar su glucógeno muscular, porque el metabolismo de las grasas proporciona más energía. El entrenamiento de resistencia básica también aumentará la provisión de oxígeno por los sistemas circulatorio y respiratorio. Recomiendo combinaciones de repeticiones largas con series de repeticiones con intervalos de descanso cortos para el entrenamiento de resistencia básica.

Los nadadores que se especializan en las pruebas de medio fondo deben realizar alguna combinación de tres a cuatro series al nivel del umbral o de sobrecarga a la semana durante la primera mitad de la temporada para que puedan también mejorar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares CRa de umbral alto y CRb. La frecuencia y la duración de estas repeticiones deben programarse con cuidado para impedir el agotamiento de los depósitos de glucógeno muscular. Se deben programar las series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral algunas semanas después de comenzar la temporada nueva, y las series de resistencia con sobrecarga deben empezar unas semanas después. El volumen de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral debe superar mucho el volumen de entrenamiento de resistencia con sobrecarga durante la primera mitad de la temporada. Durante esta época, la mayor parte del entrenamiento dirigido a mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares CRb debe lograrse reduciendo las últimas repeticiones a un tiempo rápido en algunas de las series de resistencia básica y al nivel del umbral.

La cantidad del entrenamiento de resistencia al nivel del umbral debe disminuir durante la segunda mitad de la temporada, y el volumen del entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva debe aumentar. El número de series de sobrecarga y a la velocidad

competitiva debe aumentar a dos o tres semanalmente. Las series de repeticiones de la resistencia con sobrecarga deben ser de 1.000 a 2.000 m o yardas. La mayoría de las series a la velocidad competitiva deben tomar la forma de repeticiones de menos de la distancia competitiva y series rotas. El volumen de cada serie de repeticiones a la velocidad competitiva debe ser una o dos veces la distancia de la prueba para la que se entrena el nadador. Puede repetir varias de estas series durante una sesión de entrenamiento. Además, la mayoría de las sesiones de entrenamiento deben incluir algunas repeticiones de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva mediante el método de descender las series de resistencia básica hasta alcanzar velocidades rápidas.

Como indiqué anteriormente, realizar las repeticiones de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva también mejorará la capacidad amortiguadora muscular a causa de la acidosis producida a estas velocidades altas. Por consiguiente, una o dos sesiones de entrenamiento de recuperación deben incluirse en el plan semanal para los mediofondistas porque estarán sufriendo una acidosis elevada y posiblemente un agotamiento del glucógeno muscular con mayor frecuencia. Dentro de una sesión de entrenamiento particular, unas cortas series de recuperación deben seguir a las de sobrecarga y a la velocidad competitiva.

Los nadadores pueden realizar una parte del entrenamiento de resistencia básica con estilos que no sean sus principales y con sólo brazos o sólo piernas porque el entrenamiento de resistencia básica no específico mejorará los sistemas respiratorio y circulatorio tan eficazmente como el específico. Pero los nadadores deben realizar alguna parte de este kilometraje en su estilo o estilos principales. Los mediofondistas deben realizar todo su entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva en el estilo o los estilos principales porque el propósito principal de este entrenamiento es mejorar la capacidad aeróbica de las fibras musculares individuales.

Los mediofondistas que compiten en las pruebas de estilo libre necesitan desarrollar un fuerte batido de seis tiempos para terminar sus pruebas. Por lo tanto, deben incluir algunas series rápidas de sólo piernas en su programa, quizás una vez por semana. Deben habituarse a nadar los últimos 50 m o yardas de cada serie de repeticiones con un fuerte batido de seis tiempos.

Los nadadores de mariposa, espalda y braza que se especializan en la distancia de 200 m necesitarán hacer un alto volumen de repeticiones de resistencia con sólo piernas en sus estilos principales tanto en la velocidad de la resistencia básica como la de la velocidad competitiva cada semana. Este entrenamiento, añadido al estímulo que recibirán las piernas durante las repeticiones de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva, debe ser adecuado para mejorar la resistencia aeróbica y la capacidad amortiguadora de los músculos de las piernas. Recomiendo que todos los mediofondistas, tanto de estilo libre como de otros estilos competitivos, incluyan de 1.000 a 2.000 m o yardas, o de 20 a 30 minutos de repeticiones de resistencia sólo con piernas en la mayoría de sus sesiones de entrenamiento.

Entrenamiento de la velocidad

Los mediofondistas deben realizar de tres a cinco series principales de producción de lactato durante cada semana de entrenamiento. El propósito de este entrenamiento es reducir la pérdida de potencia aeróbica durante la mayor parte de la temporada. El entrenamiento de este tipo también les ayudará a recuperar su forma normal cuando reducen el kilometraje de entrenamiento más tarde en la temporada.

La tabla 15.19 resume mis sugerencias para el entrenamiento de los mediofondistas.

El entrenamiento en seco contra resistencia

Los mediofondistas probablemente deben realizar algún entrenamiento contra resistencia en seco durante cada temporada. El objetivo de este entrenamiento es mantener la fuerza y la potencia muscular, no aumentarlas.

Al igual que con los fondistas, el volumen de entrenamiento de resistencia que los mediofondistas deben realizar probablemente impide cualquier aumento significativo de la fuerza y de la potencia. Además, la intensidad de un programa exhaustivo de entrenamiento con pesas dirigido a aumentar el tamaño y la fuerza de los músculos probablemente interferiría con la capacidad de los nadadores para tolerar el volumen y la intensidad del entrenamiento de la natación que necesitan para tener éxito en sus pruebas.

Por consiguiente, los programas de entrenamiento contra resistencia en seco deben probablemente incorporar un diseño que busque sólo mantener el tamaño y la fuerza muscular.

Entrenarse para las pruebas de 200 m

Los nadadores que se especializan en las pruebas de 200 m necesitan mejorar su capacidad aeróbica hasta alcanzar un nivel alto. A diferencia de los nadadores que se especializan en las pruebas de 50 y 100 m, necesitan aumentar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida, aunque la tasa del metabolismo anaeróbico disminuye y pierden un poco de velocidad contráctil y fuerza en dichas fibras. También necesitan concentrarse en mejorar la capacidad amortiguadora de todas las fibras realizando algunas series de repeticiones de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva. No necesitan nadar series de repeticiones para la tolerancia al lactato porque las que realizan de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva aumentarán la capacidad amortiguadora de las fibras musculares de forma adecuada mientras que mejoran la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida.

Para lograr un equilibrio entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad, los nadadores que se especializan en las pruebas de 200 m deben hacer hincapié en la mejora de su capacidad aeróbica durante la primera mitad de la temporada y en la capacidad amortiguadora y la velocidad máxima durante la segunda mitad. Además, deben realizar bastante entrenamiento de velocidad durante la primera mitad de la temporada para

impedir una pérdida seria de la capacidad amortiguadora y de la velocidad, y deben hacer bastante entrenamiento de resistencia durante la segunda mitad de la temporada para mantener la capacidad aeróbica. Durante la primera mitad de la temporada el objetivo es equilibrar el entrenamiento de resistencia y de velocidad de los nadadores de las pruebas de 200 m para que sólo experimenten una reducción temporal de su potencia anaeróbica y velocidad contráctil muscular y sean capaces de recuperar niveles normales durante la segunda mitad de la temporada. De forma similar, durante la segunda mitad de la temporada el equilibrio entre el entrenamiento de velocidad y de resistencia debe permitir mejoras de la velocidad y de la capacidad amortiguadora sin una reducción significativa de la resistencia.

Tabla 15.19. Sugerencias para el entrenamiento de los mediofondistas

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	PRINCIPIOS DE TEMPORADA	MEDIADOS DE TEMPORADA	FINALES DE TEMPORADA
Re-1	2 horas o más/ día, 5-6 días/semana	2 horas o más/día 3-4 días/semana	1-2 horas/día 3-4 días/semana
Re-2	2-3 series /semana más descender a velocidades de umbral y más rápidas varias veces por semana durante las series de resistencia básica	1-2 series/semana Los nadadores deben seguir descendiendo hasta su velocidad de resistencia al nivel del umbral cerca del final de sus series de resistencia básica	1 serie/semana
Re-3 y velocidad competitiva	1 serie/semana más descender hasta estas velocidades varias veces a la semana y durante las series de resistencia básica y al nivel del umbra	2-3 series/semana más descender hasta estas velocidades durante algunas series de repeticiones de resistencia básica	2-3 series/semana Sin embargo, las series deben ser más cortas que durante la fase anterior
Producción de lactato y potencia	3-4 series/semana todo el año, más algunas series cortas de velocidad durante la mayoría de las demás sesiones de entrenamiento		
Tolerancia al lactato	1 serie principal/ semana si el nadador también está compitiendo en las pruebas de 100 m/yardas	Reemplazar por el entrenamiento a la velocidad competitiva para el resto de la temporada	

Los velocistas que se especializan en las pruebas de 200 m deben nadar un mínimo de 2 horas de entrenamiento de resistencia básica al día durante la primera mitad de la temporada para aumentar su capacidad aeróbica. Deben nadar alguna combinación de tres a cuatro series de repeticiones al nivel del umbral y de sobrecarga por semana y descender sus series de resistencia básica a las velocidades correspondientes al umbral y con sobrecarga durante la mayoría de las sesiones de entrenamiento. Deben nadar series principales

de producción de lactato durante cuatro o cinco sesiones a la semana para mantener la velocidad de natación. Además, deben nadar algunas series cortas de velocidad adicionales durante la mayoría de las demás sesiones de entrenamiento.

El número de series al nivel del umbral debe disminuir a una o dos por semana durante la segunda mitad de la temporada. Dichas series deben ser más cortas, quizá sólo 1.200 a 2.000 m o yardas, y los nadadores deben continuar descendiendo muchas de sus series de resistencia básica hasta lograr los niveles correspondientes al umbral para que puedan mantener la mejora de la capacidad aeróbica conseguida anteriormente. Durante la segunda mitad de la temporada, el entrenamiento a la velocidad competitiva debe reemplazar las repeticiones de resistencia con sobrecarga. Los nadadores deben realizar series a la velocidad competitiva dos o tres veces por semana. El objetivo de estas series es mantener la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida y aumentar la capacidad amortiguadora de todos los tipos de fibras.

Durante las semanas en las que hay competiciones, las carreras pueden reemplazar las repeticiones a la velocidad competitiva para que los nadadores no exageren este tipo de entrenamiento. Las series a la velocidad competitiva para los nadadores de las pruebas de 200 m deben ser de 5 a 6 veces más largas que sus carreras competitivas. El volumen de entrenamiento de producción de lactato debe permanecer al nivel recomendado para la primera mitad de la temporada.

Se presentan en la tabla 15.20 estas sugerencias para el entrenamiento de los velocistas que se especializan en las pruebas de 200.

Tabla 15.20. Sugerencias para el entrenamiento de los velocistas que se especializan en las pruebas de 200 m

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	PRINCIPIOS DE TEMPORADA	MEDIADOS DE TEMPORADA	FINALES DE TEMPORADA
Re-1	2 horas o más /día, 5-6 días/semana	2 horas o más /día, 4-5 días/semana	1-2 horas/día, 4-5 días/semana
Re-2 y Re-3	3-4 series/semana más descender hasta velocidades correspondientes al umbral y más rápido varias veces por semana durante las series de resistencia básica	1-2 series/semana Sólo Re-2. Estas series deben ser más cortas que a principios de temporada. Los nadadores deben seguir reduciéndolas hasta las velocidades correspondientes al umbral cerca del final de las series de resistencia básica. Se debe reemplazar el entrenamiento de la resistencia con sobrecarga por el entrenamiento a la velocidad competitiva durante el resto de la temporada	1 serie/semana
Producción de lactato y potencia	3-5 series/semana todo el año, más algunas series cortas de velocidad durante la mayoría del resto de las sesiones de entrenamiento		
Tolerancia al lactato	1 serie principal/ semana	Reemplazar por el entrenamiento a la velocidad competitiva durante el resto de la temporada	
A la velocidad competitiva		2-3 series/semana durante el resto de la temporada	

El programa de entrenamiento de algunos destacados mediofondistas

Esta sección describe el programa de entrenamiento de Susan O'Neill y Mike Barrowman. O'Neill se especializó en los 200 m mariposa y Barrowman se especializó en los 200 m braza, aunque ambos nadadores competían en las pruebas de 100 m.

Susan O'Neill

Susan O’Neill (Volkers, 1997, 1998), de Australia, fue medallista de oro en los 200 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1996 con un registro de 2:07,76. Ganó la medalla de plata en esta prueba en los Juegos Olímpicos de 2000 donde también ganó la medalla de oro en los 200 m libres femenino. Scott Volkers, del Commercial Swim Club de Queensland, Australia, era su entrenador.

El kilometraje de entrenamiento de Susan variaba entre 40.000 y 50.000 m por semana, y realizaba 10 sesiones de entrenamiento cada semana. Se entrenaba dos veces al día los lunes, martes, jueves y viernes, y una vez los miércoles por la tarde y el sábado por la mañana. Descansaba el sábado por la tarde y todo el domingo. Volkers era consciente de la necesidad de incluir varios niveles de entrenamiento en su programa semanal y de intercalarlos con períodos adecuados de recuperación.

Tabla 15.21. Categorías de entrenamiento para Susan O’Neill

CATEGORÍAS DE ENTRENAMIENTO	PARÁMETROS DEL ENTRENAMIENTO	
Recuperación aeróbica	Tiempos/100 m Frecuencia cardíaca en lpm Lactato sanguíneo en mmol/l	<1:11 estilo libre <164 <2,0
Aeróbica	Tiempos/100 m Frecuencia cardíaca en lpm Lactato sanguíneo en mmol/l	1:09-1:15 estilo libre 164-180 1,8-2,8
Umbral anaeróbico	Tiempos/100 m Frecuencia cardíaca en lpm Lactato sanguíneo en mmol/l	66-68 mariposa con aletas 181-185 2,9

Anaeróbica	Tiempos/100 m Frecuencia cardíaca en lpm Lactato sanguíneo en mmol/l	>66 mariposa >185 >2,9
Velocidad crítica	Tiempos/100 m Frecuencia cardíaca en lpm Lactato sanguíneo en mmol/l	63,5 mariposa 205 6,9

Adaptada de Volkers, 1997.

Volkers utilizaba cinco niveles de intensidad de entrenamiento: recuperación aeróbica, aeróbico, umbral anaeróbico, anaeróbico y velocidad crítica. Estos niveles de entrenamiento se definen en la tabla 15.21, junto con ejemplos de los tiempos esperados de Susan, su frecuencia cardíaca y las concentraciones de lactato sanguíneo en cada nivel.

El ciclo típico semanal de Susan incluía una serie al nivel del umbral, que hacía normalmente los lunes por la mañana. Nadaba dos series de frecuencia cardíaca dos veces por semana, durante las sesiones de tarde. También se programaban dos series de tolerancia al lactato cada semana, durante las sesiones de tarde. Susan nadaba una serie principal de velocidad el sábado por la mañana. Se dedicaban dos sesiones de entrenamiento al trabajo aeróbico de baja intensidad y la recuperación por semana. La tabla 15.22 presenta un ejemplo del ciclo de entrenamiento semanal de Susan.

Tabla 15.22. Plan de entrenamiento semanal para Susan O'Neill

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Entrenamiento al nivel del umbral anaeróbico	Tolerancia al lactato en piscina larga Ejemplo de

	Ejemplo de serie: 7 x 300/5:15 Esta serie era de mariposa con aletas 5.000 –6.000 m	serie: 6 x 100/8, mariposa Susan registraba un tiempo medio de 61,+ en ésta También se hacían algunas repeticiones de producción de lactato. 5.000 m
Martes	Entrenamiento en seco, incluyendo pesas y calisténicos. Susan también corre 7 km seguido de 500-700 m de natación suave	Una serie de frecuencia cardíaca Entrenamiento de la resistencia básica en forma de ejercicios de nadar, de sólo piernas y de sólo brazos. 6.000 m
Miércoles	Libre	Entrenamiento aeróbico con ejercicios de nadar, sólo brazos y sólo piernas Serie principal de 3.000 m o más. 6.000-7.000 m
Jueves	Lo mismo que martes por la mañana	Entrenamiento de producción de lactato Serie principal de 800 m. 5.000 m
Viernes	Recuperación, ejercicios y sólo piernas con aletas 5.000 m	Serie de frecuencia cardíaca Entrenamiento de resistencia básica 5.000-6.000 m
Sábado	Entrenamiento en seco Entrenamiento de producción de lactato y potencia, 4.000 m	Libre
Adaptada de Volkers,		

1998.

Su entrenamiento aeróbico de baja intensidad constaba de ejercicios de nadar estilo completo, sólo brazos y sólo piernas. Realizaba muchos de los ejercicios de sólo piernas con aletas. Una serie típica al nivel del umbral anaeróbico era 7 x 300 mariposa con un tiempo de salida de 5:15. Nadaba esta serie con aletas.

Las series de frecuencia cardíaca de Susan eran generalmente de 2.000 a 3.000 m, realizadas de forma descendente. Realizaba la mayor parte de estas series, si no todas, a mariposa. Nadaba el primer cuarto de cada serie a una intensidad de 30 latidos por debajo de su frecuencia cardíaca máxima, el siguiente cuarto a una intensidad de 20 latidos por debajo de su frecuencia cardíaca máxima, el tercer cuarto a una intensidad de 10 latidos por debajo de la máxima y el último cuarto a velocidad máxima. Se presentan a continuación dos ejemplos de sus series de frecuencia cardíaca:

Serie número 1:

5 x 100/1:40 FC máx – 30 lpm

1 x 200/3 (primeros 100 a la velocidad de los cinco anteriores 100 y los últimos 100 a la misma velocidad o más rápido)

1 x 50 suave/1

5 x 100/1:50 FC máx-20 lpm

1 x 200/3 (realizadas de la misma manera que los anteriores 200)

1 x 50 suave/1

5 x 100/2:00 FC máx – 10 lpm

1 x 200/3 (realizadas de la misma manera que los anteriores 200)

1 x 50 suave

Serie número 2:

3 x 200/3 FC máx – 30 lpm

100 suave/2

6 x 100/1:50 FC máx – 20 lpm

100 suave/2

6 x 100/2 FC máx – 10 lpm

100 suave

1 x 100/2 esfuerzo máximo

Sus series de producción de lactato y de potencia eran combinaciones de repeticiones de velocidad de 12,5, 25 y 50 m.

Volkers utilizaba una serie descendente de 7 x 200 estilo libre con tiempo de salida de 5 min para estimar las mejoras en el rendimiento aeróbico y anaeróbico y para establecer el tiempo de entrenamiento para las repeticiones aeróbicas. Volkers controlaba a Susan midiendo la frecuencia cardíaca, las concentraciones de lactato sanguíneo, la frecuencia de brazada y el recuento de brazada por 50 m en esta serie.

Se utilizaba una serie descendente de 6 x 50 mariposa con un tiempo de salida de 2:00 para evaluar la eficacia de la brazada de Susan. Volkers controlaba la frecuencia de brazada, el número de brazadas y la distancia por brazada en esta serie, y a partir de estos datos determinaba la mejor combinación de frecuencia y número de brazada para que la utilizase en las pruebas competitivas de 200 m mariposa. También le hacía nadar una serie

de 4 x 50 m mariposa con un tiempo de salida de 1:30 todos los días durante la puesta a punto. Estimaba su tasa de recuperación de esta serie comparando su frecuencia de brazada y su distancia por brazada a los niveles ideales previamente determinados.

Susan realizaba su programa de entrenamiento en seco en tres ciclos de 9 semanas por temporada. Cada uno de estos ciclos de 9 semanas estaba dividido en miniciclos de 3 semanas. Pasaba las primeras 3 semanas de cada ciclo de 9 semanas levantando pesas pesadas para ganar fuerza muscular. Hacía hincapié en el entrenamiento de potencia durante las siguientes 3 semanas levantando pesas a un ritmo rápido. Dedicaba las últimas 3 semanas de cada ciclo al entrenamiento en circuito dirigido a mejorar su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. No hacia entrenamiento con pesas durante la puesta a punto. Susan también corría 7 km dos mañanas por semana para mejorar la resistencia de los músculos de las piernas. Realizaba su sesión principal de entrenamiento con pesas los martes y sábados por la mañana. El jueves por la mañana hacía 30 minutos de estiramientos seguidos de ejercicios calisténicos especialmente diseñados para mejorar los músculos de su tronco y miembros. Seguía con este programa de calisténicos hasta 2 días antes de las competiciones principales.

Mike Barrowman

Mike Barrowman (Nagy, 1994) de los Estados Unidos ganó la medalla de oro para los 200 m braza en los Juegos Olímpicos de 1992. Tiene el récord mundial de 2:10,16 para esta prueba. Era estudiante de la Universidad de Michigan donde se entrenaba a las órdenes de Jon Urbanchek durante el año académico. Competía para el Curl-Burke Swim Club durante la temporada de piscina olímpica, donde Jozsef Nagy era su entrenador. La siguiente sección describe el entrenamiento que realizó a las órdenes de Nagy durante las últimas 11 semanas antes de los Juegos Olímpicos de 1992.

Mike realizaba 11 sesiones de entrenamiento por semana. Se entrenaba dos veces de lunes a viernes y una vez el sábado por la mañana. Hacía la

mayor parte de su entrenamiento en una piscina de 25 yardas. Realizó sólo 10 sesiones en piscina olímpica durante este período y no hizo ningún entrenamiento en altura.

Típicamente nadaba entre 6.500 y 7.500 yardas por sesión de entrenamiento, la mayor parte a braza. Además, completaba gran parte del resto del kilometraje de entrenamiento con ejercicios de braza con sólo brazos y sólo piernas. A menudo hacía repeticiones con sólo brazos con pequeñas palas. No utilizaba un *pullbuoy*, y Nagy le permitía realizar sólo un batido de delfín por ciclo de brazada durante los ejercicios de sólo brazos. Mike también realizaba un gran volumen de ejercicios de braza con sólo piernas, gran parte sin utilizar una tabla. Se presenta a continuación una serie típica de resistencia:

8 x 4 x 100/1:40

10 x 200 estilo libre/2:30

3 x 300 (alternando 100 braza completa, 100 braza sólo brazos y 100 braza completa en cada 300). El tiempo de salida era generalmente fijada para dejarle entre 30 y 40 s de descanso entre las repeticiones.

2 x 400 (alternando cuatro ciclos de braza en la superficie y cuatro ciclos de braza subacuática)

Una de sus series favoritas de velocidad era 8 x 50 con un tiempo de salida de 1 min, durante la que trataba de mantener tiempos equivalentes al que deseaba registrar durante los últimos 50 m de su prueba de 200 m. Para simular las condiciones de la carrera, normalmente realizaba esta serie al final de la sesión de entrenamiento cuando estaba fatigado.

La puesta a punto de Mike tenía 2 semanas de duración, pero seguía realizando un entrenamiento muy intenso hasta 8 días antes de los Juegos Olímpicos. La tabla 15.23 presenta ejemplos de cuatro días diferentes de entrenamiento: uno a principios de la temporada, uno a mediados, uno al principio y uno en medio de la puesta a punto.

Mike hacía de 30 a 60 min de entrenamiento en seco 6 días a la semana durante el período más intenso de su entrenamiento. No levantaba pesas. En su lugar, utilizaba elásticos y un circuito intenso con el balón medicinal combinado con saltos de cuclillas y estiramientos. El volumen y la duración de su entrenamiento en seco disminuyeron hasta 2 días por semana y 30 min por día 3 semanas antes del comienzo de los Juegos Olímpicos. Su última sesión de entrenamiento en seco la realizó 8 días antes de su prueba olímpica.

Tabla 15.23. Muestras de sesiones de entrenamiento diarias de Mike Barrowman

Jueves 14 de mayo de 1992 (11 semanas antes del comienzo de los Juegos Olímpicos)	
MAÑANA	**TARDE**
Entrenamiento en seco: 60 min 400 E.I. 10 x 400/libres/30 s descanso 16 x 25/:35 sin respirar en cada segundo 25 Recuperación 200 Total = 5.000 yardas	Calentamiento de 400 200 patada de braza (alternando 25 realizando la patada con la pierna derecha, la pierna izquierda y ambas y 25 patada con ambas piernas) 200 braza sólo brazos (alternando 25 yardas con la cabeza saliendo del agua y 25 yardas con 4 brazadas y 4 brazadas subacuáticas) 4 x 100 E.I./1:30 + 100 suave 8 x 50 braza/1:00 + 100 suave 4 x 75 braza/1:15 (sólo brazos, sólo piernas, completa por 25) 4 x 100 braza/1:40 (sólo brazos 25, sólo piernas 25, completa 50) 10 x 150 braza/2:15 (sólo brazos, sólo piernas completa por 50) 4 x 75 braza /1:15 (sólo brazos, sólo piernas, completa por 25) + 100 suave 400 a escoger con aletas + 100 suave 2 x 100 braza/1:40 (25 sólo brazos, 25 sólo piernas, 50 completa) 2 x 150 braza/2:15 (sólo brazos, sólo piernas, completa por 50) 3 x 300 braza/4:15 (sólo brazos, sólo piernas, completa por 100) 2 x 150 braza/2:15 (sólo brazos, sólo piernas, completa por 50) 2 x 100 braza/1:40 (sólo brazos 25, sólo piernas 25, completa 50) + 100 suave 8 x 50 braza/1 a la velocidad de las 200 yardas Recuperación 600 Total = 7.900 yardas

Tabla 15.23. Muestras de sesiones de entrenamiento diarias de Mike Barrowman (continuación)

Martes, 23 de junio de 1992 (5 semanas antes del comienzo de los Juegos Olímpicos)

MAÑANA	TARDE
Entrenamiento en seco: 50 min 400 patada de braza (25 suave, 25 rápido) 10 x 150 E.I./2:00 (25 mariposa, 75 espalda, 50 libres) + 100 suave 10 x 100 patada de braza/1:45 + 100 suave 8 x 50 braza sólo brazos/1:00 + 100 suave 4 x 200 E.I./3:00 (25 mariposa, 25 espalda, 125 braza y 25 libres) + 100 suave 3 x 400 braza/5:45 (1 y 2 son braza sólo brazos, 4 brazadas subacuáticas y 4 en la superficie, 3 es braza completa) Recuperación 400 Total = 6.900 yardas	4 x 200 (50 libres, 50 patada de braza, 50 mariposa, 50 a elegir) 400 a elegir, 200 mariposa (1-1-2) 8 x 50 espalda/libres:45 200 patada de braza, 200 brazos de braza, 100 suave. 5 x 4 x 50 (1ª serie patada de braza con tiempo de salida de 1:00, 2ª serie braza sólo brazos con tiempo de salida de 0:55, 3ª serie braza, 3 patadas + 1 brazada con tiempo de salida de 0:55, 4ª serie braza 2 patadas + 1 brazada con tiempo de salida de 0:50, 5ª serie braza completa con tiempo de salida de 0:50) 200 braza + 50 suave 200 nadar suave 200 mariposa (1-1-2) 8 x 50 sólo piernas, no braza/1:00 + 100 suave 8 x 100 libres con aletas/1:20 + 100 suave 2 x 400 braza/5:45 (4 brazadas subacuáticas y 4 en la superficie) + 100 suave 8 x 50 braza/1:00 a la velocidad de las 200 + 100 suave 1 x 100 braza al 100% (25 sólo brazos, 25 patada, 50 completa) Recuperación 400 Total = 6.200 yardas

Martes 21 de julio de 1992 (8 días antes del comienzo de los Juegos Olímpicos)

MAÑANA	TARDE
Calentamiento 800 800 braza (alternando 100 sólo piernas con 100 sólo brazos) 4 x 50 braza/1:30 (alternar 4 patadas subacuáticas con 4 brazadas en la superficie al 95-100% esfuerzo) + 100 suave 2 x 200 E.I./3:00 + 100 suave 4 x 25 ejercicio/:30 + 50 suave 4 x 100 libres/1:30 + 100 suave 8 x 50/1:00 (25 mariposa sin respirar, 25 espalda + 50 suave) Recuperación 400 Total = 3.900 yardas	Calentamiento 400 200 mariposa (1-1-2) 400 patada de braza (25 pierna derecha, pierna izquierda, ambas y 25 patada con ambas) 200 espalda/libres por 25 4 x 75 braza/1:15 (25 sólo brazos, 25 sólo piernas, 25 completa) 4 x 100 braza/1:40 (25 sólo brazos, 25 sólo piernas, 50 completa) 2 x 150 braza/2:15 (50 sólo brazos, 50 sólo piernas, 50 completa) 4 x 100 braza/1:40 (25 sólo brazos, 25 sólo piernas, 50 completa) 4 x 75 braza/1:15 (25 sólo brazos, 25 sólo piernas, 25 completa) + 100 suave 400 a elegir con aletas

Tabla 15.23. Muestras de sesiones de entrenamiento diarias de Mike Barrowman (continuación)

Martes 21 de julio de 1992 (8 días antes del comienzo de los Juegos Olímpicos)	
MAÑANA	**TARDE**
	8 x 50 braza/1:00 (25 patada subacuática, 25 brazada en la superficie) 8 x 50 braza/1:00 (25 brazada subacuática, 25 brazada en la superficie) 8 x 50 braza/1:00 (4 brazadas subacuáticas, 1 en la superficie) 200 suave 100 braza (25 m, 4 brazadas subacuáticas, 1 en la superficie, 25 m sólo brazos en la superficie, 15 m 4 brazadas subacuáticas y 1 en la superficie, 25 m completa) Recuperación 600 Total = 5.500 yardas
Sábado 25 de julio de 1992 (4 días antes de los Juegos Olímpicos)	
MAÑANA	**TARDE**
Calentamiento 400 200 E.I. (25 sólo piernas, 25 sólo brazos) 200 mariposa (1-1-2) 400 (75 espalda suave y 25 mariposa rápido) 200 patada de braza 400 libres (75 suave, 25 rápido) 8 x 25 braza brazadas subacuáticas Recuperación 800 Total = 3.200 yardas	Calentamiento 800 400 patada de braza (alternar 50 con 10 patadas suave y 5 rápido con 200 patada de braza) (50 patada suave) 400 braza sólo brazos (alternar 10 brazadas suaves con 5 rápidas) 200 a elegir 4 x 50 braza/1:15 (alternar 3 patadas de braza subacuáticas con 2 en la superficie) 400 a elegir 2 x 100 braza/2:00 (alternar cuatro brazadas subacuáticas con 4 brazadas en la superficie a 90-95% esfuerzo) Recuperación 400 Total = 3.000 yardas

Adaptada de Nagy, 1994.

Sugerencias adicionales para el

entrenamiento de los nadadores de espalda, mariposa y braza

Dado que muchas de las adaptaciones de entrenamiento que mejoran la resistencia y la velocidad residen en las fibras musculares, los nadadores deben entrenarse en su estilo principal durante un período significativo de tiempo a lo largo de la temporada. Por consiguiente, deben realizar más de la mitad de su kilometraje de entrenamiento en su especialidad durante la segunda mitad de la temporada, entrenando todos los sistemas energéticos. Los nadadores pueden nadar a estilo libre durante muchas pero no todas las series de resistencia básica porque las adaptaciones circulatorias y respiratorias que resultan de dicho entrenamiento serán beneficiosas para todos los demás estilos. Definitivamente deben nadar la mayoría de las series de repeticiones de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga, y la mayor parte del entrenamiento de velocidad y a la velocidad competitiva y las series de potencia en su estilo o estilos principales, porque las adaptaciones que buscan de estas formas de entrenamiento residen principalmente en las fibras musculares que utilizan en ellas. Además, casi todo el kilometraje realizado con sólo piernas debe ser con su estilo principal. El objetivo de las siguientes secciones es proporcionar algunas sugerencias para hacer más efectivo el entrenamiento de los nadadores de mariposa, espalda y braza.

El entrenamiento de los espaldistas

Los espaldistas deben invertir una buena cantidad de tiempo en mejorar tanto la resistencia como la velocidad de su batido realizando series especiales de resistencia básica sólo con las piernas. La necesidad de tener un batido eficaz de espalda está confirmada por el hecho de que casi todos los espaldistas de nivel mundial utilizan el batido de seis tiempos en sus competiciones en lugar de los ritmos de dos o cuatro tiempos utilizados por muchos nadadores de estilo libre. El batido probablemente contribuye más a la propulsión en espalda que en estilo libre porque la posición supina del nadador permite un

movimiento ascendente propulsor más largo.

Los espaldistas no necesitan realizar un gran volumen de series de velocidad con sólo piernas. La velocidad requerida por los velocistas nadando el estilo completo necesita un fuerte batido, de forma que el entrenamiento de por sí solo debe ser suficiente para mejorar la potencia aeróbica de los músculos de las piernas. Pero los espaldistas deben utilizar algunas series de velocidad sólo piernas para mejorar su técnica y por lo tanto la velocidad del batido. Una o dos de dichas series por semana deben ser suficientes. Mejorar la técnica del batido es por supuesto una manera productiva de incrementar la velocidad.

Los espaldistas actuales también necesitan pasar una gran parte de su tiempo mejorando la velocidad de sus batidos de delfín subacuáticos y su capacidad de recorrer una mayor distancia por debajo del agua en cada largo de sus pruebas. El ejercicio con gomas descrito en el capítulo anterior dedicado al estilo de espalda es excelente para mejorar la capacidad de los espaldistas para recorrer una mayor distancia por debajo del agua realizando el batido subacuático. Deben utilizar este ejercicio al principio de la temporada para acondicionarse para recorrer por lo menos la mitad del largo de la piscina debajo del agua. Unas repeticiones de velocidad de 50 m de máxima calidad con descansos largos también son buenas para estos fines. Los nadadores pueden realizar estas repeticiones de velocidad de varias formas. Un método es recorrer el largo completo de 50 m debajo del agua con sólo piernas. Otro método que es factible en piscinas cortas es recorrer 15 m de cada largo debajo del agua utilizando sólo las piernas y luego subir sólo para el viraje y la llegada.

Los bracistas también deben utilizar ejercicios de velocidad con sólo piernas debajo del agua para mejorar su técnica del batido de delfín subacuático. Unas tomas de tiempo de 12,5 y 25 yardas debajo del agua son excelentes para este fin. Utilizar aletas y monoaletas en algunas de estas repeticiones es también una manera productiva e interesante de mejorar la técnica del batido de delfín subacuático. Las aletas ayudan a los nadadores a perfeccionar la técnica de la *oscilación* rápida que es esencial para un batido de delfín subacuático efectivo.

Entrenar a los mariposistas

Un batido propulsor es igualmente importante para los mariposistas. Por consiguiente, las sugerencias para mejorar el batido de los espaldistas también se aplican al entrenamiento de los mariposistas. Tienen que tener una buena resistencia aeróbica en los músculos de las piernas que pueden desarrollar con una combinación de repeticiones de resistencia básica y al nivel del umbral realizadas sólo con las piernas. También necesitan realizar algunas repeticiones de velocidad sólo piernas haciendo hincapié en una buena técnica. Los mariposistas pueden utilizar losmismos ejercicios mencionados para este fin en conexión con el estilo de espalda para mejorar la velocidad de su batido. Por supuesto, los mariposistas deben utilizar el batido de delfín en la mayoría de sus ejercicios de piernas.

Los mariposistas que realizan el batido de delfín subacuático durante la mayor parte de sus pruebas también necesitan mejorar su capacidad de mantener un potente batido subacuático durante una mayor proporción del largo. Deben utilizar los ejercicios mencionados en conexión con el batido de delfín sub acuático para el estilo de espalda para lograr este objetivo.

Los nadadores de mariposa necesitan realizar algún entrenamiento de resistencia en su estilo principal porque es la única manera de asegurarse de que mejoren la capacidad aeróbica de todas las fibras musculares que utilizan cuando nadan con este estilo en sus pruebas. Por supuesto, los mariposistas pueden permitirse realizar un gran porcentaje de su entrenamiento de resistencia básica con otros estilos, particularmente el estilo libre, porque este entrenamiento creará adaptaciones circulatorias y respiratorias que aumentarán la provisión de oxígeno a sus músculos tan eficazmente como nadar mariposa. La implicación de las fibras musculares en nadar mariposa es también tan similar a la del estilo libre que nadar este último estilo mejorará la capacidad aeróbica de muchas de las fibras utilizadas en el primero. No obstante, los mariposistas que se especializan en la prueba de 200 m necesitan nadar algunas series de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga en su estilo principal para asegurarse de que entrenen todas las

fibras musculares que utilizan en sus pruebas.

Las series de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga pueden ser un poco más cortas que normalmente, quizá de 800 a 1.600 m o yardas para las series de resistencia al nivel del umbral y de 600 a 1.200 m o yardas para las con sobrecarga. También deben tomar un poco más de descanso que el normal entre las repeticiones de estas series para que puedan mantener una buena mecánica. Los períodos de descanso deben ser de entre 20 y 40 s en las repeticiones de 50 a 100 m o yardas y hasta 60 s para las de 200 a 400 m o yardas. Los nadadores deben probablemente nadar una o dos de estas series especializadas de mariposa cada semana a principios de la temporada y de dos a cuatro más tarde en la misma. En la mayoría de los casos, el entrenamiento de mariposa a la velocidad competitiva puede reemplazar el entrenamiento de resistencia con sobrecarga más tarde en la temporada.

Los nadadores que se especializan en las pruebas más cortas de mariposa no necesitarán realizar tanto entrenamiento de resistencia. Deben nadar con su estilo principal durante la mayor parte de sus repeticiones de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva. Todos los nadadores de mariposa deben nadar la mayor parte de sus series de producción de lactato y de potencia en su estilo principal.

Muchos entrenadores y nadadores han notado que el entrenamiento de resistencia para mariposa causa defectos en la mecánica de algunos nadadores. Estos defectos ocurren porque el coste energético de nadar a mariposa es mayor que nadar estilo libre y espalda a velocidades lentas y rápidas. Se requiere más energía porque las fluctuaciones en la velocidad de avance durante cada ciclo de mariposa son mayores que las del estilo libre y espalda.

La velocidad de avance de incluso los mariposistas excelentes disminuye considerablemente durante cada ciclo de brazada. Desacelerarán hasta 1,0 m/s durante la recuperación de los brazos y una cantidad similar durante el intervalo entre el final del movimiento descendente del primer batido de delfín y el momento en que empiezan a acelerar el cuerpo hacia delante con la brazada. En cambio, los nadadores de estilo libre y espalda desaceleran mucho menos durante el ciclo de brazada, normalmente no más de 0,2 a 0,3

m/s. Los nadadores de mariposa deben proporcionar bastante energía para causar una aceleración importante hacia delante dos veces durante cada ciclo de brazada, aumentando el coste energético por encima del de los nadadores de estilo libre y de espalda, incluso a velocidades relativas similares. En gran parte por esta razón, los mariposistas producen más ácido láctico y tienen frecuencias cardíacas más altas que los nadadores de estilo libre y de espalda a velocidades que representan el mismo nivel de esfuerzo en los tres estilos. Por lo tanto, es más probable que el entrenamiento de resistencia en mariposa cause un sobreentrenamiento que un entrenamiento similar en estilo libre o espalda. Quiero sugerir algunas maneras de realizar el entrenamiento de resistencia en mariposa sin que sufra la mecánica de brazada de los nadadores.

Un método es nadar mariposa con aletas. Otro es nadar un ejercicio de 1-1-2, en el que los nadadores realizan un número predeterminado de brazadas de mariposa, digamos dos, con el brazo derecho, el mismo número con el brazo izquierdo y un número igual con ambos brazos. Un tercer método es utilizar un ejercicio de avanzar por debajo del agua utilizando el batido de delfín y nadar en la superficie, en el que los nadadores realizan dos o tres batidos de delfín subacuáticos seguidos de dos o tres brazadas en la superficie del agua a lo largo de la piscina. Un cuarto método es nadar series descendentes, utilizando el estilo libre para la mayor parte de la misma y luego cambiando a mariposa en las repeticiones rápidas cerca del final. Al avanzar la temporada, el nadador siempre debe trabajar con el objetivo de nadar más de la distancia total de estas series utilizando el estilo de mariposa completo.

Por muy bien que programen el entrenamiento los entrenadores y los nadadores, se puede producir un cierto grado de deterioro de la técnica durante las series de resistencia de mariposa. Principalmente, los nadadores tenderán a relajar el batido de delfín, ondular menos, deslizar una corta distancia después de la entrada de los brazos en el agua y dejar caer los codos. Esta pérdida de forma no debe causar problemas mecánicos serios si se toman ciertas precauciones. Al hacerse más experimentados y habilidosos, los mariposistas podrán realizar más entrenamiento de resistencia de mariposa sin dañar su mecánica. Unos pocos defectos que aparecen ocasionalmente en el entrenamiento no dañarán permanentemente una técnica

que ha sido grabada durante muchas temporadas de un buen entrenamiento. Nadar mariposa hasta el punto de volverla ineficaz puede incluso ser beneficioso de alguna manera, particularmente si los nadadores se concentran en tratar de mantener una buena mecánica al fatigarse. La técnica de brazada de los nadadores a menudo se deteriora de la misma forma tanto durante las competiciones como durante el entrenamiento de resistencia de mariposa. Posiblemente podrán mantener una técnica eficaz en las competiciones si se concentran en mantener una buena mecánica de brazada durante las series de entrenamiento y aprenden a hacerlo mejor. Dicho esto, debería advertir que los mariposistas que parecen empeorar en lugar de mejorar en mantener una buena mecánica durante las carreras pueden estar exagerando el entrenamiento de resistencia en mariposa. Un nadador que experimenta este problema debe reducir temporalmente el volumen de entrenamiento de resistencia en este estilo.

Entrenar a los bracistas

Todo lo que he dicho en relación con la importancia que tiene nadar el estilo principal en el entrenamiento se aplica también a los bracistas, quizás aún más que a los otros, porque braza es el estilo más diferente de los otros tres estilos competitivos.

Por supuesto, los bracistas pueden nadar otros estilos durante el entrenamiento de resistencia básica por las razones afirmadas anteriormente. La natación de resistencia básica en otros estilos puede mejorar la función respiratoria y circulatoria tan bien como nadar a braza. No obstante, los bracistas deben nadar del 50% al 75% de su kilometraje total a braza para mejorar la capacidad aeróbica y la potencia anaeróbica de todas las fibras musculares implicadas en este estilo. Pero los bracistas no pueden y no deben utilizar el estilo completo para todo este kilometraje. La magnitud de la aceleración y la desaceleración de la velocidad de avance son mayores en braza que en cualquier otro estilo. La velocidad de avance puede disminuir hasta 2 m/s durante la recuperación de las piernas, después de lo cual los bracistas necesitarán readquirir toda esta velocidad al empujar las piernas

hacia atrás. Evidentemente el esfuerzo de hacerlo será considerable, de manera que los bracistas, al igual que los mariposistas, producirán más ácido láctico y tendrán una frecuencia cardíaca mayor que los nadadores de estilo libre y de espalda a velocidades que representan el mismo nivel relativo de esfuerzo. Por consiguiente, los bracistas no deben nadar el estilo completo demasiado a menudo durante las largas series de resistencia básica o al nivel del umbral.

El procedimiento que algunos entrenadores de éxito han utilizado para mejorar la capacidad de los bracistas es separar las series de resistencia básica en series alternas de sólo piernas, sólo brazos y estilo completo. Las fluctuaciones de la velocidad no son tan grandes cuando se utilizan sólo los brazos, de manera que dichas series proporcionan algún descanso. La descripción del programa de entrenamiento de Mike Barrowman presenta ejemplos de este procedimiento.

Los bracistas que se especializan en la prueba de 200 m pueden y deben nadar algunas series de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga utilizando su estilo principal. Por supuesto, también deben nadar a braza durante la mayoría de sus series a la velocidad competitiva. Los que se especializan en las distancias más cortas deben evitar largas series continuas de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga. En lugar de éstas deben reducir muchas de sus series de resistencia básica hasta las velocidades correspondientes al umbral y a la sobrecarga para proporcionar un estímulo de entrenamiento para sus fibras musculares de contracción rápida sin hacerles perder velocidad ni potencia.

Los entrenadores no pueden esperar que los bracistas naden con tiempos muy parecidos a sus mejores marcas en las series al nivel del umbral y con sobrecarga, al igual que los nadadores de otros estilos. A causa de las grandes fluctuaciones de velocidad inherentes en su ciclo de brazada, generalmente tendrán unas velocidades de entrenamiento correspondientes al umbral anaeróbico más lentas comparadas con sus mejores tiempos y generalmente nadarán con una frecuencia cardíaca más baja y un menor porcentaje de esfuerzo durante las series al nivel del umbral. Por lo tanto, dichas series deben ser un poco más cortas que las recomendadas para los nadadores de estilo libre y espalda, y los intervalos de descanso deben ser ligeramente más

largos para retrasar la fatiga y mantener la integridad de la técnica desde el principio hasta el fin.

Todo lo que dije sobre la importancia del batido para los nadadores de espalda y mariposa vale el doble o el triple para los de braza. Los bracistas deben practicar la patada a lo largo de muchos metros o yardas cada día. Aunque esta recomendación puede ser buena desde un punto de vista fisiológico, lograrlo es a menudo difícil a causa del estrés impuesto sobre las rodillas. Desafortunadamente, el potencial de lesionar los tejidos blandos de las rodillas hace que sea necesario aplicar el kilometraje realizado con sólo piernas del bracista con la doble consideración de mejorar la resistencia de las piernas e impedir daños en las rodillas. Por esta razón, estos nadadores no deben realizar un gran volumen de natación de resistencia a braza y series de resistencia sólo piernas en la misma sesión de entrenamiento. Alternar la patada de braza o la natación con las repeticiones de sólo brazos durante las largas series de resistencia básica proporcionará un período de descanso periódico para las rodillas del nadador y reducirá el estrés impuesto sobre ellas.

Los bracistas deben realizar la mayor parte de sus repeticiones de sólo piernas a la velocidad de la resistencia básica. Braza es un estilo dominado por las piernas comparada con los otros tres estilos, que están dominados por los brazos. Por lo tanto, los bracistas realizan tanto trabajo con las piernas como con los brazos, si no más, cuando nadan con el estilo completo. Por consiguiente, no necesitan realizar la patada a las velocidades al nivel del umbral o con sobrecarga para mejorar la capacidad aeróbica de los músculos de contracción rápida de sus piernas. No obstante, deben descender sus velocidades a los niveles del umbral o de sobrecarga regularmente cerca del final, cuando realizan series de resistencia básica de sólo piernas.

Los bracistas no necesitan realizar un gran volumen de repeticiones de velocidad de sólo piernas por la razón mencionada en el párrafo anterior. Sus piernas recibirán un estímulo de entrenamiento adecuado cuando nadan con el estilo completo durante las repeticiones de velocidad porque la patada es muy relevante para el estilo.

Hacer sólo piernas con una tabla es una buena manera para que los

bracistas entrenen sus piernas, pero no deben utilizarla como su método exclusivo. Deben hacer algunas series de sólo piernas sin tabla para practicar adoptar una posición hidrodinámica con los brazos, cabeza y tronco por debajo del agua mientras realizan la patada, al igual que cuando realizan el estilo completo.

Como afirmé anteriormente, los bracistas suelen favorecer las piernas cuando nadan con el estilo completo. Por lo tanto, deben dedicar una gran parte de su kilometraje de entrenamiento de resistencia a series de sólo brazos. Los nadadores que se especializan en la prueba de 200 m braza deben realizar estas series de sólo brazos en combinaciones de resistencia básica, resistencia al nivel del umbral y resistencia con sobrecarga. Los bracistas que se especializan en la prueba de 100 m quieren mantener un alto grado de velocidad y potencia en sus brazos, de manera que deben realizar la mayor parte de su entrenamiento de resistencia en series descendentes en las que la mayor parte del kilometraje es a la velocidad de la resistencia básica.

Nadar a braza con velocidad debe proporcionar bastante estímulo para mejorar la potencia anaeróbica y la capacidad amortiguadora de los músculos de los brazos. No obstante, ciertos bracistas deben realizar algunas series de velocidad de sólo brazos si no los están utilizando plenamente cuando compiten.

Se debe desaconsejar el uso del batido de delfín cuando se nada con sólo brazos, excepto en los ejercicios de técnica y sincronización. Los nadadores no deben utilizar el batido de delfín cuando el objetivo de la serie de sólo brazos es mejorar la capacidad aeróbica o la potencia aeróbica de los brazos. Los bracistas con una brazada débil pueden compensar dejando que el batido realice la mayor parte del trabajo en dichas repeticiones. Así, el estímulo de entrenamiento sobre los músculos de los brazos puede permanecer siendo demasiado bajo para lograr una adaptación óptima de cualquier tipo.

Nadar a braza con sólo los brazos no es la única manera de que los nadadores puedan mejorar la brazada. La primera mitad de la brazada de mariposa es similar a la fase propulsora de la brazada de braza. Por lo tanto, nadar a mariposa es un buen complemento a nadar a braza sólo con los brazos y proporciona una diversidad de entrenamiento.

Entrenar para la prueba de estilos individual

Los nadadores de estilos individual deben pasar una gran cantidad de tiempo perfeccionando la técnica de los cuatro estilos competitivos. Desde un punto de vista fisiológico, los nadadores de estas pruebas deben también pasar una gran cantidad de tiempo nadando estos cuatro estilos en su entrenamiento, realizando varios niveles diferentes de entrenamiento de resistencia y de velocidad para cada estilo. Sin embargo, no necesitan hacer tanto hincapié en cada nivel de entrenamiento para cada estilo. Las demandas metabólicas para cada uno de ellos son un poco diferentes a causa de su orden en la prueba. La tabla 15.24 enumera los tipos de entrenamiento más importantes que deben incluirse en el programa de los nadadores de 400 E.I. y 200 E.I.

Diseñar las series de repeticiones para el entrenamiento de la prueba de estilos individual

A menudo se utilizan series de estilo mixto para entrenar a los especialistas de la prueba de estilos individual. El número de repeticiones de cada serie está dividido igualmente entre los cuatro estilos competitivos. Este método funciona bien para el entrenamiento de velocidad y a la velocidad competitiva, pero no es el mejor método para el entrenamiento de resistencia.

Un entrenamiento equilibrado no proporciona un estímulo continuo de suficiente duración para mejorar la utilización del oxígeno por las fibras musculares usadas en ciertos estilos pero en otros no. Por esta razón, aconsejo a los especialistas de la prueba de estilos individual que naden series de resistencia más largas, continuas en cada uno de los últimos estilos de la

prueba de estilos individual (espalda, braza y estilo libre). Cada serie de repeticiones para un estilo particular debe ser de 800 a 2.000 m. Los nadadores deben realizar la mayoría de estas series a la velocidad de la resistencia básica, pero deben descenderlas regularmente a la velocidad de la resistencia con sobrecarga durante los últimos 300 a 600 m para que puedan mejorar también la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida. Deben realizar series descendentes de este tipo regularmente durante la primera parte de la temporada. Los nadadores que se especializan en los 200 m estilos individual deben continuar entrenándose de esta forma durante toda la temporada para no perder demasiada potencia aeróbica. Los nadadores de estilos individual que se especializan en los 400 m deben gradualmente nadar más de sus series de espalda, braza y estilo libre a la velocidad de la resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga durante la parte media de la temporada para optimizar su resistencia en estos estilos.

REQUISITOS DE ENTRENAMIENTO MÁS IMPORTANTES	MARIPOSA	ESPALDA	BRAZA	ESTILO LIBRE
400 E.I.	Re-1 Entrenamiento a la velocidad competitiva Entrenamiento de producción de lactato	Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Re-1 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva
200 E.I.	Entrenamiento de producción de lactato Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva

Tabla 15.24. Los requisitos del entrenamiento de los cuatro estilos de la prueba de estilos individual

REQUISITOS DE ENTRENAMIENTO MÁS IMPORTANTES	MARIPOSA	ESPALDA	BRAZA	ESTILO LIBRE
400 E.I.	Re-1 Entrenamiento a la velocidad competitiva Entrenamiento de producción de lactato	Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Re-1 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva
200 E.I.	Entrenamiento de producción de lactato Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva	Entrenamiento de producción de lactato Re-1 Re-2 Re-3 Entrenamiento a la velocidad competitiva

Los nadadores de la prueba de estilos individual no necesitan nadar con los cuatro estilos durante cada sesión de entrenamiento. En lugar de esto, deben alternar los días de la semana haciendo hincapié enciertos estilos para que puedan completar por lo menos dos series principales de resistencia para cada uno de los últimos tres estilos de la prueba antes del fin de semana.

Los especialistas en estilos individual deben concentrarse en mejorar su resistencia en el estilo o los estilos más débiles durante la primera mitad de la temporada incluyendo más entrenamiento en este estilo o estilos en su programa semanal. Recomiendo que los nadadores de E.I. de 200 m incluyan un entrenamiento adicional de producción de lactato para el estilo o los estilos más débiles durante la primera mitad de la temporada para mejorar su velocidad.

A pesar de lo que dije anteriormente, nadar series de repeticiones de estilo mixto es a veces una buena idea. Dichas repeticiones ayudan a los nadadores a mejorar su habilidad para cambiar de un estilo a otro sin perder su ritmo, y ayudan con la selección del ritmo apropiado durante las pruebas de E.I. Los nadadores deben incluir algunas series de repeticiones de E.I. en su

entrenamiento para ayudarles a perfeccionar sus virajes de transición de un estilo a otro.

Las series de repeticiones de estilo mixto también son útiles para ayudar a los nadadores a cambiar de un estilo a otro con una distribución igual de esfuerzo. Los intervalos de descanso entre estas repeticiones deben generalmente ser cortos, aunque pueden alargarse durante las repeticiones de estilo libre para animarles a nadar más rápidamente al final de las pruebas de E.I. Es importante hacer hincapié en nadar los primeros tres estilos aeróbicamente y el último anaeróbicamente.

Los nadadores que se especializan en estas pruebas también deben realizar algunas series de repeticiones en las que nadan una prueba de estilos individual parcial o completa durante cada repetición. Cuando realizan la prueba completa, deben realizar la mayoría de las series de repeticiones a las velocidades de sobrecarga y de velocidad para aprender a escoger el ritmo apropiado para cada fase de la prueba. Muchos nadadores suelen ir demasiado deprisa en sus mejores estilos con la noción equivocada de que crear una ventaja en este momento impedirá a los competidores alcanzarles cuando nadan con sus estilos más débiles. Otro error que cometen es nadar demasiado deprisa inmediatamente después de cambiar de estilos, para desacelerar más tarde cuando se dan cuenta de que el ritmo es demasiado rápido. Los nadadores de E.I. deben aprender a nadar la fase de mariposa de estas pruebas rápido y suave y luego mantener una distribución de esfuerzo durante los segmentos de espalda y braza para que la tasa de la acidosis no aumente demasiado pronto durante la prueba. El segmento de estilo libre debe ser el únicoen el que los nadadores tratan de alcanzar su velocidad máxima.

Dos métodos para diseñar las repeticiones para estilos individual se ajustan bien a mejorar la resistencia en los dos estilos intermedios mientras aumentan la velocidad en mariposa y la capacidad amortiguadora en estilo libre. El primero es aumentar la longitud de los segmentos de espalda y braza por encima de la de mariposa y estilo libre dentro de la repetición de estilos individual. Este método hará hincapié en la resistencia en los primeros dos estilos mencionados y en la velocidad en los dos últimos. El segundo método es nadar repeticiones que incluyan sólo una parte de la prueba completa de

estilos individual. Por ejemplo, los nadadores podrían realizar una serie de 8 x 250 repeticiones de la siguiente forma:

Nadar 4 x 250 (50 mariposa, 100 espalda, 100 braza)
Nadar 4 x 250 (100 espalda, 100 braza, 50 estilo libre)

El uso de las piernas durante las pruebas de estilos individual

Los nadadores de estilos individual necesitan desarrollar una fuerte patada de braza porque la mayoría tienen mayor debilidad en este estilo. Además de su efecto positivo sobre el segmento de braza en dicha prueba, una buena patada de braza permitirá a los nadadores descansar los brazos un poco para el segmento de estilo libre que viene a continuación. Por supuesto, una buena técnica de piernas es una ventaja en todos los estilos, pero para los nadadores de estilos individual es más importante en braza que en cualquier otro. El batido de estilo libre es segundo en importancia para estos nadadores porque deben poder utilizar el estilo de seis tiempos durante este segmento de la prueba. Los nadadores de E.I., particularmente los que se especializan en la distancia de 400 m, no deben realizar un batido muy fuerte en los segmentos de mariposa y espalda para que puedan conservar energía.

Los programas de entrenamiento de destacados nadadores de la prueba de estilos individual

Los programas de entrenamiento de Tom Dolan y Summer Sanders, que

competían ambos en las pruebas de E.I. de 200 y 400 m, son ejemplos de excelentes programas para nadadores de E.I.

Tom Dolan

Tom Dolan (Urbanchek, 1998) fue medalla de oro en los 400 m E.I. en los Juegos Olímpicos de 1996 y 2000. También ganó la medalla de plata en los 200 m E.I. en los Juegos Olímpicos de 2000. Su registro de 4:11,76 en los 400 m E.I. en los Juegos Olímpicos de 2000 estableció un nuevo récord mundial, batiendo su registro previo de 4:12,30. Su registro de 1:59,77 para los 200 m E.I. en los Juegos Olímpicos de 2000 estableció un nuevo récord estadounidense. El programa de entrenamiento de Tom antes de los Juegos Olímpicos de 1996 se repasa a continuación. Jon Urbanchek, de la Universidad de Michigan, y Rick Curl, del Curl-Burke Swim Club, dirigían su entrenamiento en varios momentos del año.

El volumen de entrenamiento de Tom variaba entre 75.000 y 85.000 m o yardas por semana. Se entrenaba 10 veces por semana. Las sesiones de entrenamiento se realizaban dos veces al día los lunes, martes, jueves y viernes, una vez el miércoles por la tarde y una vez el sábado por la mañana. La puesta a punto de Tom duraba 14 días. La tabla 15.25 presenta un programa de entrenamiento típico semanal. Generalmente se entrenaba en altura dos veces al año durante 3 semanas en diciembre y mayo.

Tabla 15.25. Ciclo semanal de entrenamiento de Tom Dolan

DÍA	MAÑANA	TARDE
Lunes	Natación aeróbica de intensidad baja a moderada, ejercicios de estilo libre sólo brazos y sólo piernas. 7.000 yardas	Entrenamiento al nivel del umbral. 10.000 yardas

Martes	Natación aeróbica de intensidad baja a moderada. Hincapié en braza. Sólo piernas con aletas, entrenamiento de velocidad asistido y resistido. 7.000 yardas.	Descanso activo. Hincapié en braza. 9.000 yardas
Miércoles	Libre	Serie de $\dot{V}O2$ máx o serie de resistencia descendente. 8.000 yardas.
Jueves	Natación aeróbica de intensidad baja a moderada. Ejercicios sólo piernas con aletas, entrenamiento hipóxico. 7.000 yardas.	Entrenamiento al nivel del umbral. 9.000 yardas
Viernes	Natación aeróbica de intensidad baja a moderada. Hincapié en espalda. Patada de braza, entrenamiento de velocidad asistido y resistido. 7.000 yardas.	Descanso activo. Hincapié en espalda. 8.000 yardas
Sábado	Entrenamiento de VO_2 máx o de tolerancia al lactato. 8.000 yardas	Libre

Adaptada de Urbanchek, 1998.

En general se dedicaban las sesiones matinales de la semana al entrenamiento de resistencia básica en forma de nadar estilo completo, sólo piernas y sólo brazos. La sesión de lunes por la mañana hacía hincapié en los ejercicios de estilo libre sólo piernas y sólo brazos. Las sesiones matinales de martes y viernes se concentraban en los estilos de braza y espalda. A menudo, Tom realizaba 2.000 m sólo piernas a braza también estos días. No utilizaba

una tabla. También realizaba combinaciones de entrenamiento de velocidad asistido y resistido en todos los estilos durante esta sesión. Un ejemplo de su entrenamiento de velocidad era nadar una serie de 50 yardas, saliendo contra la resistencia de las gomas durante las primeras 25 y volviendo siendo tirado por las gomas durante las segundas 25. Tenía la mañana del miércoleslibre. El jueves por la mañana Tom hacía sólo brazos estilo libre a la velocidad de la resistencia básica, ejercicios de sólo piernas y entrenamiento hipóxico. Generalmente nadaba una serie de velocidad de alta calidad los sábados por la mañana. Por ejemplo, podía hacer 6 x 100 con un tiempo de salida de 8 min, normalmente nadando varios estilos durante la serie.

Tom nadaba largas series al nivel del umbral las tardes de lunes y jueves. Dichas series duraban entre 50 y 60 min. Normalmente, Tom las nadaba a estilo libre aunque a veces utilizaba una mezcla de estilos. Se le indicaba que mantuviera su frecuencia cardíaca entre 150 y 180 lpm en estas series, y sus períodos de descanso entre repeticiones eran muy cortos, normalmente de 10 a 15 s. Se le pedía que nadase a una intensidad más alta el jueves por la tarde que el lunes por la mañana, de manera que sus tiempos de salida eran más largos para permitirle hacerlo. Dichos tiempos de salida generalmente le permitían un descanso de 20 a 30 s entre las repeticiones.

Tabla 15.26. Una muestra de una semana de las series principales de entrenamiento de Tom Dolan*

Lunes tarde Al nivel del umbral	4 × 100 a elegir/1:40, descender 1-4, 1 × 400 E.I./5:30, 4 × 100 libres/1:20 a velocidad moderada, 1 × 400 libres/4:40 a la velocidad al nivel del umbral anaeróbico. Repetir esta serie tres veces más, nadando mariposa para el primer segmento de la serie número 2, espalda para el número 3 y braza el número 4. Se tenía que descender los 400 E.I. de 90% a esfuerzo máximo
Martes tarde Descanso	6 × 50 mariposa suave/:45 + 150/2:00 (100 espalda + 50 braza). 6 × 50 espalda suave/:45 +

activo	150/2:00 (100 braza + 50 libres). 6 × 50 braza suave/:50 + 150 libres/2:00, 4 × (50 libres suave + 50 mariposa rápido). 4 × (50 libres suave + 50 espalda rápido). 4 × (50 libres suave + 50 braza rápido). 4 × (50 libres + 50 libres rápido)
Miércoles $\dot{V}O_2$ máx	100 mariposa/2:00 desde el poyete, 2 × 100 espalda/2, 3 × 100 braza/2, 4 × 100 libres/2, nadar 300 suave. Repetir serie 2 veces más
Jueves	2 × 400 libres/4:40 a velocidad moderada, 4 × 200 libres/2:30 a velocidad al nivel del umbral, 8 × 100 libres/1:20 más rápido que velocidad umbral. Repetir esta serie
Viernes Descanso activo	6 × (100 espalda + 100 suave). Descender 1-3 a velocidad de 400 E.I. 6 × (2 × 50 espalda/:40 + 100 suave). Descender 1-3 a velocidad de 400 E.I. 6 × (100 espalda/braza + 100 suave). Descender 1-3 a velocidad de 400 E.I.. 6 × (100 braza/libres + 100 suave). Descender 1-3 a velocidad de 400 E.I
Sábado	6 × 200/8:00 (número 1 mariposa, número 2 espalda, número 3 braza, número 4-6 estilo libre). Repetir serie. 8 × 50/1 (2 de cada estilo en orden de E.I.)
*Todo el entrenamiento era en yardas en piscina corta.	

Adaptada de Urbanchek, 1998.

Su entrenamiento para las tardes de martes y viernes se describía como descanso activo. Las series de repeticiones que realizaba eran combinaciones de largas distancias a velocidad de baja a moderada intercaladas con repeticiones o series de repeticiones cortas y rápidas. Se hacía hincapié en las repeticiones de braza los martes y en las de espalda el viernes por la tarde.

Su entrenamiento el miércoles por la mañana constaba de una serie de $\dot{V}O_2$máx o una serie de repeticiones descendente que incluía todos los niveles de natación de la resistencia desde lenta hasta muy rápida. Tom realizaba todos los estilos en esta serie. La tabla 15.26 proporciona un ejemplo de una semana del entrenamiento de Tom por las tardes. También incluye su sesión principal de alta intensidad el sábado por la mañana.

Summer Sanders

Summer Sanders (Quick, 1994) fue medalla de oro en los 200 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1992. También estableció un récord estadounidense para los 200 E.I. con un registro de 2:11,91. Ganó la medalla de plata en los 200 E.I. en los Juegos Olímpicos de 1992. Richard Quick de la Universidad de Stanford era su entrenador.

Summer se entrenaba todo el año. Su entrenamiento se dividía en dos temporadas, una temporada de piscina corta y una de piscina olímpica. Utilizaba el siguiente programa para las 26 semanas que precedían las eliminatorias para escoger el equipo olímpico estadounidense.

Su temporada de piscina corta constaba de cinco partes. La primera era una fase preparatoria en la que se entrenaba en altura durante 4 semanas. El entrenamiento estaba formado principalmente por la natación de resistencia a intensidad de baja a moderada. Se entrenaba 9 veces por semana nadando entre 6.000 y 7.000 m por sesión de entrenamiento al final de dicho período.

La próxima fase de la temporada, que duraba 7 semanas, se definía como una fase para establecer la base aeróbica general. Nadaba 10 veces por

semana. El objetivo del entrenamiento era mejorar su capacidad aeróbica. Por esta razón, la mayor parte del entrenamiento estaba orientada hacia la resistencia con descansos cortos. Se presenta a continuación un ejemplo de dos series de entrenamiento para esta fase de la temporada.

Serie número 1

1 x 400 libres, 1 x 400 E.I., 1 x 400 espalda, 1 x 400 E.I., 1 x 400 braza

1 x 400 E.I., 1 x 400 a elegir, 1 x 400 E.I. Se tomaba de 15 a 20 s de descanso después de cada 400

Serie número 2

3 x 200 sólo brazos, 4 x 150 (50 espalda, 50 braza, 50 libres), 5 x 100 libres

6 x 50 (2 mariposa, 2 espalda, 2 braza). Repetía esta serie tres veces. Se tomaba 10 s de descanso después de cada repetición

El entrenamiento de resistencia representaba entre el 70% y el 80% de su kilometraje total. El restante 20% al 30% se dedicaba al entrenamiento de velocidad. Summer hacía todos los esfuerzos posibles para mantener su capacidad de obtener su velocidad máxima durante este período. Para lograr este fin nadaba series de velocidad similares a las siguientes tres o cuatro veces por semana.

16 x 50/1 (25 suave + 25 rápido utilizando todos los estilos)

6 x 50/1:30 a la velocidad competitiva, 2 s por 50

La siguiente fase era para el entrenamiento de resistencia específica, aunque también incluía un volumen considerable de entrenamiento de velocidad. Las proporciones para esta fase de 5 semanas eran aproximadamente 60% de resistencia y 40% de velocidad. El número de sesiones de entrenamiento semanales se redujo a nueve durante este período. Summer tenía las mañanas de martes y jueves libres. Una serie de repeticiones de resistencia típica de este período era similar a la que se

presenta a continuación:

1 x 100 libres con un 80% de esfuerzo, 1 x 100 (50 mariposa, 50 espalda, parcial negativo), 1 x 100 libres con un 80% de esfuerzo, 1 x 100 (50 espalda, 50 braza, parcial negativo), 1 x 100 libres con un 80% de esfuerzo, 1 x 100 (50 braza/50 libres, parcial negativo), 1 x 100 libres con un 80% de esfuerzo, 1 x 200 E.I. con esfuerzo máximo. Se tomaba 10 s de descanso entre las repeticiones de 100.

Se presentan a continuación ejemplos de sus series de repeticiones de velocidad:

20 x 20 yardas, 20 s descanso, sin respirar

20 x 20 yardas, 15 s descanso, respirando según necesidades

10 x 20 yardas, 40 s descanso, esfuerzo máximo, todos los estilos

El siguiente período fue diseñado para mejorar la velocidad máxima específica. Durante este período de 4 semanas, el entrenamiento era aproximadamente 50% resistencia y 50% velocidad. Summer seguía entrenándose 9 veces por semana. Las tardes de martes y jueves se convirtieron en sesiones de entrenamiento de recuperación para descansar del entrenamiento intenso de los lunes, miércoles y viernes.

La fase final fue el período de puesta a punto, que duró también 4 semanas. La tabla 15.27 resume la preparación de Summer para las eliminatorias estadounidenses para los Juegos Olímpicos.

Summer también realizaba entrenamientos en circuito en seco y en el agua. El circuito en el agua empezaba en la séptima semana de la temporada e incluíauna variedad de procedimientos relacionados con el entrenamiento de velocidad. Uno era una combinación de entrenamiento de velocidad asistido y resistido. Summer utilizaba gomas para nadar 20 x 50 con un tiempo de salida de 1 min. Se entrenaba nadando en contra de la resistencia de las gomas 25 metros y luego volvía nadando con la ayuda de las gomas los siguientes 25 metros. Más tarde en la temporada esta serie se convirtió en 4 x

6 x 25 con un tiempo de salida de 1 min. Realizaba el entrenamiento de velocidad resistido en las repeticiones impares y asistido en las pares.

Tabla 15.27. Las fases del entrenamiento de Summer Sanders previas

FASE	SEMANAS	EXPLICACIÓN
Preparación	4	Nueve sesiones de entrenamiento cada una de 6.000-7.000 m. La mayor parte del entrenamiento estaba enfocado a prepararla para un entrenamiento más intenso más adelante
General aeróbica	7	Diez sesiones de entrenamiento por semana. El objetivo era mejorar la capacidad aeróbica mientras mantenía la velocidad. Se introdujo el entrenamiento en circuito en el agua durante este período. Las proporciones de entrenamiento eran del 70% al 80% aeróbico y del 20% al 30% anaeróbico
Específica aeróbica y base anaeróbica	5	Nueve sesiones de entrenamiento por semana. Un entrenamiento de resistencia más intensa en todos los estilos. Se incluyó también un volumen considerable de entrenamiento de velocidad durante esta fase. Las proporciones del entrenamiento eran 60% aeróbico y 40% anaeróbico. El objetivo era aumentar la resistencia muscular aeróbica específica

Entrenamiento anaeróbico y de velocidad	4	Nueve sesiones de entrenamiento por semana. Se introdujeron dos tardes de recuperación. El objetivo era aumentar la resistencia anaeróbica muscular específica y la potencia anaeróbica. Las proporciones del entrenamiento eran 50% aeróbico y 50% anaeróbico
Puesta a punto	4	

Adaptada de Quick, 1994.

La “Power Rack” era otra estación en el circuito del agua. Summer avanzaba nadando por la piscina hasta elevar las pesas arriba del todo y luego seguía nadando durante unos segundos. Nadaba 7 x 12 a 15 s contra resistencia y luego 7 x 6 a 8 s contra resistencia.

También realizaba ejercicios de piernas verticales como parte del circuito. Sujetaba una pesa contra elpecho mientras realizaba patadas con las piernas durante determinado tiempo, tales como 15, 30, 45 y 60 s. Descansaba 15 s después de cada esfuerzo. En otra estación hacía series de 5 x 3 x 100 con aletas “zoomers” con un tiempo de salida de 1:15.

Summer levantaba pesas tres veces por semana, avanzando desde ejercicios diseñados para aumentar su fuerza a los que tenían como objetivo incrementar su potencia muscular. Tres días a la semana realizaba un entrenamiento en circuito en seco, que incluía ejercicios calisténicos, saltar a la comba, ejercicios abdominales, flexiones de brazos en una barra y ejercicios con el balón medicinal. Summer completaba el circuito de seis estaciones tres veces. Pasaba 2 min en cada estación haciendo 1 min de ejercicio con 15 s descanso y luego 30 s de ejercicio seguido de 15 s de descanso al pasar a la siguiente estación.

16

El seguimiento del entrenamiento

La administración efectiva de un programa de entrenamiento de la natación requiere un seguimiento preciso de los cambios tanto en el rendimiento aeróbico como en el anaeróbico de los nadadores para determinar si están mejorando, y si no lo están, detectar las causas. Además, es importante hacer un seguimiento de las velocidades de entrenamiento con precisión para que produzcan el efecto deseado. Actualmente, el análisis de sangre es el método más preciso para realizar el seguimiento del entrenamiento del que disponen los entrenadores y los nadadores. Sin embargo, este procedimiento no está exento de problemas. Además, la mayoría de los entrenadores no tienen el equipamiento, los fondos, el tiempo ni la pericia para utilizar los análisis de sangre para estos fines. Por esta razón, se necesitan otros procedimientos incruentos para realizar el seguimiento del entrenamiento. Los métodos alternativos implican nadar series de repeticiones estandarizadas, medir la frecuencia cardíaca y evaluar el esfuerzo percibido (EEP). En este capítulo presentaré estos procedimientos para hacer un seguimiento del entrenamiento, además de algunos comúnmente utilizados que no son precisos y que deben descartarse.

Los análisis de sangre

Muchas personas consideran la medición del consumo de oxígeno como el método más preciso para realizar el seguimiento del entrenamiento. Este procedimiento requiere equipamientos caros, una cierta pericia científica y formación. Por consiguiente, en los años setenta, el Dr. Alois Mader propuso el análisis de sangre como alternativa a la medición del consumo de oxígeno (Mader, Heck y Hollmann, 1976). Hasta la fecha, este método es el mejor procedimiento disponible que se puede utilizar al lado de la piscina para medir los efec-tos aeróbicos y anaeróbicos del entrenamiento. Se puede aprender mucho de los análisis de sangre sobre la respuesta de los nadadores al entrenamiento, incluso aquellos que nunca pretenden tomar muestras de sangre. Por esta razón, en las siguientes secciones describiré cómo los análisis de sangre pueden utilizarse para el seguimiento del entrenamiento de los nadadores. Sin embargo, primero describiré la base fisiológica del procedimiento.

La base fisiológica del análisis de sangre

La premisa en que se basa el análisis de sangre es que aumentos de lactato en la sangre reflejan aumentos del ácido láctico en los músculos. Gran parte del ácido láctico producido durante el ejercicio tanto se difunde como se transporta fuera de los músculos a la sangre. Por lo tanto, el grado de metabolismo anaeróbico en los músculos puede inferirse del contenido de ácido láctico en la sangre.

La velocidad más rápida a la que la tasa de entrada de ácido láctico en la sangre y la tasa de su salida quedan equilibradas se ha propuesto como el umbral anaeróbico, o más precisamente el umbral del lactato. Esta velocidad es la más rápida que un nadador puede mantener sin que ocurra una acidosis

elevada en los músculos. A lo largo del tiempo, si la concentración de lactato sanguíneo producido por una velocidad dada de natación disminuía, se suponía que se producía menos en los músculos, que se eliminaba más de ellos o que había ocurrido alguna combinación de estos dos efectos deseables de entrenamiento. Como resultado, el nadador podría alcanzar una mayor velocidad sin producir una acidosis, y su rendimiento mejoraría.

Como la otra cara de la moneda, un aumento del lactato sanguíneo a una velocidad dada de natación se tomaba como señal de que el metabolismo aeróbico se había deteriorado y que se estaba produciendo más ácido láctico en los músculos. El nadador experimentaría una acidosis a velocidades menores, y su rendimiento empeoraría.

Los resultados de varias investigaciones sugieren que las concentraciones de ácido láctico sanguíneo son indicadoras de concentraciones de ácido láctico en los músculos de niveles de hasta 4 a 5 mmol/l. A las intensidades de ejercicio que provocan concentraciones mayores de lactato sanguíneo, la tasa de acumulación de lactato en la sangre es probablemente más lenta que la tasa de acumulación en los músculos (Jacobs y Kaiser, 1982; Jorfeldt, Juhlin-Dannfelt y Karlsson, 1978; Robergs *et al.*, 1989). Sea como fuere, la evidencia demuestra que un aumento rápido del lactato sanguíneo señala una acumulación de ácido láctico mucho más rápido en los músculos. Por lo tanto, parece razonable suponer que una acumulación rápida de ácido láctico indica que un nadador ha superado la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico.

La medición real del ácido láctico muscular durante el ejercicio sería evidentemente más precisa. Sin embargo, tales mediciones no son prácticas porque el ácido láctico en los músculos puede medirse sólo mediante la extirpación de una pequeñísima muestra de tejido muscular durante una pausa en el ejercicio. El tejido debe ser congelado inmediatamente y analizado posteriormente. El gasto y la pericia necesarios para realizar este procedimiento impiden su utilización generalizada por los entrenadores. Por esta razón, las mediciones de lactato sanguíneo representan el mejor medio disponible para inferir la relación entre el metabolismo aeróbico y anaeróbico en los músculos durante el ejercicio.

Los umbrales aeróbico y anaeróbico

Uno de los usos principales de los análisis de sangre es identificar los umbrales aeróbico y anaeróbico. Determinar las velocidades de natación que corresponden a estos umbrales puede servir para dos propósitos. Primero, dichas determinaciones proporcionan una buena estimación del rango óptimo de velocidades que pueden utilizarse para el entrenamiento de resistencia. Segundo, la identificación de los umbrales puede ser útil para evaluar cambios en la capacidad aeróbica. Específicamente, la resistencia probablemente ha mejorado si el nadador puede alcanzar una mayor velocidad a su umbral individual aeróbico o anaeróbico. Dichos umbrales se expresan generalmente mediante la velocidad de natación a la que ocurren. Para facilitar la comunicación normalmente se convierten en un tiempo por 100 yardas o por 100 m, según el tipo de piscina en la que se realizan los análisis de sangre. Los procedimientos utilizados para convertir las velocidades de natación en tiempos de natación se presentarán más adelante en la figura 16.15.

El método para determinar el umbral anaeróbico mediante la medición del consumo de oxígeno ha llegado a conocerse como el *umbral respiratorio*. Se han propuesto varios términos para designar el umbral anaeróbico medido con un análisis de sangre. Todos utilizan la palabra lactato en lugar de anaeróbico como parte del nombre para hacer hincapié en el hecho de que se trata de una medición de la respuesta del lactato sanguíneo al ejercicio. Algunos de los términos más populares dados a este concepto han sido *aparición de la acumulación de lactato sanguínea* (OBLA en sus siglas inglesas) (Sjodin y Jacobs, 1981), *umbral láctico* (Ivy *et al.*, 1980), *punto de inflexión del lactato* (DiVico *et al.*, 1989) y *estado estable máximo de lactato* (MAXLASS en sus siglas inglesas) (Griess et al. 1988). De estos, el estado estable máximo de lactato es probablemente el más descriptivo. No obstante, seguiré utilizando el término *umbral anaeróbico* cuando me refiera a este fenómeno porque se ha arraigado fuertemente en el léxico de la terminología del entrenamiento.

El gráfico presentado en la figura 16.1 ilustra lo que significa el término *umbral anaeróbico* cuando se determina por análisis de sangre. Un gráfico muestra la relación entre las concentraciones de lactato sanguíneo y la velocidad de natación de un nadador que intentó realizar tres repeticiones de 30 min a una velocidad cada vez mayor. Estas velocidades variaban desde 1,36 m/s (1:14 para los 100 m) hasta 1:42 m/s (1:10 para los 100 m). Obsérvese que el nadador pudo mantener un nivel constante de ácido láctico en sus músculos hasta la velocidad de natación de 1,40 m/s. En la siguiente velocidad más rápida, 1,42 m/s, el ácido láctico aumentó considerablemente desde el inicio de la repetición, produciendo una acidosis que hizo que el nadador fuera incapaz de mantener la velocidad prescrita después de 20 min. Los resultados demostraron que el umbral anaeróbico de este nadador, o la velocidad máxima a la que la tasa de producción de lactato en los músculos y la tasa de su eliminación estaban en equilibrio, estaba entre la velocidad de natación de 1,40 m/s (1:11 para los 100 m) y 1,42 m/s (1:10 para los 100 m).

El método que acabo de describir, aunque es excelente para estimar la velocidad de natación que corresponde al umbral anaeróbico, es demasiado lento y difícil para ser de uso práctico. Por consiguiente, se han desarrollado diferentes métodos para estimar la localización del umbral anaeróbico que son más fáciles de administrar. Estos métodos implican un ejercicio graduado, o un procedimiento escalonado. Describiré uno de los más comunes de estos protocolos escalonados para el análisis de sangre en la próxima sección.

Procedimientos para realizar un análisis de sangre

La mayoría de los análisis de sangre implican nadar una serie de repeticiones a una velocidad cada vez mayor. Se recoge una pequeña muestra de san-gre (de 3 a 25 µl) de la oreja o de la yema del dedo después de cada repetición y se coloca en un aparato que mide la cantidad de ácido láctico que hay en ella.

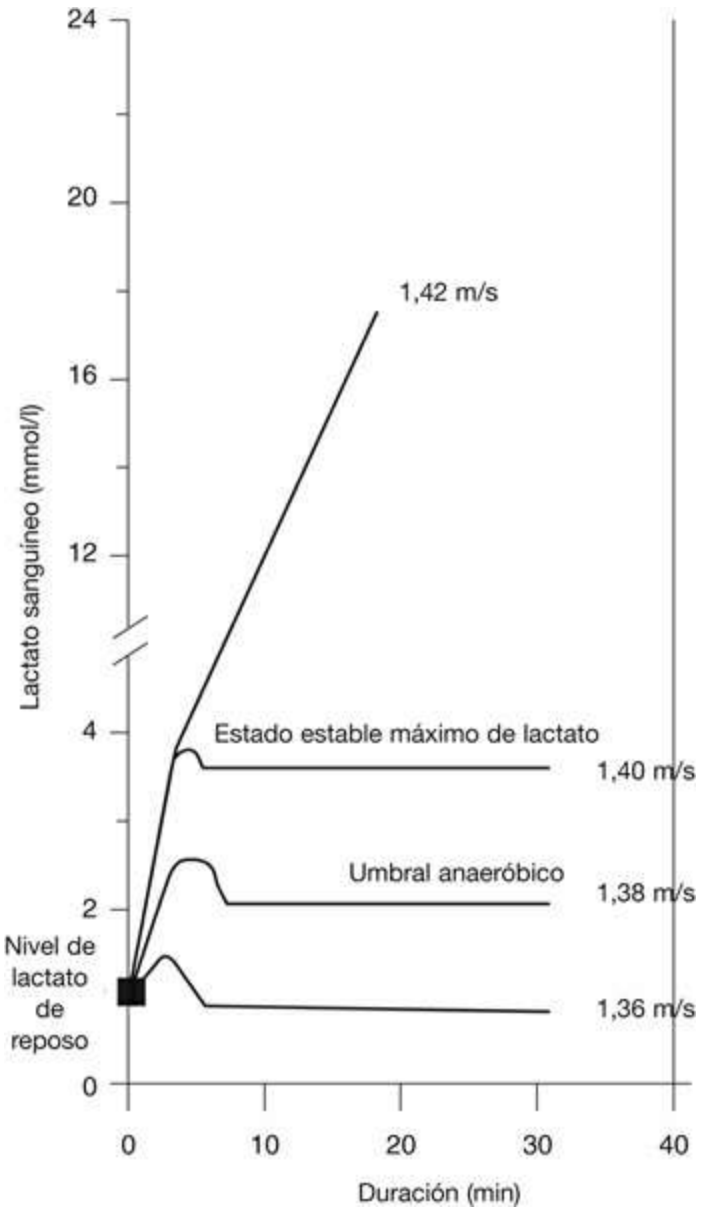


Figura 16.1. La relación entre las concentraciones de lactato sanguíneo y la velocidad de natación para un nadador que intentó tres repeticiones de 30 min a velocidades cada vez mayores.

Se han desarrollado varios aparatos que medirán rápida y precisamente la cantidad de ácido láctico en estas pequeñas muestras. La figura 16.2 muestra uno de éstos, un analizador portátil de lactato Accus-port^{TM}. Se deposita la gota de sangre en una pequeña tira que luego se inserta en el analizador

Accus-port. El valor del lactato aparece en la pantalla al cabo de 1 min.

Figura 16.2. Un analizador portátil Accusport. Este aparato determinará, mediante procedimientos fotoópticos, el contenido de lactato de una pequeña muestra de sangre al minuto de insertar una tira de prueba dentro del mismo.

El analizador portátil Accusport es fabricado por Roche Diagnostics, Mannheim, Alemania.

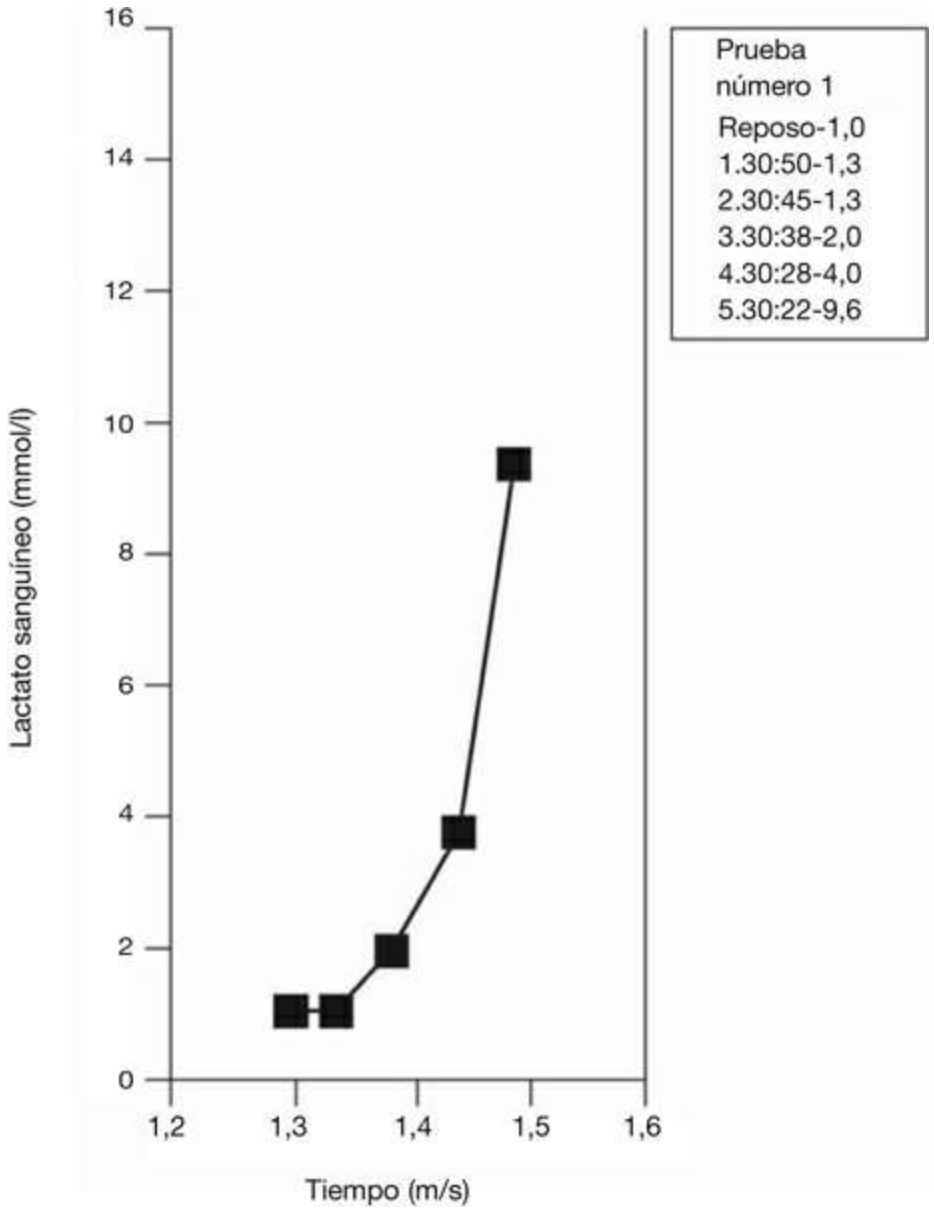


Figura 16.3. Los resultados de una prueba típica de análisis de sangre.

En la mayoría de los casos, las mediciones de lactato sanguíneo se representan en un gráfico como función de la velocidad de natación que los produjo para mostrar la respuesta del lactato sanguíneo del nadador. La línea que resulta de unir los puntos del gráfico se llama la curva de lactatovelocidad. El gráfico lactatovelocidad ilustrada en la figura 16.3 es un ejemplo de los resultados de una de estas pruebas.

En este protocolo particular se pidió al nadador que completase cinco repeticiones de 300 m con 1 min de descanso después de cada repetición. Se fijó el tiempo de la primera repetición de manera que el nadador pudiera hacerlo fácilmente. El tiempo para las siguientes cuatro repeticiones se redujo en aproximadamente 5 s y la última supuso un esfuerzo máximo. Se tomó una muestra de sangre en reposo después del calentamiento y antes de la primera repetición. El contenido de lactato en la muestra de reposo era de 1,0 mmol/l. Se tomaron muestras de sangre durante el período de descanso después de cada una de las primeras cuatro repeticiones. Luego se tomaron muestras múltiples de sangre al minuto y a los 3, 5, 7 y 9 min después de completar la quinta repetición para asegurar que se recogiese la concentración máxima de lactato sanguíneo para ésta. El ácido láctico sigue difundiéndose de los músculos a la sangre durante varios minutos después de esfuerzos máximos o cercanos a máximos hasta que haya un equilibrio entre los compartimientos. Después, el ácido láctico disminuirá porque la cantidad que sale de los músculos también se reduce.

Se enumeran los tiempos de estas repeticiones, en minutos y segundos, y las concentraciones de ácido láctico que produjeron a la derecha del gráfico para una referencia más fácil. Se han convertido los tiempos de natación en metros por segundo para facilitar la elaboración del gráfico. Este método presenta dos ventajas. La primera es que el gráfico tiene una orientación positiva, con un aumento del lactato sanguíneo acompañado de un aumento de la velocidad de natación. Si se representasen los tiempos de natación daría una orientación negativa, con un aumento del lactato sanguíneo con una reducción de los tiempos de natación. La segunda ventaja es que la velocidad asociada con cualquier concentración particular de lactato sanguíneo puede convertirse en un tiempo para cualquier distancia de natación.

No hubo un aumento del lactato sanguíneo entre la primera repetición y la segunda, a pesar del hecho de que el tiempo para la segunda era 5 s más rápido que el de la primera. Este resultado sugiere que no se estaba acumulando ácido láctico en los músculos del nadador. La mayor parte del piruvato que se había producido fue oxidado y eliminado de otra forma, mientras que la pequeña cantidad de ácido láctico que puede haber sido producida se eliminó de los músculos y de la sangre durante la repetición. Estos resultados sugieren que este nadador pudo nadar a una velocidad de

1,33 m/s (3:45) sin acumular una cantidad significativa de ácido láctico en la sangre. En otras palabras, el metabolismo aeróbico proporcionaba la mayor parte de la energía necesaria para nadar a esta velocidad.

El lactato sanguíneo aumentó entre la segunda y la cuarta repetición (de 1,3 a 4,0 mmol/l). Este aumento sugiere que se estaba acumulando un poco de ácido láctico en los músculos del nadador. El primer aumento significativo desde el nivel de reposo ocurrió durante la repetición número 3, con el lactato sanguíneo aumentando hasta 2,0 mmol/l al aumentar la velocidad de natación a 1,38 m/s (3:38). Este valor sugiere que un poco de ácido láctico se estaba acumulando en sus músculos a esta velocidad. Sin embargo, la tasa de acumulación era lenta como evidencia la pendiente de la curva entre las repeticiones número 2 y número 3. El tiempo del nadador mejoró en casi 12 s, pero su concentración de lactato sanguíneo sólo aumentó 1 mmol/l. Este resultado indica que el aumento de la acumulación de ácido láctico estaba totalmente dentro de la capacidad del nadador de provocarlo sin producir una acidosis intensa. La mayor parte del ácido láctico producido en sus músculos probablemente estaba siendo eliminada de ellos y oxidada en otras áreas del cuerpo, y la cantidad que se estaba acumulando estaba siendo amortiguada de manera que el pH muscular no estaba disminuyendo mucho. Probablemente producía ácido láctico a una tasa lenta porque todavía podía proporcionar la mayor parte de la energía que necesitaba para la contracción muscular mediante el metabolismo aeróbico. Aun así, el aumento gradual del lactato sanguíneo entre las repeticiones número 3 y 4 indica que se estaban sobrecargando el metabolismo aeróbico y los mecanismos de eliminación de lactato. Por lo tanto, este nadador debe poder mejorar ambos mecanismos entrenándose entre la velocidad de natación de la repetición número 2 y la de la repetición número 4.

La concentración de lactato sanguíneo del nadador aumentó de 5,0 a 9,6 mmol/l durante la quinta repetición, pero su tiempo para los 300 m mejoró sólo 6 s desde 3:28 a 3:22. La pendiente de la curva de velocidad por lo tanto aumenta rápidamente haciéndose lineal entre las repeticiones número 4 y número 5, sugiriendo que el ácido láctico muscular también estaba aumentando rápidamente. Por lo tanto, el metabolismo aeróbico no podía proporcionar mucha energía de la que se necesita a esta velocidad. Gran parte de ésta estaba siendo proporcionada anaeróbicamente, con el resultado de que

la tasa de producción de ácido láctico en los músculos estaba probablemente por encima de su tasa de eliminación. Probablemente, era inminente una acidosis elevada.

La relación entre los tiempos de natación y las varias medidas asociadas con los análisis de sangre, tales como los umbrales aeróbico y anaeróbico, se expresan generalmente en tiempo por 100 m, que se calcula dividiendo la distancia, 100 m, por la velocidad de natación en cualquiera de estos umbrales.

¡Advertencia! Realizar análisis de sangre puede ser peligroso

Todos somos conscientes de que la sangre puede portar el virus del SIDA y puede transmitirlo de una persona a otra. Por esta razón, los análisis de sangre deben ser realizados por personal sanitario y aun así bajo las condiciones más estrictas de higiene y seguridad. Se deben utilizar nuevas lancetas estériles cada vez que se recoge una muestra, y los nadadores deben limpiar sus manos con una gasa estéril después de cada prueba. Los administradores de los análisis deben llevar guantes de goma y limpiarlos con un desinfectante después de tomar cada muestra de sangre. Los que realizan los análisis también deben llevar guantes de goma cuando analizan las muestras y limpiar el equipamiento de análisis exhaustivamente después de utilizarlo. Todas las muestras de sangre deben desecharse en contenedores separados claramente etiquetados con la advertencia de que contienen productos peligrosos y contaminantes.

La interpretación de los resultados de los análisis de sangre

Cuatro partes de la curva lactatovelocidad típica proporcionan información importante sobre el nadador. Las primeras dos son puntos de referencia para la capacidad aeróbica, el umbral aeróbico y el umbral anaeróbico o de lactato, que ya se han descrito. El tercer punto de referencia es la concentración pico de lactato sanguíneo después de un esfuerzo máximo, y la cuarta parte de la curva se extiende desde el umbral anaeróbico hasta la concentración pico de lactato sanguíneo. En las próximas secciones presentaré cómo se localiza cada uno de estos puntos de referencia, empezando con el umbral aeróbico.

La localización del umbral aeróbico

La mayoría de los expertos consideran el umbral aeróbico como la velocidad a la que ocurre el primer aumento del lactato sanguíneo por encima del nivel de reposo, el primer así llamado *punto de inflexión* en la curva lactatovelocidad. En la figura 16.3 el primer punto de inflexión ocurrió durante la repetición número 3. Por lo tanto, el umbral aeróbico para este nadador estaba en algún punto entre una velocidad de 1,33 m/s (1:15 para 100 m) y 1,37 m/s (1:13 para 100 m). El umbral aeróbico es aproximadamente la velocidad mínima de entrenamiento que mejorará la resistencia aeróbica. El razonamiento en que se fundamenta esta creencia es que un aumento gradual de lactato sanguíneo a la velocidad del umbral aeróbico indica que se ha sobrecargado el proceso de metabolismo aeróbico.

Evidentemente, es difícil determinar la localización exacta del umbral aeróbico. Sugiero utilizar el primer aumento del lactato sanguíneo por encima de los niveles de reposo en lugar de algún nivel fijado de lactato sanguíneo o algún incremento fijado sobre el nivel de reposo para este fin. El mejor consejo para estimar precisamente la localización del umbral aeróbico es utilizar un protocolo graduado en el que las diferencias de tiempo son muy pequeñas entre las primeras repeticiones. Así se debe permitir que el analista determine la velocidad de natación a la que ocurre el primer aumento del lactato sanguíneo por encima del nivel de reposo dentro de un rango de 1 a 2 s por 100 m o yardas. El límite inferior de este rango sería la velocidad mínima para el entrenamiento de resistencia básica. Utilizando este método,

la velocidad correspondiente al umbral aeróbico sería de 1,33 m/s o una velocidad de natación de 1:15 para 100 m para el nadador analizado en la figura 16.3.

La localización del umbral anaeróbico

Se ha invertido mucho tiempo y esfuerzo intentando desarrollar métodos para estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico porque se utiliza mucho. Al igual que con respecto al umbral aeróbico, los miembros de la comunidad científica están en desacuerdo en cómo medirla y exactamente dónde se localiza en la curva de lactatovelocidad. Los métodos propuestos para localizar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico han incluido concentraciones determinadas de lactato sanguíneo, aumentos en el lactato sanguíneo por encima de algún nivel de base predeterminado, y los puntos de intersección entre los componentes horizontal y vertical de la curva lactatovelocidad. Sin embargo, la mayoría están de acuerdo en que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico está en algún punto de la parte curvilínea entre el umbral aeróbico y el punto en que la curva se vuelve lineal. El así llamado segundo punto de inflexión, donde la forma de la curva cambia de curvilínea a lineal, ocurre después de la repetición número 4 en la figura 16.3. Las siguientes secciones presentan algunos de los procedimientos más populares para determinar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico.

Concentraciones determinadas de lactato sanguíneo. En las décadas de los setenta y los ochenta muchas personas creían que una concentración determinada de lactato sanguíneo de 4 mmol/l representaba el umbral anaeróbico. La investigación ha demostrado que la mayoría de los deportistas podían mantener velocidades de entrenamiento que producían un nivel constante de lactato sanguíneo de 4 mmol/l durante aproximadamente 30 min. Pero este método no ha resultado ser muy preciso. Los expertos generalmente están de acuerdo en que una concentración determinada de lactato sanguíneo de 4 mmol/l sobreestima la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico para la mayoría de los deportistas entrenados en la

resistencia. Lo explican diversas razones. La más importante es que un nivel determinado de lactato sanguíneo no representa la misma relación entre el metabolismo aeróbico y anaeróbico en todos los deportistas. Para algunos nadadores de resistencia representa un nivel de esfuerzo muy intenso (Furian *et al.*, 1998). Estos nadadores pueden eliminar el ácido láctico de sus músculos y de su sangre tan eficazmente que pueden nadar a velocidades cercanas a la máxima antes de que su concentración de lactato sanguíneo llegue a 4 mmol/l. Por consiguiente, estarían nadando muy por encima de la intensidad a la que la tasa de entrada del lactato a la sangre y salida de ella están equilibradas si se entrenasen a velocidades que producen un lactato sanguíneo de 4 mmol/l. De hecho, para muchos de estos nadadores, el lactato puede estar acumulándose rápidamente en sus músculos cuando su concentración de lactato sanguíneo llegue a 4 mmol/l. Por consiguiente, una mejor elección para determinar la velocidad de entrenamiento de resistencia es utilizar uno de estos métodos para estimar el umbral anaeróbico individual.

Ningún único nivel de concentración de lactato sanguíneo puede identificar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. Por consiguiente, este método dio paso a otros procedimientos para localizar *el umbral anaeróbico individual* mediante la observación de la curva lactato-velocidad de un nadador particular. Se presentan a continuación dos métodos utilizados para este fin:

1. La localización del umbral en algún incremento de lactato sanguíneo por encima de una medida de base predeterminada.
2. La localización del umbral según un punto de intersección entre los componentes horizontal y vertical de la curva lactato-velocidad.

Las relaciones entre los umbrales anaeróbicos individuales y el rendimiento han sido generalmente más altas que las de umbrales determinados, de 2,0, 2,5 ó 4,0 mmol/l (Farrell *et al.*, 1979; Hagberg y Coyle, 1983). Las siguientes dos secciones presentarán estos procedimientos.

Aumentos de lactato por encima de una línea de base. Uno de los métodos

incluidos en esta categoría ha sido localizar el umbral anaeróbico a la velocidad en la que el lactato sanguíneo aumenta 1,0 mmol/l por encima de su nivel de reposo. Otro método lo localiza donde el lactato sanguíneo aumenta 1,0 mmol/l por encima del primer punto de inflexión apreciable en la curva de lactato-velocidad. Otro método lo coloca a una velocidad correspondiente a un aumento de 1,5 mmol/l por encima del primer punto de inflexión.

Los resultados de la prueba para analizar el lactato sanguíneo ilustrada en la figura 16.3 se han utilizado para estimar la localización del umbral anaeróbico con cada uno de estos tres métodos, y se muestran los resultados en la figura 16.4. Cada método determina una velocidad de natación diferente, variando desde 1,38 m/s (1:13 para los 100 m) para un aumento de 1,0 mmol/l por encima del nivel de reposo a 1,41 m/s (1:11 para los 100 m) para un aumento de 1,5 mmol/l por encima del primer punto de inflexión en la curva lactato-velocidad.

Ambos métodos utilizados para detectar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico, como los umbrales fijos, han demostrado una relación significativa con el rendimiento en pruebas de resistencia. Roecker y colaboradores (1998) encontraron correlaciones de 0,88 y 0,91 entre un umbral localizado en 1,5 mmol/l por encima del umbral aeróbico y rendimientos en las carreras de atletismo de 1.500 y 5.000 m. Pfitzinger y Freedson (1998) encontraron correlaciones de 0,96 y 0,97 entre las velocidades en las que el lactato sanguíneo aumentaba 1,0 mmol/l por encima del umbral aeróbico y otros métodos para localizar el umbral anaeróbico. Cuando se utilizó un aumento de 1,0 mmol/l por encima del nivel de re-poso, las correlaciones entre ésta y otras mediciones del umbral anaeróbico variaban de 0,90 a 0,96.

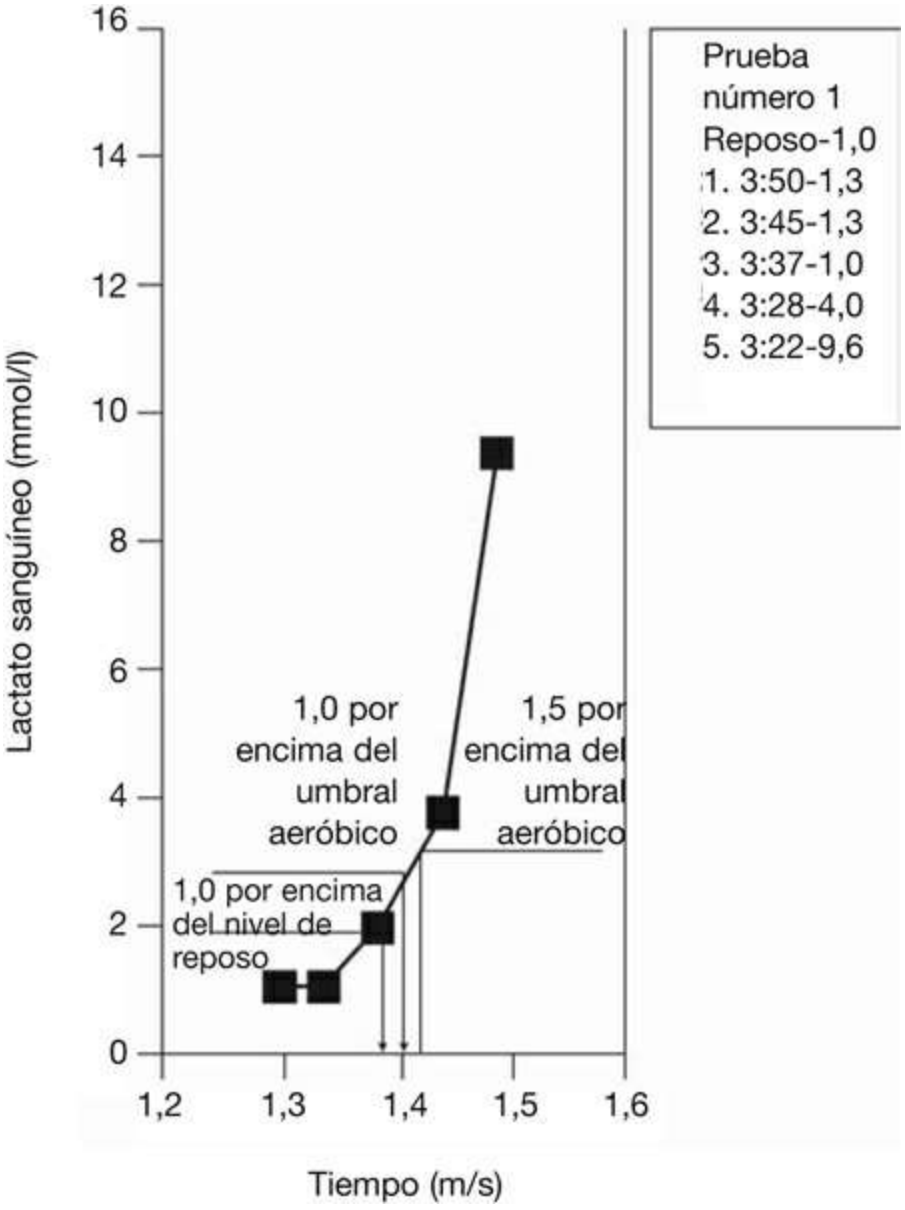


Figura 16.4. Varios métodos para localizar el umbral anaeróbico utilizando aumentos del lactato sanguíneo por encima de ciertos valores basales predeterminados.

Métodos que utilizan la intersección. El método más sencillo para determinar el umbral anaeróbico individual utilizando la intersección es localizar la velocidad en la que el aumento de la curva lactato-velocidad cambia de curvilínea a lineal. Como mencioné anteriormente, éste es el segundo punto de inflexión en la curva lactato-velocidad. Este punto de

inflexión ocurrió a una velocidad de 1,44 m/s (1:09 para 100 m) en la figura 16.3, que representa la velocidad más alta a la que el equilibrio entre la entrada de lactato y su eliminación de la sangre permanecerá en equilibrio durante un período razonable.

La representación gráfica de los resultados de la prueba para localizar la velocidad de natación que correspondería al segundo punto de inflexión no es ni siquiera necesaria. Los tiempos de natación y los niveles de lactato sanguíneo serían evidentes *a simple vista* para averiguar dónde el aumento de la tasa de lactato sanguíneo se vuelve sustancialmente mayor que la reducción de tiempo. Esto sería entre las repeticiones cuarta y quinta en la figura 16.3 porque el lactato sanguíneo aumentó 5,6 mmol/l mientras que el tiempo del nadador sólo mejoró 6 s.

Algunos expertos creen que el segundo punto de inflexión de la curva lactato-velocidad representa una velocidad que es demasiado rápida para ser el verdadero umbral anaeróbico porque está demasiado cerca del punto en que ocurre el desequilibrio. Un aumento rápido en la acumulación de lactato muscular puede ya haber empezado antes de que ocurra el aumento rápido del lactato sanguíneo. Por consiguiente, la velocidad de natación a la que el lactato sanguíneo empieza a acumularse rápidamente puede realmente estar por encima del umbral anaeróbico. El otro problema es que a menudo es difícil determinar con una precisión razonable el punto donde la forma de la curva lactato-velocidad cambia de curvilínea a lineal. Algunas curvas de lactato-velocidad permanecen algo curvilíneas a altas concentraciones de lactato sanguíneo. Otras muestran un aumento escalonado en la linealidad en concentraciones bajas de lactato sanguíneo, haciendo difícil determinar dónde empieza la verdadera linealidad. Por esta razón, hay otros procedimientos que utilizan la intersección que localizan el umbral anaeróbico un poco por debajo de este segundo punto de inflexión. Dichos procedimientos están basados en localizarlo en algún punto de la parte curvilínea de la curva lactato-velocidad entre el primer y el segundo punto de inflexión proyectando las partes horizontal y vertical de dicha curva a algún punto de intersección.

La figura 16.5 muestra el procedimiento más sencillo de éstos, al utilizar los resultados del análisis de sangre de la figura 16.3.

Obsérvese que en la figura 16.5 se ha extendido una línea recta a lo largo de la pendiente horizontal de la curva lactato-velocidad hasta que cruza otra línea recta dibujada a lo largo de la pendiente vertical de la curva. La velocidad de natación donde se cruzan se considera el umbral anaeróbico. En este caso, corresponde a una velocidad de natación de 1,44 m/s o 1:09 por 100 m.

Un segundo método de intersección utiliza la curva lactato-velocidad entera en lugar de utilizar simplemente la parte curvilínea, como muestra la figura 16.6.

Con este procedimiento, los puntos que corresponden a la primera y última repetición se unen para formar la letra D con la curva lactato-velocidad. Luego se extiende una línea desde el punto medio de la recta hacia el punto más lejano de la sección curvilínea de la curva de lactato-velocidad. La velocidad correspondiente al umbral anaeróbico corresponde al punto de intersección entre esta línea y la curva. Utilizando este procedimiento, la velocidad al umbral anaeróbico se determinó como 1,43 m/s, o 1:10 por 100 m. Este procedimiento para localizar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico se ha llamado el método *D-max* (Bishop, Jenkins y Mac-Kinnon, 1998). Muchos creen que es superior al anterior procedimiento de intersección porque utiliza una mayor parte de la curva lactato-velocidad.

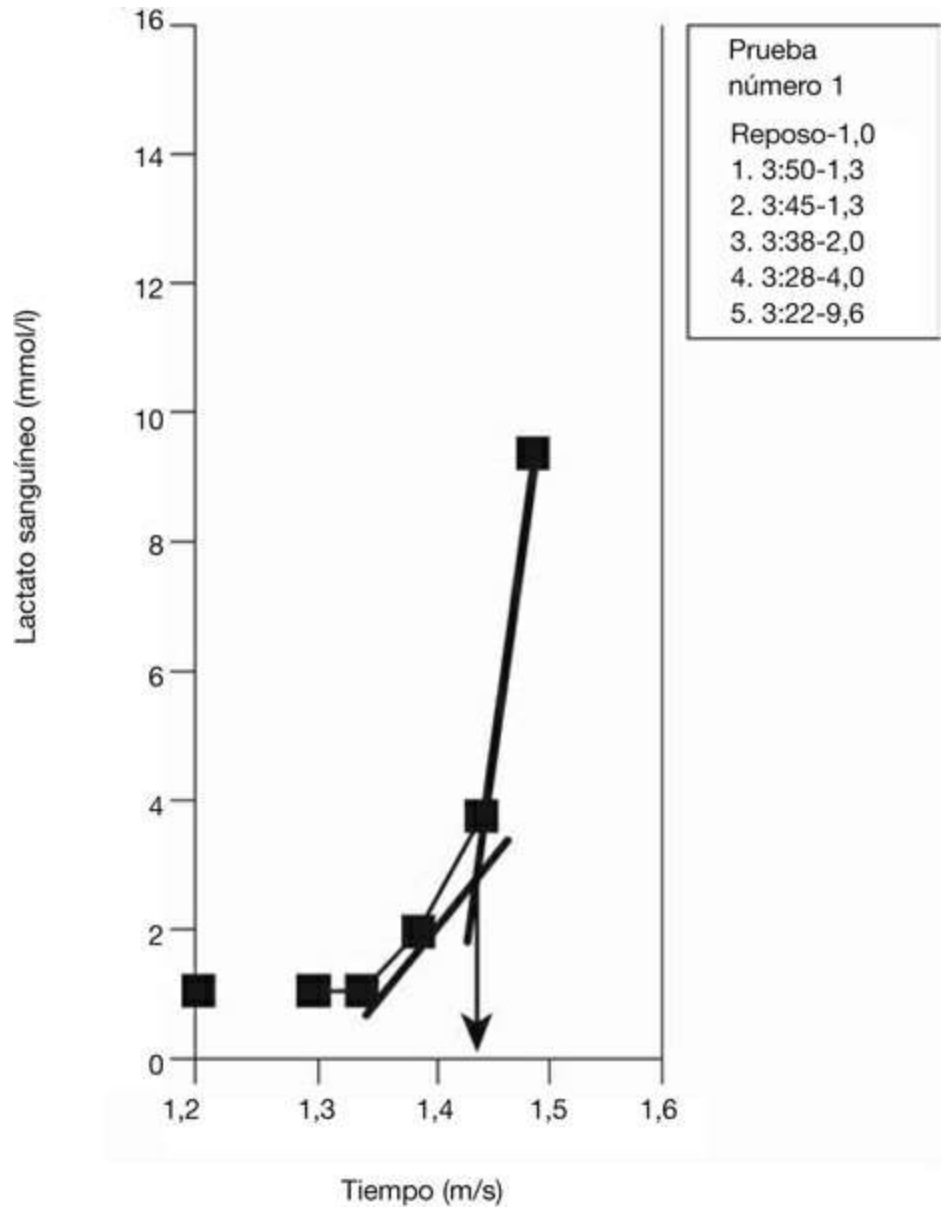


Figura 16.5. Un método sencillo para determinar la localización del umbral anaeróbico.

Una modificación del método D-max puede ser aún más precisa para localizar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico. En este método, se extiende la recta desde el punto más alto de la curva de lactato-velocidad hasta el punto en la curva donde se nota el primer aumento del lactato por encima del nivel de base del ejercicio. Luego se localiza la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de la misma manera que la

descrita para el procedi-miento D-max. Por razones obvias, este método ha sido llamado el *procedimiento D-max modificado*. Se ha utilizado con los nadadores del Instituto Australiano de Deporte. Se ilustra el procedimiento D-max modificado en la figura 16.7. La velocidad de natación correspondiente al umbral anaeróbico se determinó en 1,44 m/s o 1:09 para los 100 m con este procedimiento. Se cree que el procedimiento D-max modificado es superior a los otros métodos de intersección porque incluye sólo aquellas partes de la curva lactato-velocidad en las que ha ocurrido un aumento del lactato sanguíneo.

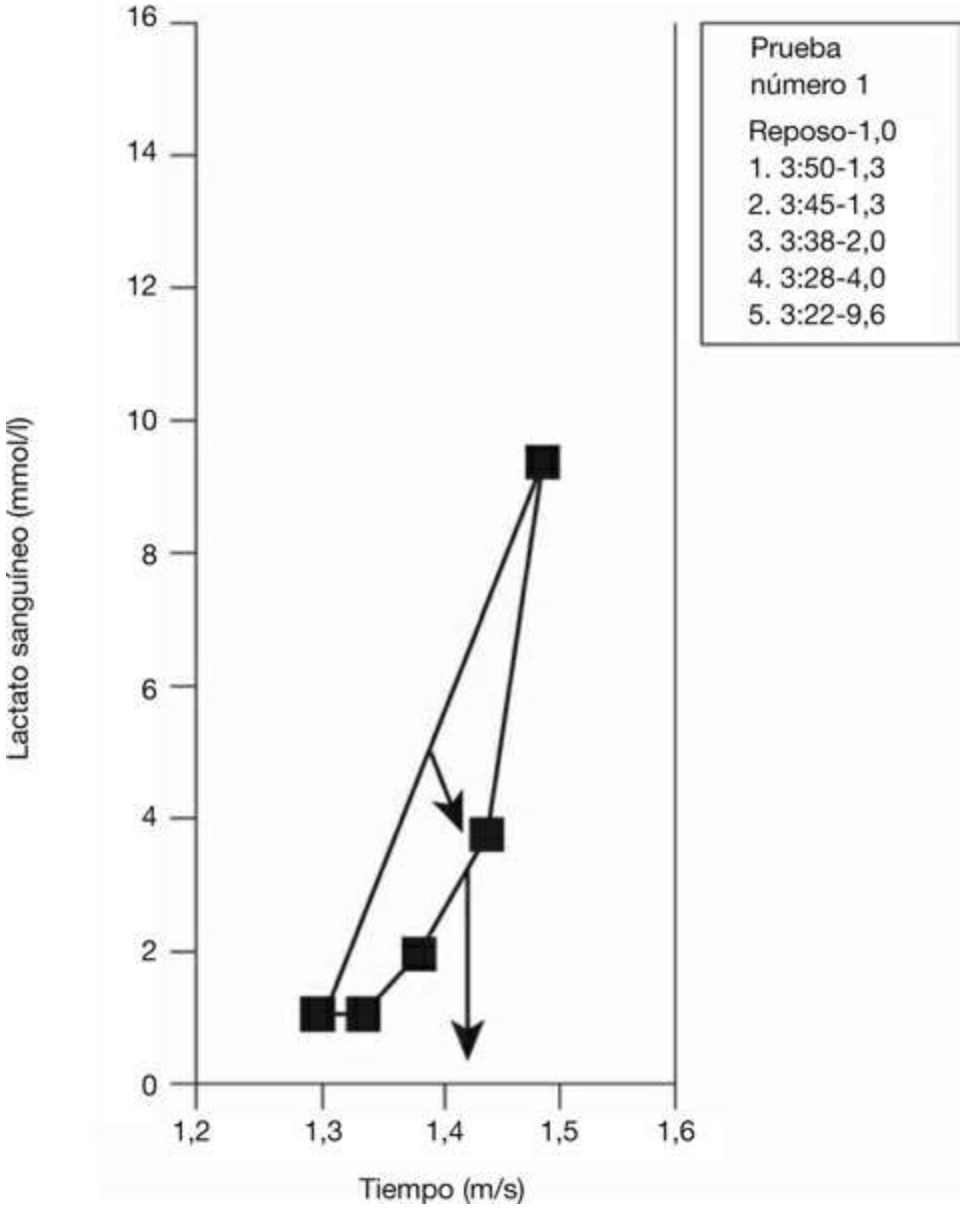


Figura 16.6. El método D-max para determinar la localización del umbral anaeróbico.

La prueba del nivel mínimo de lactato. El último procedimiento que quiero presentar para localizar el umbral anaeróbico es bastante diferente de los otros. Desarrollado por Griess (1988) y Tegtbur y colaboradores (1993) se ha llamado *la prueba del nivel mínimo de lactato*.

Con este procedimiento, los nadadores primero nadan dos repeticiones máximas de 50 m con un in-tervalo de reposo de 10 s después de la primera. El objetivo de estas repeticiones es producir una concentración muy alta de lactato sanguíneo. Se verifica que esto ha ocurrido tomando una muestra de sangre 8 min después de la segunda repetición. Después, los nadadores realizan una serie de cinco repeticiones de 300 m empezando a una velocidad lenta y nadando cada repetición siguiente 6 s más rápido que la anterior. Se toma una muestra de sangre que es analizada para ver el contenido de lactato después de cada repetición. Se muestran los resultados de una prueba del nivel mínimo de lactato en la figura 16.8.

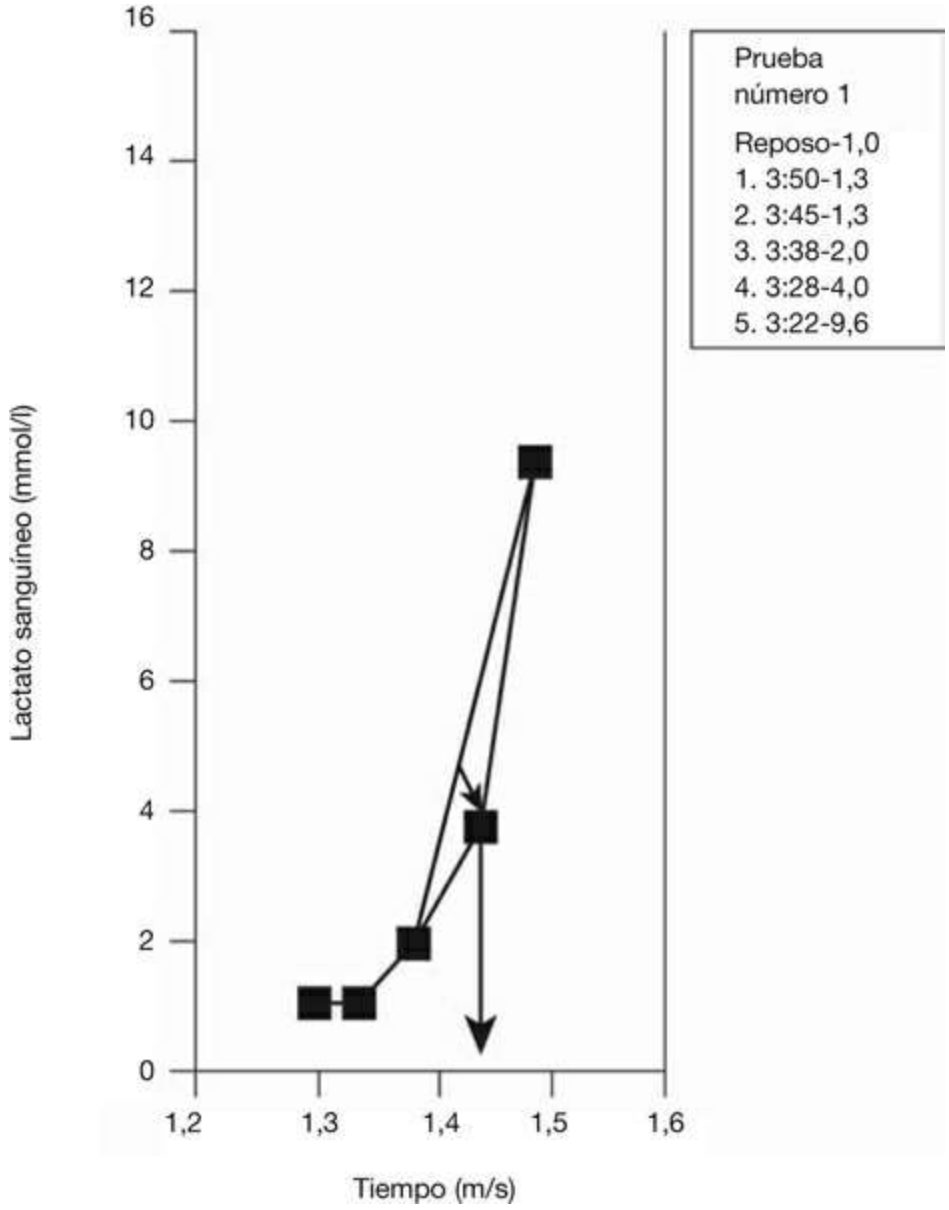


Figura 16.7. El método D-max modificado para determinar la localización del umbral anaeróbico.

En este caso, la concentración de lactato sanguíneo de la nadadora era 9,6 mmol/l cuando empezó la primera repetición de 300 m. Dado que el nivel de lactato sanguíneo era alto cuando empezó, cualquier velocidad más baja que la correspondiente al umbral debería producir un nivel de lactato más bajo al final de la repetición. Esto es lo que ocurrió en este ejemplo. El lactato

sanguíneo disminuyó después de la primera repetición hasta 7,0 mmol/l, lo que indicaba que se estaba eliminando el lactato más rápidamente de lo que se producía a la velocidad de la primera repetición. Se midió el lactato sanguíneo después de las cuatro repeticiones siguientes. Siguió disminuyendo hasta que la nadadora nadó a una velocidad en la que la tasa de producción de lactato superaba su tasa de eliminación y el nivel de lactato sanguíneo empezó a aumentar. Este aumento señala que se ha superado el umbral anaeróbico. La concentración de lactato sanguíneo de esta nadadora aumentó durante la repetición número 4 como se ve en la figura 16.8, incrementándose desde una concentración de 3,6 mmol/l en la repetición anterior a 4, 8 mmol/l en la cuarta. Se registró la velocidad de la tercera repetición como la equivalente al umbral anaeróbico porque era la velocidad más alta alcanzada antes de que el nivel de lactato empezase a aumentar en la sangre de dicha nadadora. La velocidad de esta repetición era de 1,40 m/s o 1:11 para los 100 m.

Aunque este procedimiento parece una forma razonable de estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de un nadador, existe un problema para utilizarlo. La prueba determina la velocidad más alta a la que la tasa de eliminación de lactato era mayor que su tasa de entrada en la sangre. No localizó la velocidad más alta de natación a la que dichas tasas estaban en equilibrio. Por lo tanto, la velocidad que resulta de la prueba del nivel mínimo de lactato puede ser un poco más lento que la verdadera velocidad correspondiente al umbral anaeróbico.

Evidentemente es difícil localizar el umbral anaeróbico con una precisión exacta, pero los entrenadores y los nadadores no deben preocuparse demasiado por la precisión. Aunque los diversos procedimientos producen velocidades equivalentes al umbral anaeróbico algo diferentes, todos demuestran un alto grado de relación positiva con el rendimiento y con las demás velocidades determinadas por otros métodos. Por consiguiente, todos producen valores que están lo bastante cerca del umbral anaeróbico verdadero de cada nadador para que puedan servir como puntos de referencia válidos para evaluar los cambios de la resistencia aeróbica.

Los valores pico de lactato sanguíneo: ¿qué información nos dan?

Dado que la tasa de producción de ácido láctico en los músculos aumentará en proporción al aumento de la tasa de metabolismo anaeróbico, se ha sugerido que los valores pico de lactato sanguíneo después de esfuerzos máximos indican la tasa de metabolismo anaeróbico que ocurre en los músculos. Dado que gran parte de este ácido láctico será transportado a la sangre circulante, se ha supuesto que altas concentraciones pico de lactato sanguíneo indican una tasa rápida de metabolismo anaeróbico. Sin embargo, no está claro qué aspectos del metabolismo anaeróbico se reflejan en los valores pico de lactato sanguíneo. Los valores pico de lactato sanguíneo después de esfuerzos máximos, al igual que los valores de lactato a niveles menores de esfuerzo, son una manera indirecta para evaluar la naturaleza de la actividad metabólica en los músculos durante el ejercicio. De acuerdo con esto, los valores pico podrían represen-tar una tasa rápida de metabolismo anaeróbico, un alto nivel de amortiguamiento o ambos. Explicaré esta afirmación.

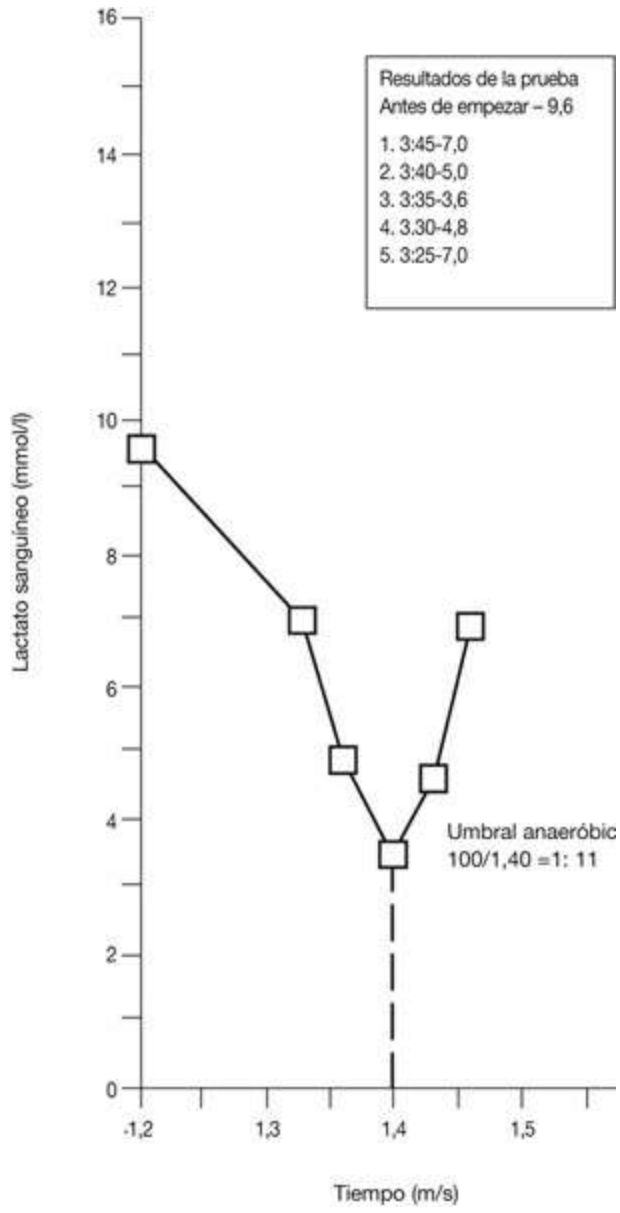


Figura 16.8. La prueba del nivel mínimo de lactato.

Los valores pico de lactato sanguíneo aparecen normalmente en los músculos y la sangre después de esfuerzos máximos de 1 a 2 min. Esfuerzos más cortos no proporcionan bastante tiempo para una acumulación máxima, mientras que esfuerzos más largos proporcionan tiempo para la eliminación de una cantidad significativa de ácido láctico de los músculos y de la sangre. Cuando se acumula una gran cantidad de ácido láctico en los músculos

durante un esfuerzo máximo de 1 ó 2 minutos, la causa es indudablemente una tasa rápida de metabolismo anaeróbico. Sin embargo, el metabolismo anaeróbico no podría seguir a esta tasa alta a no ser que el amortiguamiento disminuyese la caída del pH muscular. Por lo tanto, los valores pico de lactato probablemente reflejan tanto la tasa de metabolismo anaeróbico como la efectividad de los amortiguadores musculares.

Los velocistas alcanzan regularmente valores pico más altos de lactato sanguíneo que los fondistas (Komi *et al.,* 1977), y se ha encontrado una relación significativa entre los valores pico de lactato sanguíneo y el rendimiento en las pruebas de velocidad (Berg y Keul, 1985; Cheetham y Williams, 1987; Cheetham *et al.,* 1986; Fujitsuka *et al.,* 1982; LaCour, Bouvat y Barthelemy, 1990; Ohkuwa *et al.,* 1984).

Esto puede ocurrir porque los velocistas suelen tener más fibras musculares de contracción rápida y tasas más altas de metabolismo anaeróbico. En cambio, los nadadores fondistas tienen menos fibras musculares de contracción rápida y tasas más bajas de metabolismo anaeróbico, y por consiguiente sus valores pico de lactato sanguíneo son generalmente más bajos.

Es una cuestión polémica entre los científicos hasta qué punto el entrenamiento puede cambiar los valores pico de lactato sanguíneo. El entrenamiento de velocidad puede, sin duda, aumentar la tasa de metabolismo anaeróbico y por consiguiente la cantidad de ácido láctico producido en los músculos durante los esfuerzos máximos. Un estudio encontró un aumento del 20% (Nevill *et al.,* 1989). Sin embargo, lo que no está claro es si los valores pico de lactato sanguíneo han aumentado después del entrenamiento de la velocidad. Varios investigadores han encontrado aumentos (Cunningham y Faulkner, 1969; Hermansen, 1969; Jacobs, 1986; Jacobs *et al.,* 1987; Sharp *et al.,* 1986), mientras que otros no han encontrado incrementos a pesar del hecho de que el rendimiento mejoró durante las pruebas de velocidad (Cheetham y Williams, 1987; Medbo y Burgers, 1990; Roberts, Billeter y Howald, 1982; Trappe, 1996).

La evidencia sugiere que las mediciones de los valores pico de lactato sanguíneo tienen algún valor predictor en cuanto a las mejoras en el

rendimiento de velocidad. Sin embargo, realizar mediciones precisas es problemático. Por un lado, los nadadores deben realizar un esfuerzo máximo para poder hallar una medida verdadera de su concentración pico de lactato sanguíneo. Además, deben estar dispuestos a reproducir el esfuerzo de prueba en prueba para medir exactamente la magnitud de los cambios inducidos por el entrenamiento en la tasa del metabolismo anaeróbico utilizando estos valores pico de lactato sanguíneo. Los nadadores deben estar altamente motivados cuando se realiza una prueba para hallar el valor pico de lactato sanguíneo. Por esta razón, el mejor momento de medir los valores pico de lactato sanguíneo puede ser después de las carreras competitivas. A este respecto, Sawka y colaboradores (1979) encontraron que los valores de lactato sanguíneo después de una competición eran más altos que las concentraciones de lactato sanguíneo después de tomas de tiempo de la misma distancia competitiva para un grupo de nadadores competidores.

Mencioné anteriormente que se deben tomar varias muestras de sangre después de un esfuerzo máximo para lograr una medición precisa del valor pico de lactato sanguíneo porque habrá todavía una gran cantidad de ácido láctico en los músculos cuando se termina de nadar. Pueden pasar de 3 a 12 min antes de que una cantidad suficiente de este ácido láctico sea transportada fuera de los músculos a la sangre para que las cantidades en los compartimientos se igualen.

Otro problema para determinar el verdadero valor pico de lactato sanguíneo es que la cantidad de glucógeno almacenada en los músculos del sujeto debe ser similar de prueba en prueba para lograr una comparación precisa de los valores pico de lactato sanguíneo. Una reducción del glucógeno muscular producirá niveles pico más bajos de lactato sanguíneo, mientras que un aumento del glucógeno muscular almacenado en los músculos aumentará la cantidad de ácido láctico que aparece en la sangre después de un esfuerzo máximo. En un estudio realizado con nadadores, el valor pico de lactato sanguíneo disminuyó un 25% cuando seguían una dieta baja en hidratos de carbono y aumentó un 25% cuando los nadadores consumían una dieta alta en éstos (Reilly y Woodbridge, 1999).

Una consideración final se relaciona con el nivel de lactato en sangre antes de la carrera de esfuerzo máximo. Las concentraciones de lactato sanguíneo

deben estar en los niveles de reposo antes del comienzo de un esfuerzo máximo. Cualquier aumento en el nivel de reposo que resulta de las repeticiones anteriores causará un aumento falso en el valor pico de lactato sanguíneo, que podría malinterpretarse como una mejora del metabolismo anaeróbico cuando no ha habido ninguna. Los sujetos necesitan descansar hasta que sus niveles de reposo de lactato sanguíneo vuelvan a los normales antes de realizar cualquier repetición que se vaya a utilizar para medir los valores pico de este compuesto. Normalmente se requiere un descanso de 30 min.

Para lograr los mejores resultados, se deben controlar e interpretar las mediciones de valores pico de lactato sanguíneo con cuidado. Se presentan a continuación algunas sugerencias para adoptar las medidas precisas:

- Se deben administrar las pruebas para medir los valores pico de lactato sanguíneo después de que los nadadores hayan descansado un día o dos para asegurar que las concentraciones de glucógeno muscular sean altas.
- Los nadadores deben estar altamente motivados para realizar las pruebas. Administrarlas después de las competiciones probablemente producirá resultados más fiables que realizarlas con tomas de tiempo.
- La distancia de la prueba debe estar normalizada. Las distancias de 100 a 200 m o yardas son probablemente las más apropiadas para producir los niveles pico de lactato sanguíneo, aunque se podría utilizar distancias de 400 m o 500 yardas si los nadadores compiten en estas pruebas.
- No se debe intentar realizar una prueba de esfuerzo máximo hasta que los nadadores hayan completado su recuperación de repeticiones anteriores y sus concentraciones de lactato sanguíneo hayan vuelto a los niveles de reposo.
- Finalmente se deben recoger varias muestras de sangre a intervalos de 2 min después de un esfuerzo máximo. La primera muestra debe tomarse 2 ó 3 min después de finalizar la repetición, y cada muestra siguiente debe tomarse 2 min más tarde hasta que se produzca una

disminución del nivel de lactato sanguíneo de una muestra a la siguiente. Para averiguar el nivel máximo de lactato en sangre después de un esfuerzo máximo, puede ser necesario tomar muestras a intervalos de 2 min durante 13 min después de terminar la repetición.

- Los entrenadores deben utilizar las mediciones de los valores pico de lactato sanguíneo en conjunto con otras pruebas o controles de repeticiones de velocidad para que puedan realizar unas estimaciones precisas.

La pendiente de la curva lactato-velocidad: ¿qué significa?

La pendiente o el ángulo de inclinación de la parte empinada de la curva lactato-velocidad puede proporcionar alguna información acerca de la resistencia muscular aeróbica y aneróbica de nadadores mediofondistas y fondistas y sobre la capacidad anaeróbica de los velocistas. Utilizaré los resultados de la prueba con análisis de sangre ilustrada en la figura 16.3 (página 560) para ayudarme a explicar lo que significa la pendiente de la curva de lactato-velocidad.

La pendiente de interés está en la parte empinada de la curva lactato-velocidad, donde el aumento del lactato sanguíneo se vuelve lineal. Esto ocurre entre el segundo punto de inflexión y el último punto dibujado en la curva en la figura 16.3. El ángulo de inclinación de esta parte de la curva es de 70°. En tér-minos generales, un ángulo más pequeño, es decir, una pendiente menos empinada, indica una mejor resistencia muscular aeróbica y anaeróbica porque el lactato sanguíneo se acumulará a una tasa más lenta relativa a aumentos de la velocidad de natación. La suposición es que el lactato sanguíneo está acumulándose a una tasa más lenta porque el ácido láctico se está acumulando a una tasa más lenta en los músculos. Por lo tanto, el pH muscular no estará disminuyendo a una tasa rápida. En cambio, una subida más empinada de la curva, una que se acerca más a la perpendicular,

indica el efecto contrario. El lactato muscular está acumulándose probablemente con rapidez con aumentos más pequeños de la velocidad de natación, y es inminente una acidosis elevada. Dado que los nadadores están normalmente en la parte empinada de la curva lactato-velocidad, algunos científicos han sugerido utilizar cambios de la velocidad de natación correspondientes a concentraciones determinadas de lactato sanguíneo de 6, 8 ó 10 mmol/l para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.

Utilizar valores pico determinados del lactato sanguíneo es una manera sencilla de evaluar los cambios de la pendiente de la curva lactato-velocidad. Sin embargo, pueden ser engañosos en ciertos nadadores por las mismas razones que los valores fijos pueden ser engañosos cuando se utilizan para localizar los umbrales aeróbico y anaeróbico. Dichos valores pueden no significar lo mismo en nadadores con valores pico de lactato sanguíneo inusualmente altos o bajos o en los que tienen valores inusualmente altos o bajos de lactato sanguíneo correspondientes a su umbral anaeróbico individual. Los nadadores con valores bajos podrían estar nadando a velocidad máxima antes de que su concen-tración de lactato sanguíneo llegue a 6 mmol/l, mientras que nadadores con concentraciones de lactato sanguíneo muy altas pueden estar sólo acercándose a su velocidad correspondiente al umbral anaeróbico con concentraciones de 6 u 8 mmol/l. Basándose en este razonamiento, la velocidad de natación correspondiente a 6 mmol/l funcionaría mejor para evaluar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de fondistas que de velocistas o mediofondistas porque la mayoría de los nadadores de fondo no tienen valores pico de lactato sanguíneo mucho más altos de 8 ó 12 mmol/l. Por consiguiente, este valor estaría aproximadamente a mitad de camino entre sus concentraciones de lactato sanguíneo correspondientes a su umbral anaeróbico individual y sus valores pico de lactato sanguíneo. Las velocidades de natación que producen un valor de lactato sanguíneo de 8 ó 10 mmol/l pueden funcionar mejor para los fondistas y mediofondistas porque sus valores de lactato sanguíneo correspondientes a su umbral anaeróbico individual y sus valores pico de lactato sanguíneo son normalmente más altos.

El Instituto Australiano de Deporte ha utilizado un procedimiento excelente para interpretar los cambios de la pendiente de la curva lactato-

velocidad. Calculan la diferencia entre la velocidad del nadador en dos puntos de la parte empinada de la curva lactato-velocidad. Cuanto mayor sea la diferencia, mejor será el resultado. Una gran diferencia indica que el nadador puede aumentar su velocidad considerablemente a lo largo de la parte anaeróbica de la curva antes de la aparición de la acidosis. Calculan la diferencia de velocidad de natación entre concentraciones de lactato sanguíneo de 5 y 10 mmol/l para este fin. Dicho procedimiento se llama el método dV5-10 y se ilustra en la figura 16.9.

El nadador realiza una prueba progresiva normalizada nadando una serie de repeticiones cada vez más rápido. Las distancias de las repeticiones pueden ser de 100 a 400 m. Las distancias más cortas de 100 y 200 m son mejores para los velocistas, y las distancias mayores de 300 y 400 m se adaptan mejor para evaluar a los mediofondistas y fondistas. Se ha utilizado una distancia de repetición de 200 m en el ejemplo ilustrado en la figura 16.9. Se toman las muestras de sangre y se analizan para detectar el nivel de lactato después de cinco repeticiones. Luego se representan gráficamente las concentraciones de lactato sanguíneo en función de la velocidad de natación que las produjo.

La velocidad correspondiente a las concentraciones de lactato sanguíneo de 5 y 10 mmol/l se deter-minan por las velocidades de natación correspondientes a los puntos de intersección de estos valores de lactato con la curva lactato-velocidad. Luego, estas velocidades de natación se convierten en tiempos para los 200 m. En la figura 16.9 el tiempo correspondiente a 5 mmol/l fue 2:18, y el de 10 mmol/l fue 2:15. El tiempo correspondiente a la concentración de 10 mmol/l se resta luego del tiempo correspondiente a 5 mmol/l y se registra esta diferencia como el tiempo del dV5-10. Dicho tiempo es de 3 s en la figura 16.9. Como mencioné anteriormente, se cree que el potencial de rendimiento del nadador aumenta cuando esta diferencia se incrementa. El nadador probablemente acumula menos ácido láctico en los músculos y podrá nadar más tiempo a la velocidad competitiva antes de que el pH muscular disminuya a niveles muy bajos y aparezca una acidosis elevada. De forma similar, una diferencia más pequeña indica que la pendiente de la curva lactato-velocidad se ha vuelto más empinada. En este caso, el lactato sanguíneo está probablemente acumulándose más rápidamente a las velocidades competitivas, y el nadador se fatigará más

rápidamente.

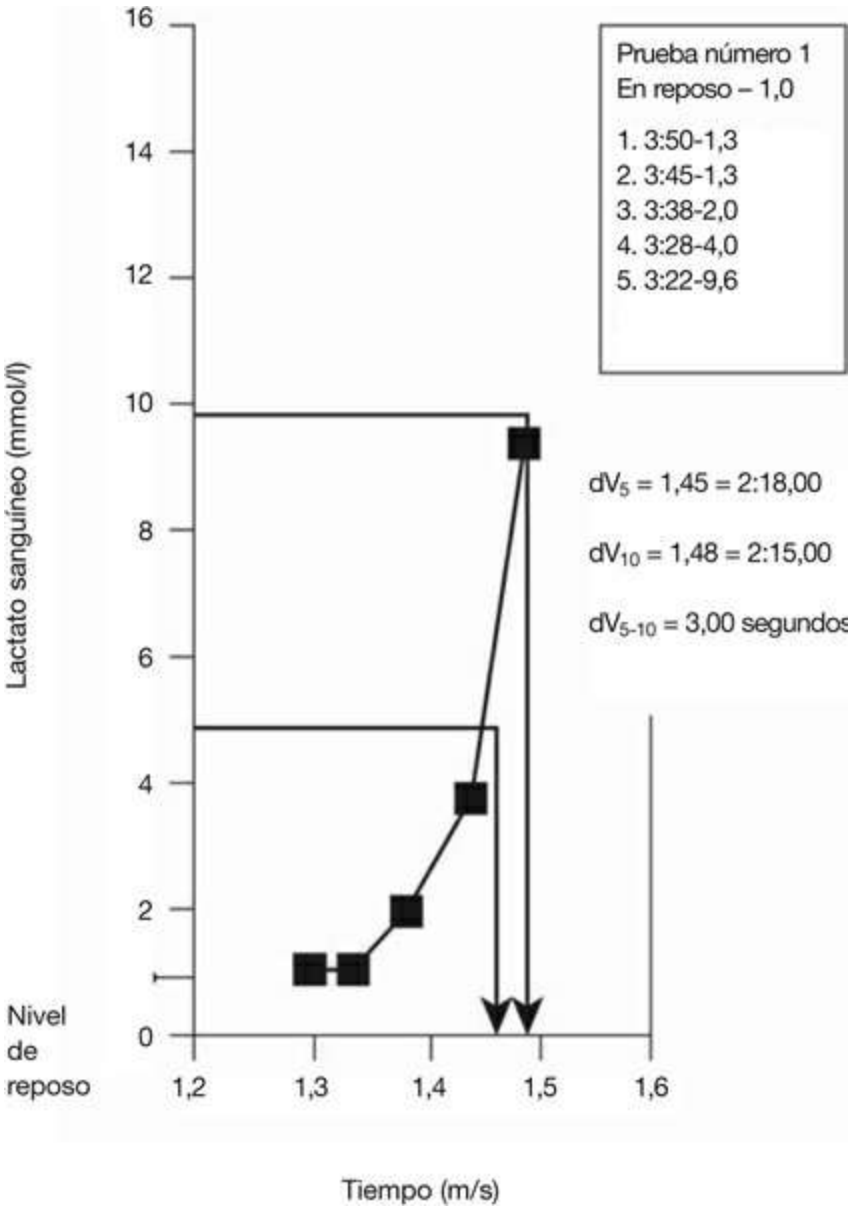


Figura 16.9. El método dV5-10 para estimar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.

La utilización de las pruebas de análisis de sangre para entrenar a los nadadores

Los resultados de análisis de sangre tales como las que se ilustran en la figura 16.3 pueden utilizarse para hacer un seguimiento del entrenamiento de varias formas. La primera es evaluar los cambios en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico. Una segunda es prescribir velocidades óptimas para el entrenamiento de resistencia y de velocidad, y la tercera es determinar el potencial de rendimiento. En las próximas secciones presentaré cómo se pueden utilizar los análisis de sangre para cada uno de estos objetivos. Sin embargo, antes de hacerlo, quiero comentar el efecto de las diferentes distancias de repetición sobre los resultados de los análisis de sangre.

El efecto de las distancias de repetición sobre los umbrales

Diferentes distancias de repetición no producirán las mismas velocidades de natación en los puntos de referencia de la curva lactato-velocidad. Por ejemplo, la velocidad de natación correspondiente a cualquier concentración determinada de lactato sanguíneo será mayor cuando la distancia de la repetición que se utiliza en el protocolo de la prueba es de 100 m o yardas, y será más lenta cuando se utiliza una mayor distancia de repetición. Esto ocurre probablemente porque se puede eliminar más ácido láctico durante las distancias mayores. En un estudio, la velocidad de natación que produjo una concentración de lactato sanguíneo de 4 mmol/l fue aproximadamente 1,38 m/s cuando se utilizaron repeticiones de 300 m en el protocolo de la prueba. Cuando se utilizaron repeticiones de 100 m, fue necesaria una velocidad de natación de aproximadamente 1,47 m/s para producir las mismas concentraciones de lactato sanguíneo (Keskinen, Komi y Rusko, 1989). Esta diferencia es de casi 2,50 s por 100 m. Por consiguiente, los protocolos de pruebas que implican análisis de sangre en los que se utilizan repeticiones cortas sobreestimarán la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico individual de los nadadores. Obsérvese que las velocidades de natación que corresponden al umbral aeróbico fueron casi idénticas en este estudio independientemente de la utilización de repeticiones de 100 ó 300 m en el

protocolo de la prueba.

Las pruebas escalonadas de lactato reflejan al parecer el potencial de rendimiento de los nadadores más precisamente cuando las distancias de la repetición están más cerca de la distancia competitiva para la que se entrenan. Es decir, un protocolo de repeticiones de 100 m funciona mejor para los velocistas, un protocolo de repeticiones de 200 m para los nadadores que compiten en esta distancia, y un protocolo de repeticiones de 400 m es mejor para los mediofondistas y fondistas. Sin embargo, los protocolos que utilizan distancias de repeticiones de 300 a 500 m o yardas parecen ser mejores cuando el objetivo es identificar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico individual o prescribir velocidades para el entrenamiento de resistencia. Distancias más cortas de las repeticiones sobreestimarán dichas velocidades.

La evaluación de los cambios en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico

Se deben realizar análisis de sangre cada 3 a 4 semanas y comparar los resultados con las pruebas anteriores para evaluar los cambios en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico. Cuando se representan los resultados de dos o más análisis de sangre gráficamente, y se hace una comparación, las apreciaciones sobre la naturaleza de los cambios en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico se basan generalmente en la dirección en la que se ha desplazado la curva lactatovelocidad en las pruebas más recientes.

Cuando se comenzó a realizar las pruebas de sangre, se pensaba que la interpretación de los resultados era sencilla y clara. Se podían hacer tres evaluaciones posibles:

1. El nadador estaba mejorando si la curva lactatovelocidad se desplazaba hacia la derecha en una prueba siguiente. Esto ocurría porque se acumulaba menos lactato en la sangre a velocidades

similares a las de la primera prueba o porque el nadador alcanzaba mayor velocidad de natación sin aumentar el lactato sanguíneo.

2. La condición física del nadador empeoraba si la curva lactato-velocidad se desplazaba hacia la izquierda en una prueba siguiente. Esto ocurría porque las concentraciones de lactato sanguíneo eran más altas a velocidades similares a las de la primera prueba o porque las concentraciones de lactato sanguíneo eran similares a velocidades menores.
3. La condición física del nadador no había cambiado si la curva no se desplazaba a la derecha ni a la izquierda.

Estas interpretaciones sencillas no reconocían que el entrenamiento causa cambios complejos y antagónicos en las tasas del metabolismo aeróbico y el anaeróbico. Como se indicó anteriormente, el entrenamiento de resistencia suele reducir la tasa de metabolismo anaeróbico, y el entrenamiento de velocidad la aumenta. Cuando la tasa de metabolismo anaeróbico es alta, se producirá una gran cantidad de ácido pirúvico rápidamente a velocidades submáximas de natación y una mayor parte de este piruvato se combinará con los hidrogeniones para formar ácido láctico. Como resultado, una mayor cantidad de este ácido láctico será transportada fuera de los músculos a la sangre circulante de manera que la concentración de ácido láctico en la sangre será más alta a niveles más bajos de esfuerzo. Cuando esto ocurre, la curva lactato-velocidad se desplazará a la izquierda, dando la impresión de que ha disminuido la capacidad aeróbica. Pero puede que no haya cambiado en absoluto, o puede incluso haber mejorado. En cambio, cuando la tasa de metabolismo anaeróbico disminuye, se producirá menos ácido pirúvico a velocidades submáximas de natación. Por lo tanto, se producirá y se transportará menos ácido láctico a la sangre, y la concentración de lactato sanguíneo será menor de la que era en las pruebas anteriores. La curva lactato-velocidad se desplazará a la derecha, aunque no haya ocurrido ninguna mejora en la capacidad aeróbica. La tabla 16.1 resume esta relación compleja entre el metabolismo aeróbico y el anaeróbico.

Basándose en estas reacciones, cuando la concentración de lactato sanguíneo para una velocidad determinada de natación disminuye de una

prueba a otra, la capacidad aeróbica puede haber mejorado o la tasa de metabolismo anaeróbico puede haber disminuido. Por supuesto, la primera adaptación sería considerada un efecto positivo de entrenamiento para cualquier nadador. La otra cara de la moneda es que este último cambio se consideraría negativo para los velocistas y los mediofondistas porque su rendimiento probablemente sufriría si disminuyese su tasa de metabolismo anaeróbico. Su capacidad para hacer disponible la energía a una tasa acelerada disminuiría, de manera que su velocidad también probablemente se reduciría. El rendimiento de los fondistas incluso podría sufrir por las mismas razones si su tasa de metabolismo anaeróbico se redujera una cantidad inusualmente grande.

Tabla 16.1. Efectos de los cambios en la capacidad aeróbica y la potencia anaeróbica sobre el lactato

MECANISMO FISIOLÓGICO	CAMBIO	EFECTO SOBRE EL LACTATO SANGUÍNEO
Capacidad aeróbica	Mejorada	Reducida
	Reducido	Aumentado
Potencia anaeróbica	Mejorada	Aumentado
	Reducida	Reducido

Para complicar el tema más aún, otros factores pueden hacer que los resultados de los análisis de sangre sean engañosos:

• Los cambios en los depósitos de glucógeno muscular de una prueba a otra pueden alterar los resultados. La investigación ha demostrado que la curva lactato-velocidad se desplazará a la derecha en un análisis siguiente de sangre cuando el nivel del glucógeno muscular es considerablemente más bajo que en la prueba anterior (Ivy *et al.*, 1980; Reilly y Woodbridge, 1999). Este resultado puede ocurrir incluso cuando la capacidad aeróbica no haya mejorado. La curva se desplaza a la derecha porque el metabolismo anaeróbico no puede utilizar una tasa rápida a no ser que haya disponible una

cantidad adecuada de glucógeno en el músculo. En un estudio, la velocidad de natación que correspondía a una concentración de lactato sanguíneo de 4 mmol/l aumentó 0,30 m/s después de sólo unos pocos días cuando se redujo el glucógeno muscular con una combinación de una dieta baja en hidratos de carbono y un entrenamiento intenso (Reilly y Woodbridge, 1999). Beber cafeína antes de la prueba también aumentará el metabolismo de las grasas y hará que la velocidad de natación equivalente a los umbrales aeróbico y anaeróbico aumente cuando la capacidad aeróbica no ha mejorado.

Cantidades inusualmente altas de glucógeno muscular en el músculo durante la prueba siguiente pueden causar la reacción opuesta al causado por un ni-vel bajo de glucógeno muscular. La curva lactato-velocidad se desplazará otra vez a la izquierda, con el lactato sanguíneo aumentando a las mismas velocidades o más lentas cuando no ha habido un cambio en la capacidad aeróbica. El aumento del lactato sanguíneo sería particularmente evidente si el glucógeno muscular hubiese estado en un nivel especialmente bajo en el momento de la primera prueba.

Un aumento del glucógeno muscular en una prueba siguiente proporciona una explicación probable para las pérdidas falsas de capacidad aeróbica que se han encontrado durante el período de puesta a punto de algunos nadadores (Gullstrand, 1985; Sharp, 1984). Varios investigadores y entrenadores han encontrado que la curva lactato-velocidad se desplazaba otra vez a la izquierda durante la puesta a punto. Al principio, se creía que este efecto representaba una pérdida de capacidad aeróbica. Sin embargo, esta apreciación fue reevaluada después de que varios nadadores tuviesen un buen rendimiento a pesar del desplazamiento hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad. El aumento del lactato sanguíneo a velocidades de natación más lentas durante la puesta a punto probablemente no indica una pérdida de capacidad aeróbica. Lo más probable es que este aumento ocurre a causa de un efecto de supercompensación sobre la cantidad de glucógeno depositada en los músculos. El entrenamiento diario durante las fases anteriores de la temporada a menudo agota el glucógeno muscular, creando un estímulo para que los músculos almacenen el doble de la cantidad normal de este nutriente cuando la carga de trabajo disminuye durante la puesta a punto. Por consiguiente, con más glucógeno en los músculos, la tasa de producción de ácido láctico aumenta durante las repeticiones realizadas a velocidad lenta,

razón por la cual una prueba de lactato sanguíneo realizada durante este período produciría un resultado de más lactato a velocidades menores incluso cuando la tasa de metabolismo aeróbico no haya disminuido.

- Un entrenamiento con pesas a menos de 24 horas antes de un análisis de sangre es otro factor que puede producir un resultado que induce al error. El ejercicio intenso de este tipo puede provocar daños musculares que causarán una tasa mayor de acumulación del lactato a velocidades más lentas.

- Un entrenamiento intenso a menos de 24 horas antes de un análisis de sangre puede causar errores de interpretación. Un entrenamiento de este tipo reducirá el glucógeno muscular y la velocidad de natación correspondiente a los umbrales aeróbico y anaeróbico, haciendo que aumente el lactato sanguíneo a una velocidad similar o más lenta por las razones presentadas anteriormente con respecto al agotamiento del glucógeno (Fric *et al.*, 1988; McKenzie y Mavrogiannis, 1986).

- Nadar a velocidad durante el calentamiento antes del análisis de sangre puede hacer que los valores de lactato sanguíneo aumenten para velocidades similares, causando el desplazamiento de la curva lactato-velocidad hacia la izquierda incluso cuando no haya ocurrido una pérdida de resistencia aeróbica. Nadar a velocidad hará que los niveles de lactato aumenten por encima de los niveles normales de reposo antes de empezar la prueba para analizar el lactato en sangre, de manera que los valores de lactato sanguíneo durante la prueba serán más altos que normalmente.

- Realizar las pruebas del análisis de sangre por la mañana puede causar un desplazamiento falso hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad. Las concentraciones de lactato sanguíneo suelen ser más altas a una velocidad dada de natación cuando se realizan las pruebas por la mañana en relación con las que se realizan por la tarde. Normalmente, los nadadores pueden nadar alrededor de 1 s más rápido por 100 m por la tarde, o alrededor de un 2% más rápido sin aumentar sus concentraciones de ácido láctico en relación con la velocidad que pueden alcanzar en una prueba progresiva idéntica por la mañana (Olbrecht *et al.*, 1988).

• Realizar las pruebas en piscina corta determinará una velocidad más rápida correspondiente al umbral que realizarlas en piscina olímpica. Por esta razón, los resultados de las pruebas en piscina de 25 ó 50 m no pueden compararse entre sí. Las velocidades de natación que producen ciertas concentraciones de lactato sanguíneo serán un poco más lentas cuando se realiza la prueba en una piscina olímpica, probablemente porque los nadadores ejecutan menos virajes. Olbrecht y colaboradores (1988) encontraron que los nadadores producían las mismas concentraciones de lactato sanguíneo a velocidades que eran un 5,6% más lentas como promedio (de 3 a 5 s más lentas por 100 m) cuando hacían la prueba en una piscina de 50 m en lugar de en una de 25 m.

Dicho esto, debe ser evidente la importancia de realizar evaluaciones precisas de las razones de los cambios en la relación entre el lactato sanguíneo y la velocidad de natación de una prueba a la siguiente. Si no, el rendimiento potencial de un nadador particular podría estar empeorando cuando parece mejorar. En cambio, podría realmente estar mejorando cuando parece que empeora. Pero cuando se han controlado cuidadosamente las condiciones de las pruebas de sangre para eliminar posibles malas interpretaciones por factores tales como los que acabo de describir, los resultados pueden proporcionar información útil con respecto a los efectos del entrenamiento sobre el metabolismo anaeróbico.

Un procedimiento sencillo puede ayudar a evaluar si los cambios en el lactato sanguíneo realmente representan mejoras del metabolismo aeróbico o anaeróbico o en lugar de esto son causados por uno o más de los factores citados anteriormente. La solución es incluir una toma de tiempo máxima o cercana a máxima como parte del protocolo de la prueba de los análisis de sangre. Después de terminar una prueba progresiva típica, el nadador debe descansar durante 30 min o más y luego realizar una repetición rápida de 100 ó 200 m. Cuando esta repetición produce un alto valor pico de lactato sanguíneo y un tiempo rápido, se puede estar razonablemente seguro de que los niveles de glucógeno muscular eran altos durante la prueba. Si produce un valor pico alto de lactato sanguíneo a una velocidad baja, existe la posibilidad de que los factores como el entrenamiento con pesas o el entrenamiento de velocidad puedan haber causado un nivel elevado de lactato sanguíneo

durante la anterior prueba progresiva. Por consiguiente, los resultados deben evaluarse con precaución. En cambio, un nivel pico de lactato sanguíneo bajo con una velocidad baja podría indicar que el glucógeno muscular era bajo durante la prueba progresiva. Añadir una repetición de esfuerzo máximo o cercano al máximo también puede dar alguna idea del efecto que el entrenamiento ha tenido sobre la potencia anaeróbica del nadador. Los gráficos presentados en las figuras 16.10 a 16.14 ilustran algunas de las formas como puede cambiar de vez en cuando la curva lactato-velocidad de una prueba progresiva típica y las maneras como pueden utilizarse los valores pico de lactato sanguíneo para interpretar estas curvas con más precisión. Empezaré con una presentación de las posibles interpretaciones de los desplazamientos hacia la derecha y luego presentaré información sobre ciertos desplazamientos hacia la izquierda. Finalmente, mostraré algunos desplazamientos confusos de las curvas lactato-velocidad que no pueden describirse completamente como movimientos hacia la izquierda o hacia la derecha.

La evaluación de los desplazamientos hacia la derecha de la curva lactato-velocidad. El gráfico ilustrado en la figura 16.10 muestra los resultados de dos pruebas con análisis de sangre en las que la curva lactato-velocidad se desplazó hacia la derecha durante la segunda prueba. El intervalo entre las dos pruebas fue de 4 semanas. El nadador realizó cinco repeticio-nes de 300 m a velocidades cada vez más rápidas en ambas pruebas. También nadó una repetición de esfuerzo máximo de 200 m con toma de tiempo a los 30 min de terminar la quinta repetición de 300 m. Se tomaron muestras de sangre después de cada repetición y se analizaron para evaluar el contenido de lactato. Luego se representaron las concentraciones de lactato sanguíneo en función de las velocidades de las repeticiones que las produjeron.

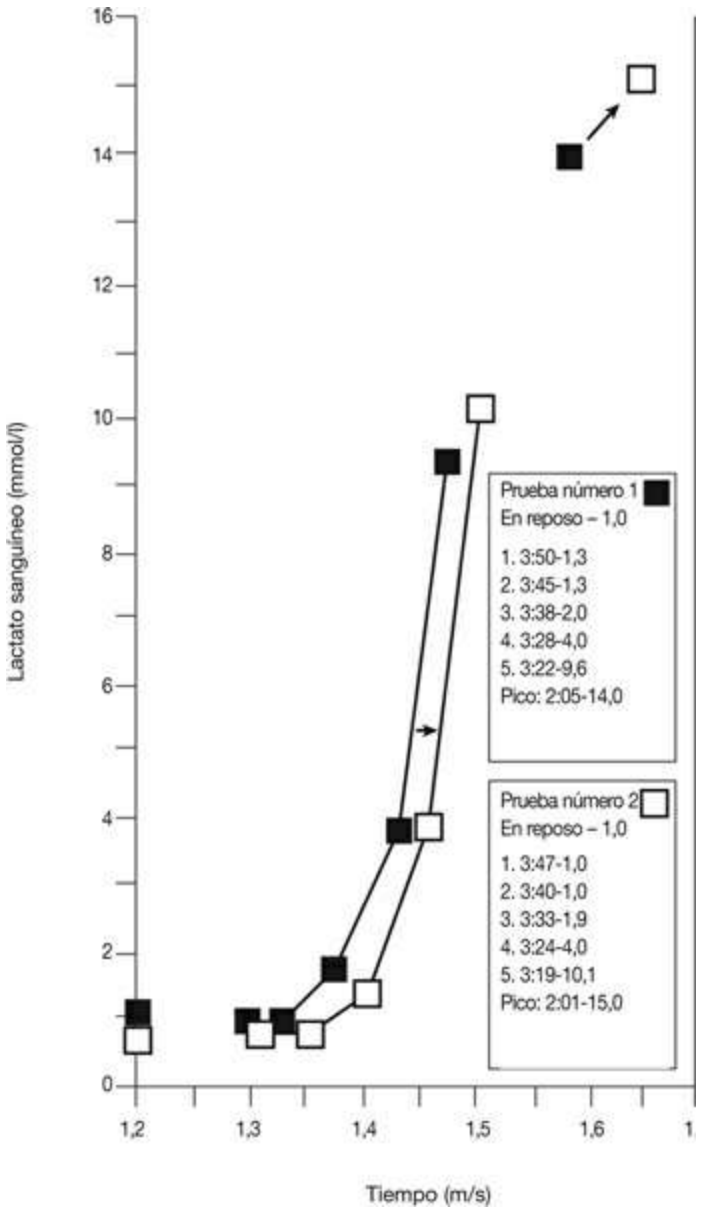


Figura 16.10. Resultados de dos pruebas con análisis de sangre realizadas con un intervalo de 4 semanas en las que los dos aspectos del metabolismo aeróbico y anaeróbico mejoraron.

Obsérvese que para cada repetición de la segunda prueba, las concentraciones de lactato sanguíneo eran más bajas a la misma velocidad. Como resultado, la curva lactato-velocidad para la segunda prue-ba se desplazó hacia la derecha y hacia abajo con respecto a la primera. El valor pico de lactato sanguíneo también había aumentado desde la primera hasta la

segunda prueba, al igual que su velocidad para la repetición de 200 m con esfuerzo máximo. Esto hizo que el punto que representa el valor pico de lactato sanguíneo se desplazara hacia la derecha y hacia arriba.

Una comparación de los resultados de la primera y la segunda prueba con análisis de sangre muestra que este nadador ha mejorado tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico. El desplazamiento de la curva lactato-velocidad hacia la derecha y hacia abajo entre el primer y el segundo punto de inflexión del lactato en la segunda prueba indica una mejora de la capacidad aeróbica. El desplazamiento hacia la derecha en la parte lineal de la curva lactato-velocidad sugiere que la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica también han mejorado. La mayor concentración pico de lactato sanguíneo a una velocidad mayor en la segunda prueba sugiere que la potencia anaeróbica de este nadador también puede haber mejorado.

El desplazamiento de la parte curvilínea de la curva lactato-velocidad hacia la derecha y hacia abajo desde la primera prueba hasta la segunda sugiere que la capacidad aeróbica ha mejorado. Este desplazamiento también podría significar que la tasa de metabolismo anaeróbico había disminuido o que el glucógeno muscular estaba muy agotado en la segunda prueba. Pero el desplazamiento hacia la derecha de la parte lineal de la curva y la combinación de un mayor nivel de lactato sanguíneo con una velocidad más rápida en la repetición número 5 proporcionan una indicación de que ha ocurrido una verdadera mejora en la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. El hecho de que el valor pico de lactato sanguíneo era más alto y que el tiempo de la repetición que lo produjo era más rápido sugiere que la potencia anaeróbica también ha mejorado. Esto de por sí es un buen efecto. Además, el mayor nivel de lactato sanguíneo y la velocidad más alta demuestran que el desplazamiento hacia la derecha de la curva lactato-velocidad de la figura 16.10 se debió a una mejora del metabolismo aeróbico en lugar de a una disminución del metabolismo anaeróbico.

Los resultados de dos análisis de sangre en los que el desplazamiento hacia la derecha de la curva lactato-velocidad en la segunda prueba es engañoso se muestran en la figura 16.11. En este caso, el nadador no mejoró su capacidad aeróbica. La curva lactato-velocidad se desplazó hacia la derecha porque había perdido potencia anaeróbica. Obsérvese que el tiempo

del nadador era más lento y que su concentración de lactato sanguíneo era más baja en la quinta repetición de la segunda prueba. El tiempo y la concentración de lactato sanguíneo eran 3:25 y 7,5 mmol/l en la segunda prueba comparados con 3:22 y 9,6 mmol/l en la primera. Ésta es la primera indicación real de que no ha ocurrido una mejora del metabolismo aeróbico, aunque sola no proporciona una prueba concluyente de una pérdida de potencia anaeróbica. Un bajo nivel de glucógeno muscular pudo haber causado el tiempo más lento, o pudo ser que el nadador no se esforzó tanto durante la quinta repetición en la segunda prueba como había hecho en la primera. El tiempo más lento del nadador y el menor nivel de lactato sanguíneo en la toma de tiempo de 200 m proporcionan la prueba concluyente de que probablemente ha perdido potencia anaeróbica. Su tiempo era 2:07 y su concentración de lactato sanguíneo era 12,0 mmol/l en la segunda prueba comparados con un tiempo de 2:05 y una concentración de lactato sanguíneo de 14 mmol/l en la primera. Suponiendo que estuvo igualmente motivado para ambas pruebas, este resultado, junto con los resultados de las repeticiones de 300 m, muestra como muy probable que el desplazamiento hacia la derecha de la curva lactato-velocidad en la segunda prueba fue causado no por una mejora de su metabolismo aeróbico sino por una reducción de su tasa de metabolismo anaeróbico o por un bajo nivel de glucógeno muscular en el momento de la segunda prueba. Se puede eliminar un bajo nivel de glucógeno muscular como causa de este desplazamiento hacia la derecha si se le conceden al nadador unos días de natación suave antes de la segunda prueba. La explicación lógica sería que su potencia anaeróbica disminuyó. Con un resultado como éste, el nadador debe reducir su entrenamiento de resistencia y aumentar el de producción de lactato hasta que logre un alto nivel pico de lactato sanguíneo en una prueba posterior.

La evaluación de los desplazamientos hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad. Un desplazamiento hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad normalmente señala una reducción de la capacidad aeróbica que, por supuesto, no es deseable. Pero también podría significar que la tasa de metabolismo anaeróbico del nadador se ha incrementado. Esto sería un efecto deseable en velocistas y, bajo ciertas circunstancias, en mediofondistas y fondistas. Las figuras 16.12, 16.13 y 16.14 muestran los resultados de análisis de sangre realizados antes y después en los que los movimientos hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad indican respuestas deseables y no

deseables al entrenamiento. Empezaré con la curva ilustrada en la figura 16.12 que indica una pérdida tanto de la capacidad aeróbica como de la anaeróbica.

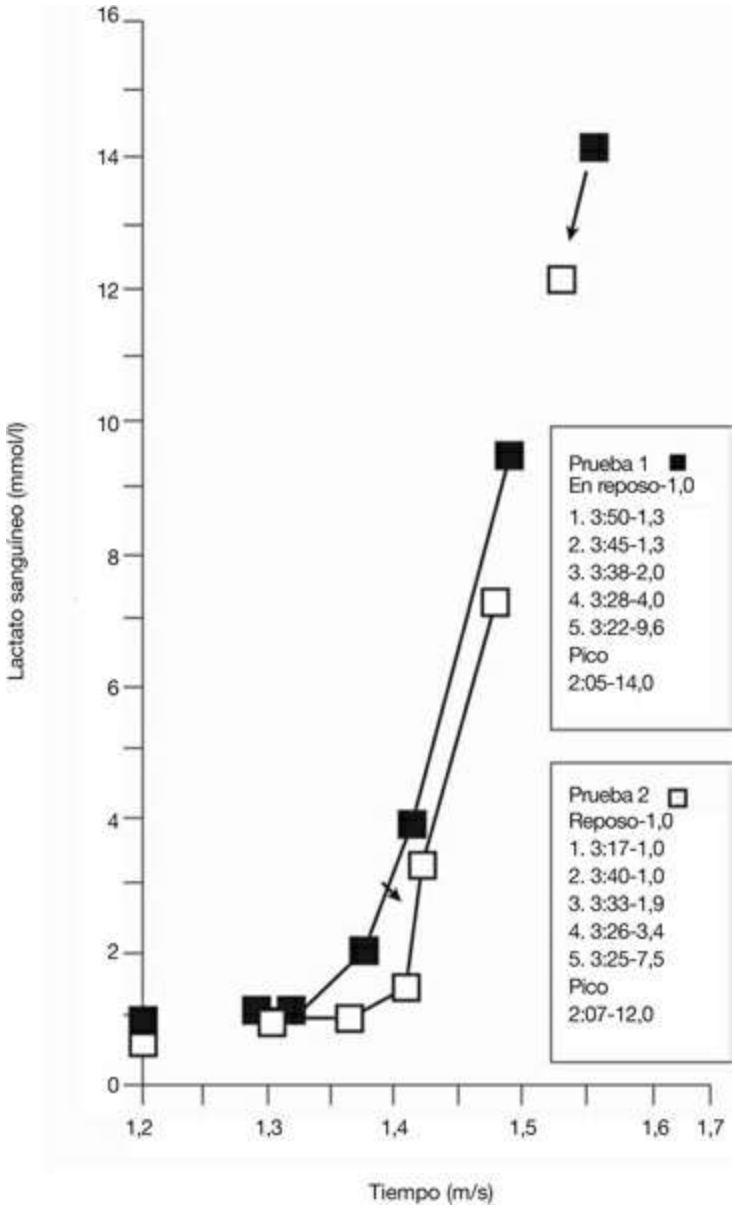


Figura 16.11. Resultados de dos pruebas con análisis de sangre realizadas antes y después con un intervalo de 4 semanas en las que el desplazamiento de la curva lactato-velocidad en la segunda prueba indica probablemente una reducción de la tasa del metabolismo anaeróbico o un bajo nivel de glucógeno muscular en lugar de un aumento de la tasa del metabolismo aeróbico.

Un desplazamiento hacia la izquierda de la parte curvilínea de la curva lactato-velocidad en la figura 16.12 sugiere que se está produciendo y acumulando más ácido láctico en los músculos a velocidades similares o más lentas durante la segunda prueba. Esto, por supuesto, indica que las tasas de metabolismo aeróbico y la eliminación de lactato probablemente se han deteriorado desde el período de la primera prue-ba hasta el de la segunda. Es probable que el nadador no esté oxidando piruvato ni eliminando lactato de sus músculos y su sangre tan rápidamente como lo hacía 4 semanas antes. Aunque este efecto podría ser causado por un aumento del metabolismo anaeróbico, dos aspectos de la curva lactato-velocidad de la prueba número 2 indican que una pérdida de capacidad aeróbica en lugar de un aumento del metabolismo anaeróbico causó el desplazamiento hacia la izquierda.

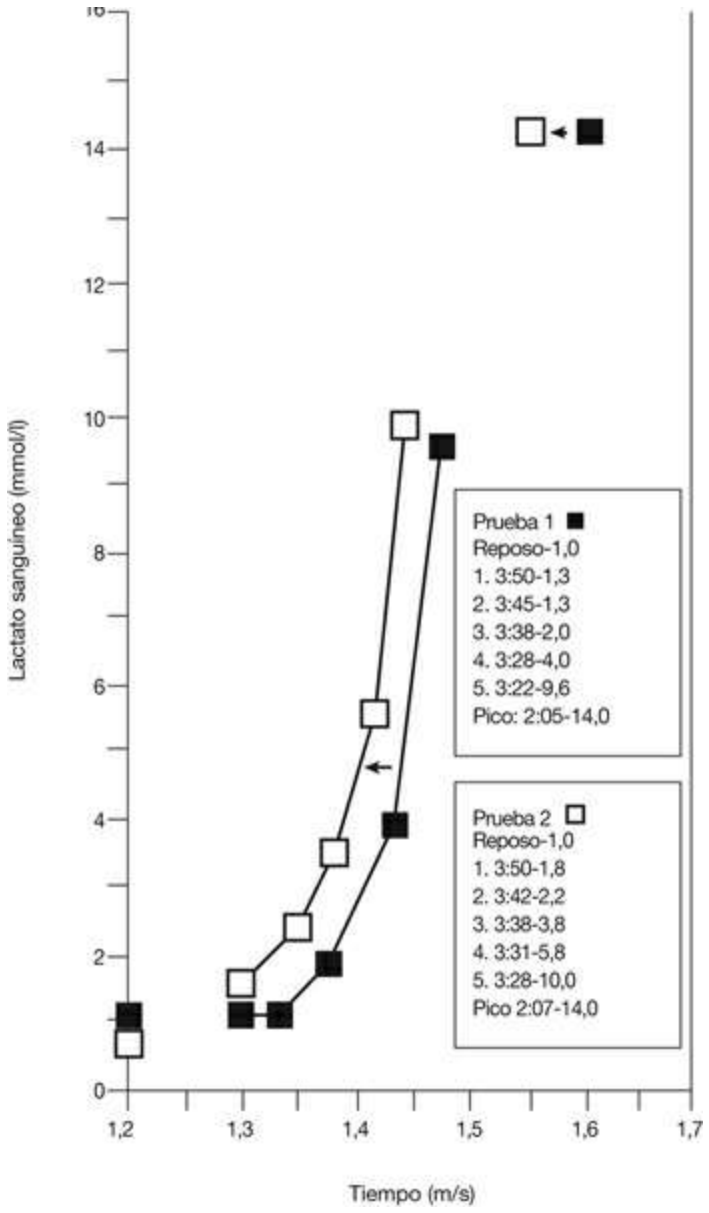


Figura 16.12. Los resultados de los análisis de sangre de antes y después tomadas con un intervalo de 4 semanas y que indican una pérdida de capacidad aeróbica.

Primero, no ocurrió ningún aumento de la curva lactato-velocidad en la segunda prueba de 200 m. El valor pico de lactato sanguíneo es el mismo que en la prueba número 1, y el tiempo de la repetición era más lento. El tiempo para la repetición de 200 m era 2:07 en la segunda prueba comparado con 2:05 en la primera, mientras que las concentraciones de lactato sanguíneo

eran 14,0 mmol/l en ambas. Esto sugiere que la tasa de metabolismo anaeróbico del nadador no había aumentado en el momento de la segunda prueba. El valor pico de lactato sanguíneo probablemente habría sido más alto si un aumento de la tasa de metabolismo anaeróbico estuviera causando un desplazamiento falso hacia la izquierda de la curva lactato-velocidad.

El segundo factor es que la curva lactato-velocidad se desplazó hacia la izquierda a velocidades de natación más lentas en la prueba número 2. El metabolismo aeróbico debería haber proporcionado la mayor parte de la energía a estas velocidades. Por lo tanto, el lactato sanguíneo no debería aumentar a no ser que las tasas de metabolismo aeróbico y la eliminación de lactato se hayan deteriorado.

Las curvas lactato-velocidad ilustradas en la figura 16.13 muestran un ejemplo en el que el desplazamiento de la curva se debió probablemente a un aumento de la potencia anaeróbica en lugar de a una pérdida de la capacidad aeróbica. En esta figura, los resultados de la segunda prueba muestran grandes aumentos del lactato sanguíneo tanto en la repetición final de 300 m como en la toma de tiempo de 200 m. El hecho de que este nadador haya mejorado su potencia anaeróbica sin perder la resistencia lo indica la mejora de su tiempo para los 200 m en la segunda prueba. Un resultado como éste no debería ser causa de preocupación. El nadador probablemente tendrá un buen rendimiento en la competición.

La figura 16.14 muestra un resultado que debería causar preocupación. En este caso, las concentraciones de lactato sanguíneo son más altas en todas las repeticiones y los tiempos son más lentos en la segunda prueba. Dichos resultados sugieren una pérdida considerable de capacidad aeróbica que traerá como consecuencia casi segura un mal rendimiento. Una comparación de las curvas lactato-velocidad muestra que los valores de lactato del nadador son más altos a velocidades más bajas durante la segunda prueba. Por supuesto, un entrenamiento con pesas menos de 24 horas antes de la segunda prueba o nadar demasiado intensamente durante el calentamiento antes de la misma podría haber causado estos resultados. Pero un lactato sanguíneo más alto y un tiempo más lento para la segunda repetición de 200 m indican que este nadador probablemente ha perdido capacidad aeróbica. Sería más probable que tuviera un lactato sanguíneo más bajo y un tiempo más lento en

esta repetición de 200 m si su potencia anaeróbica hubiera disminuido.

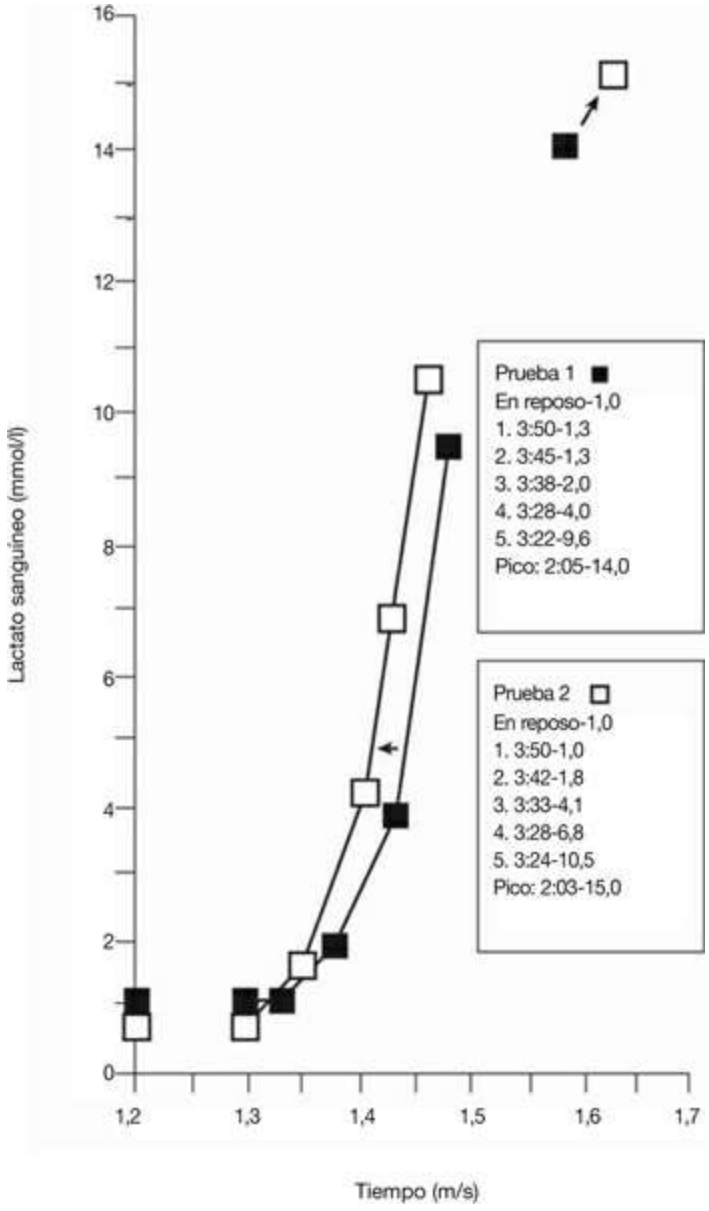


Figura 16.13. Resultados de dos análisis de sangre tomados con un intervalo de 4 semanas que muestran que la tasa de metabolismo anaeróbico probablemente ha aumentado.

Prescribir las velocidades de entrenamiento

basándose en los análisis de sangre

La mejor manera de prescribir las velocidades de entrenamiento con los análisis de sangre es utilizar uno de los métodos descritos anteriormente para determinar las velocidades de natación de los nadadores correspondientes a sus umbrales aeróbico y anaeróbico particulares. Dichas velocidades pueden expresarse como velocidades de natación en m/s y luego convertirse en tiempos para las distancias de las repeticiones para utilizarse en el entrenamiento. La figura 16.15 ilustra el procedimiento respectivo. El umbral aeróbico de este nadador se calculó como 1,33 m/s (el primer punto de inflexión en la curva lactato-velocidad). Se ha utilizado el método D-max para localizar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico particular del nadador, que era 1,43 m/s. Se muestran los cálculos para convertir la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico en un tiempo para los 100 m. El tiempo calculado es 1:10. Si este nadador quiere nadar repeticiones de 200 m, simplemente duplica el tiempo, para las repeticiones de 300 lo triplica, etc., para repeticiones de distancias más largas.

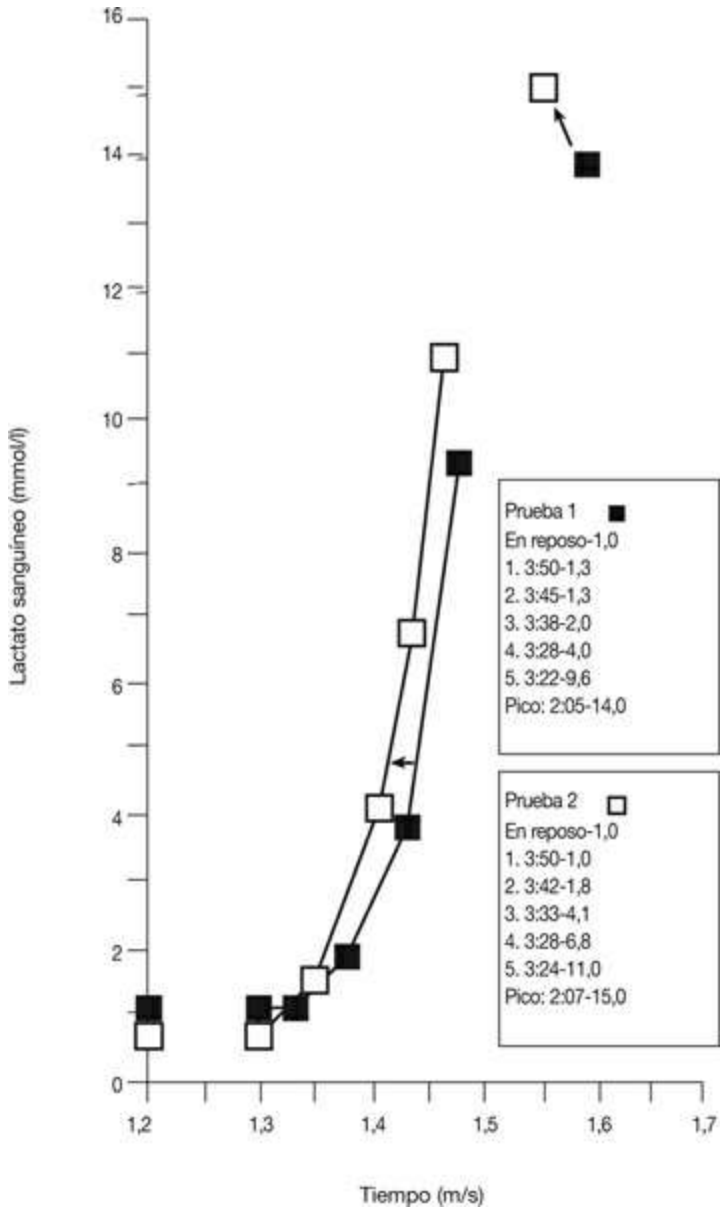


Figura 16.14. Resultados de dos análisis de sangre tomados con un intervalo de 4 semanas y que indican una pérdida considerable de la capacidad aeróbica y un aumento de la potencia anaeróbica.

Un nadador debe realizar la mayor parte de su entrenamiento de resistencia en el rango de tiempos abarcados por su umbral aeróbico y anaeróbico. Debe hacer las series de repeticiones de la resistencia bá-sica en la parte inferior de este rango y las de entrenamiento de resistencia

correspondiente al umbral en la parte superior. Debe nadar las series de repeticiones de resistencia con sobrecarga y las de tolerancia al lactato a velocidades que superen las que corresponden al umbral anaeróbico. El nadador debe realizar el entrenamiento de recuperación a velocidades que sean más lentas que las correspondientes al umbral aeróbico.

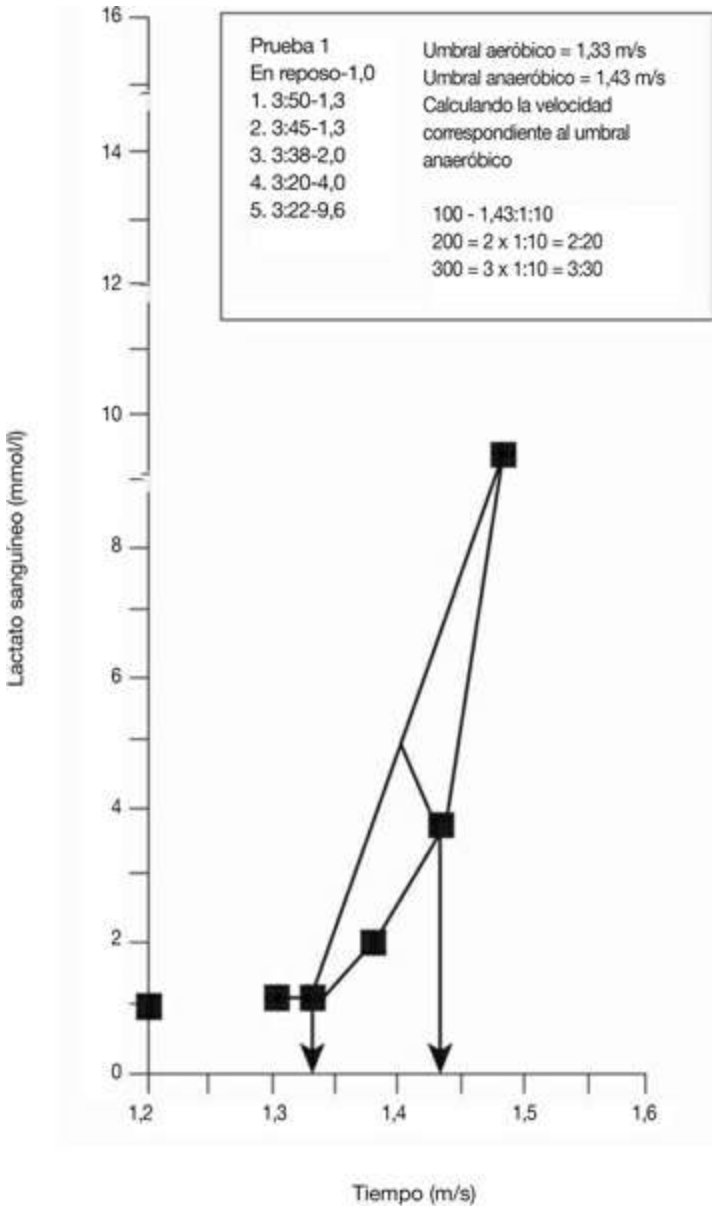


Figura 16.15. Los cálculos para prescribir los tiempos del entrenamiento basados en los resultados de los análisis de sangre.

Algunas personas creen que no se pueden utilizar los resultados de los análisis de sangre para prescribir las velocidades de entrenamiento porque los nadadores experimentan variaciones de su capacidad aeróbica y su potencia anaeróbica diariamente que invalidan los resultados de las pruebas anteriores (Johnson, 1998). De hecho, las respuestas del lactato sanguíneo a ciertas velocidades de entrenamiento varían muy poco de un día para otro hasta que ocurran cambios significativos en la capacidad aeróbica o anaeróbica. Esta conclusión se extrajo de los resultados de un estudio en el que la confiabilidad de varios métodos para determinar el umbral anaeróbico fue comparada mediante pruebas repetidas a lo largo de un período de 5 días (Pfitzinger y Freedson, 1998). Los tiempos de los nadadores y las concentraciones correspondientes de lactato sanguíneo permanecían sorprendentemente similares de un día para otro. Los coeficientes de correlación entre las velocidades correspondientes a cada umbral variaban entre 0,97 y 0,99 a lo largo de los 5 días.

Una sobrecarga progresiva debe ser la piedra angular de cualquier programa de entrenamiento. Por lo tanto, los nadadores deben establecer un mayor rango de velocidades para los tres niveles de entrenamiento de resistencia cuando su curva lactato-velocidad se desplaza a la derecha en pruebas posteriores. La capacidad aeróbica y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica no mejorarán si los nadadores utilizan las mismas velocidades semana tras semana y temporada tras temporada a no ser que aumenten su volumen de entrenamiento o reduzcan el descanso que toman entre las repeticiones. Puntos de referencia tales como la velocidad de natación correspondiente a los umbrales aeróbico y anaeróbico particulares, permiten a los nadadores saber cuándo están preparados para entrenarse a velocidades mayores.

Los entrenadores necesitan ser conscientes de varias fuentes de error cuando prescriben las velocidades de entrenamiento de las pruebas de lactato sanguíneo para que puedan determinar dichas velocidades con exactitud. La primera de éstas se mencionó anteriormente. Las mejores distancias de repetición para prescribir las velocidades del entrenamiento de resistencia son 300 y 400 m y 400 y 500 yardas. Repeticiones de distancias más cortas pueden y deben utilizarse para evaluar cambios en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico, pero no son precisas para prescribir las velocidades de

entrenamiento. Otra fuente de error es que las distancias de prueba de 300 m a 500 yardas sólo son efectivas para prescribir las velocidades de entrenamiento en repeticiones de distancias similares. Estas velocidades deben modificarse un poco para repeticiones más cortas o más largas. Las velocidades de entrenamiento necesitan ser más rápidas para las repeticiones de distancias más cortas y un poco más lentas para las repeticiones más largas porque la distancia de la repetición desempeña un papel en la intensidad metabólica. Las repeticiones más cortas son más fáciles de realizar y la recuperación es más fácil, mientras que las repeticiones de distancias más largas son más difíciles de realizar y necesitan más tiempo de recuperación, incluso cuando la velocidad es la misma para ambos tipos. Por supuesto, la causa de esta diferencia es que el ácido láctico se acumula gradualmente al aumentar la distancia de la repetición.

Tabla 16.2. Factores de corrección para diferentes distancias de repetición e intervalos de descanso

Se presentan a continuación factores de corrección para ajustar las velocidades correspondientes al umbral de 4 mmol/l para nadadores y nadadoras, determinados a partir de la prueba de dos velocidades con 400 m, para otras distancias de repetición y para intervalos de descanso de 10 y 30 s.

		Distancias de repetición			
Sexo	**Intervalo de descanso**	**400**	**200**	**100**	**50**
Mujeres	10 s	100,0%	101,5%	103,0%	110,0%
	30 s	100,5%	102,5%	106,5%	114,0%
Hombres	10 s	99,5%	101,5%	103,0%	108,0%
	30 s	100,5%	102,5%	106,0%	115,0%

Adaptada de Madsen y Lohberg, 1987.

Los intervalos de descanso entre las repeticiones también desempeñan un papel en la determinación del coste metabólico. La intensidad de las repeticiones nadadas a una velocidad determinada aumenta cuando los intervalos de descanso son cortos y disminuye cuando son más largos porque los nadadores pueden eliminar más ácido láctico de sus músculos durante un período más largo de descanso.

Madsen y Lohberg (1987) han publicado factores de corrección para varias distancias de repetición e intervalos de descanso. Dichos factores, enumerados en la tabla 16.2, se basan en las velocidades de entrenamiento determinadas a partir de pruebas de lactato sanguíneo que utilizaron

repeticiones de 400 m.

El gráfico ilustrado en la figura 16.16 muestra curvas lactato-velocidad típicas para un velocista y un fondista. Ambos nadadores realizaron cinco repeticiones de 300 m a velocidades cada vez mayores. Se tomaron muestras de sangre que fueron analizadas para averiguar el contenido de lactato después de cada repetición. A continuación se representaron los resultados del lactato sanguíneo como función de los tiempos que los produjeron. Después de las cinco repeticiones, los nadadores realizaron una toma de tiempo de 200 m con esfuerzo máximo. El valor pico de lactato sanguíneo de dicha repetición también se representó como función del tiempo que lo produjo.

Obsérvese que la curva de lactato-velocidad para el fondista se queda a la derecha de la del velocista. Cuando se compara con el velocista, el fondista tiene velocidades más rápidas correspondientes a concentraciones de lactato sanguíneo similares a lo largo de toda la curva. Obsérvese también que el valor pico de lactato sanguíneo para el fondista es menor, aunque su tiempo para la repetición de 200 m es similar al del velocista.

Si un entrenador pidiese a ambos nadadores representados en la figura 16.16 que nadasen a velocidades que produjeran una concentración de lactato sanguíneo de 4,0 mmol/l, el fondista estaría nadando más rápidamente que su velocidad correspondiente al umbral anaeróbico y, por lo tanto, estaría trabajando más anaeróbicamente que el velocista. El fondista estaría nadando a la velocidad de resistencia con sobrecarga, mientras que el velocista estaría nadando cerca de la velocidad correspondiente a su umbral anaeróbico. Si el objetivo de la serie de repeticiones fuera nadar a las velocidades de resistencia correspondiente al umbral, la intensidad de entrenamiento del fondista estaría evidentemente mal diagnosticada.

Los resultados presentados en la figura 16.16 muestran por qué las velocidades de nadadores diferentes no deben prescribirse a partir de concentraciones determinadas de lactato sanguíneo. De igual forma, no es buena idea utilizar concentraciones determinadas para prescribir velocidades de entrenamiento para un nadador en diferentes momentos del año. La relación entre una concentración particular de lactato sanguíneo y la

intensidad de natación puede cambiar mediante el entrenamiento, con un control inapropiado de las condiciones de la prueba, tales como los depósitos de glucógeno muscular, o a causa de un entrenamiento con pesas menos de 24 horas antes de la prueba.

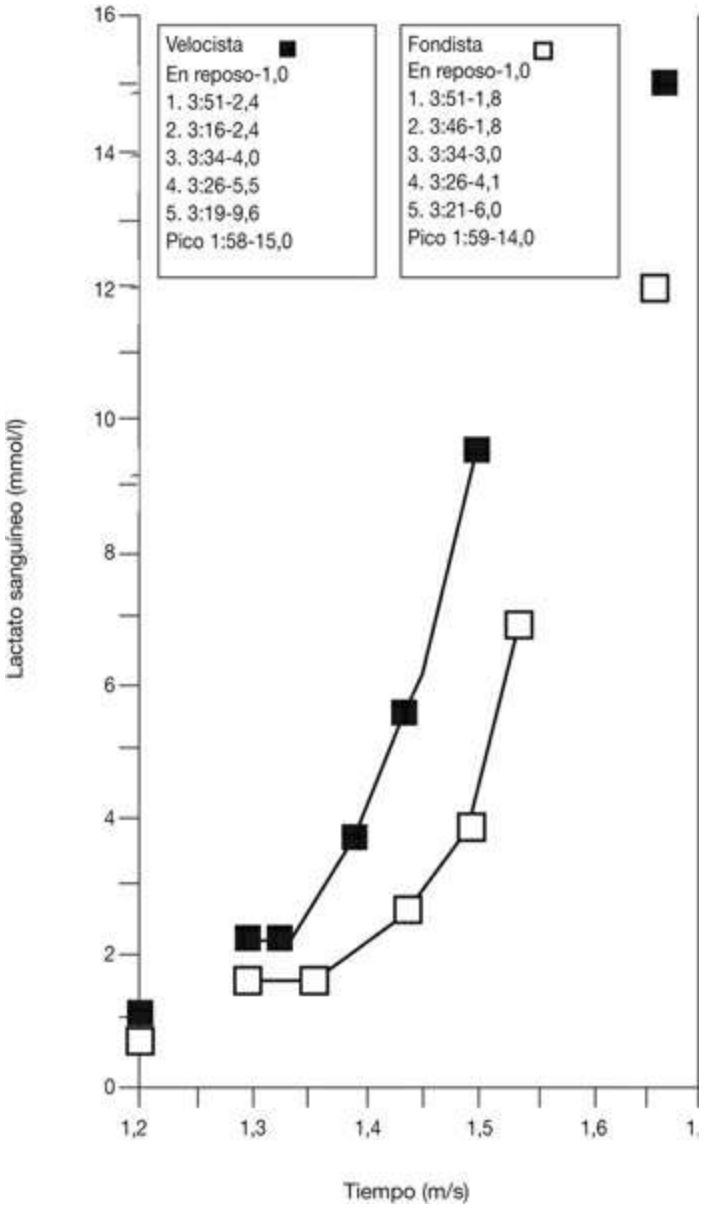


Figura 16.16. Los resultados de los análisis de sangre de un velocista y un fondista.

Las concentraciones de lactato sanguíneo que corresponden a los umbrales aeróbico y al anaeróbico particulares de nadadores se ven reducidas generalmente por el entrenamiento de resistencia y aumentadas por el entrenamiento de velocidad. Esto ocurre porque el entrenamiento de resistencia reduce la tasa de ácido láctico producido y aumenta la tasa de su eliminación de los músculos. Por lo tanto, aunque la velocidad que corresponde a estos umbrales puede aumentar, la concentración en la que empieza la acumulación rápida de lactato en la sangre puede realmente disminuir.

El entrenamiento de velocidad producirá el efecto opuesto. Aumentará las concentraciones de lactato sanguíneo que corresponden a los varios umbrales, incluso cuando no haya ocurrido ningún cambio en la capacidad aeróbica o la anaeróbica. Sin embargo, las velocidades de natación que corresponden a estos umbrales pueden no cambiar porque el entrenamiento de velocidad aumenta la tasa de producción de lactato. Por lo tanto, puede haber más lactato en la sangre a una velocidad dada de natación cuando las tasas de movimiento de esta sustancia dentro y fuera de la sangre están equilibradas. Utilizando uno de los métodos de intersección, tales como el método D-max modificado, se pueden reducir los errores de interpretación cuando los causa el entrenamiento de velocidad o de resistencia. Este método identificará las velocidades de natación a las que los umbrales han aumentado o disminuido. Los puntos de inflexión del lactato simplemente empezarán a concentraciones de lactato más bajas o más altas. No obstante, las velocidades de natación correspondientes a estos umbrales serán precisas (McKenzie y Mavrogiannis, 1986).

La verificación de los resultados de los análisis de sangre

Se pueden cometer tantos errores posibles durante la administración y la interpretación de los análisis de sangre, que los entrenadores nunca deberían prescribir las velocidades de entrenamiento sin primero verificar que los resultados en los que las basaron eran precisos. Una manera de hacerlo es

tomar una muestra de sangre cuando los nadadores están nadando una serie de repeticiones a una velocidad previamente prescrita. Si las distancias de la repetición, la velocidad de entrenamiento y los intervalos de descanso están adecuadamente corregidos según las cifras presentadas en la tabla 16.2, la muestra de sangre, una vez analizada, debe presentar la misma concentración de lactato que se obtuvo con una velocidad similar durante la prueba de los análisis.

Otra manera de verificar los resultados de las pruebas con análisis de sangre es hacer que los nadadores realicen dos series largas de repeticiones a su velocidad prescrita correspondiente al umbral. El volumen de la serie debe estar entre 2.000 y 4.000 m o yardas. Las distancias de las repeticiones deben ser similares a las que se utilizaron durante la prueba de análisis, y el tiempo de salida debe corresponder a los típicos del entrenamiento. El tiempo de las repeticiones debe corregirse según la tabla 16.2 si el tiempo de salida proporciona intervalos de descanso de más de 10 a 30 s. Si un nadador concreto no puede terminar una de estas series de verificación, la velocidad media de la serie era evidentemente más rápida que su velocidad actual correspondiente al umbral anaeróbico. Si el nadador puede terminar la serie fácilmente, la velocidad media estaba por debajo de la velocidad actual correspondiente al umbral anaeróbico. Los que terminan la serie con dificultad están probablemente entrenándose muy cerca del nivel de su umbral anaeróbico particular, y pueden utilizar los resultados de los análisis de sangre con confianza para prescribir las velocidades de las otras series de repeticiones.

Los nadadores que no terminan sus series de verificación pueden encontrar su velocidad real correspondiente al umbral anaeróbico terminando series similares a velocidades cada vez más lentas, en días consecutivos, hasta que encuentren la velocidad media más rápida a la que pueden terminar la serie. Esta velocidad será la correspondiente al entrenamiento al nivel del umbral, y pueden ajustarla para prescribir el entrenamiento de resistencia para otras series de repeticiones.

Los nadadores que terminan las series de verificación fácilmente deben utilizar el procedimiento opuesto. Deben repetir la serie de verificación, en días consecutivos, aumentando paulatinamente la velocidad media hasta que

no logren terminarla. La velocidad de la última serie que terminaron probablemente se aproxima a la velocidad correspondiente a su umbral anaeróbico particular.

Estas series de verificación pueden parecer pesadas a causa de la gran cantidad de tiempo requerido para determinar una velocidad verdaderamente equivalente al umbral. Pero valen la pena. Las series de verificación sirven como excelentes vehículos para el entrenamiento de resistencia, y su naturaleza experimental proporciona un propósito que hace que practicarlas sea más interesante.

La comparación del rendimiento potencial con los análisis de sangre

La última utilidad de las pruebas con análisis de sangre es comparar el potencial del rendimiento de un nadador con el de otro. Cuando se intenta hacer dicha comparación, se trabaja con dos supuestos generales. El primero es que el nadador que hizo el mejor tiempo con niveles más bajos de lactato sanguíneo será más rápido en la competición que los competi-dores que produjeron concentraciones más altas de lactato sanguíneo a la misma velocidad de natación. El segundo es que los mediofondistas y fondistas potenciales tendrán velocidades más altas correspondientes a sus umbrales aeróbico y anaeróbico que los velocistas.

El primer supuesto se justifica en grupos heterogéneos de nadadores, pero se debe ser precavido al juzgar a los miembros de grupos homogéneos. Sharp y colaboradores (1984a) compararon las curvas lactato-velocidad de miembros del equipo olímpico estadounidense de 1984 con las de nadadores universitarios no olímpicos. Los olímpicos tenían una velocidad significativamente más alta a una concentración determinada de lactato de 4 mmol/l. Los nadadores olímpicos tenían una velocidad media de 1,54 m/s comparada con 1,44 para los universitarios no olímpicos. En las nadadoras, la diferencia era de 1,47 m/s comparada con 1,29 m/s a favor de las olímpicas. Estas diferencias eran significativas, pero no fue posible seleccionar a los

mejores competidores dentro del grupo homogéneo de los nadadores olímpicos utilizando su velocidad de natación a 4 mmol/l, probablemente porque la diferencia de esta velocidad era más pequeña entre los olímpicos que entre los olímpicos y no olímpicos.

Los entrenadores deben tener cuidado cuando utilizan la velocidad correspondiente al umbral para comparar el rendimiento potencial de nadadores con habilidades similares. Aunque la relación entre el rendimiento y los umbrales anaeróbicos tanto fijos como particulares es bastante alta, representa sólo el 80% de la diferencia de tiempo en las pruebas de 400 m y más, y sólo el 60% de la diferencia en pruebas de 100 y 200 m o yardas. Ambos porcentajes dejan una buena parte del rendimiento sin explicación. Por lo tanto, sería difícil predecir cuál de dos nadadores olímpicos ganaría una prueba basándose sólo en su velocidad al nivel del umbral.

Otros protocolos con análisis de sangre

Todos los ejemplos de protocolos con análisis de sangre que he utilizado hasta ahora han implicado una prueba progresiva con distancias de repetición de 300 m seguida de una repetición de 200 m con esfuerzo máximo. He utilizado este protocolo a lo largo de los años y he estado contento con los resultados obtenidos. Dicho procedimiento proporciona buenas estimaciones de las diversas velocidades correspondientes al umbral y es una buena base para evaluar los cambios inducidos por el entrenamiento en el metabolismo aeróbico o el anaeróbico. Si el aumento de la velocidad de una repetición de 300 m a la siguiente se mantiene dentro de 6 s, es posible localizar los umbrales aeróbicos y anaeróbicos dentro de un rango de 1 ó 2 s por 100 m. El uso de la prueba de los 300 m también reduce el número de correcciones requeridas para las velocidades comunes para las repeticiones. Por consiguiente, proporciona un buen método para prescribir las velocidades de entrenamiento. Sin embargo, se están utilizando muchos protocolos con análisis de sangre y me gustaría describir los mejores en las próximas secciones.

La prueba progresiva de 5 x 200. Una de las pruebas escalonadas más populares para realizar los análisis de sangre es la prueba progresiva 5 x 200. Esta prueba es un protocolo excelente para evaluar los cambios del metabolismo aeróbico y el anaeróbico por toda la gama de esfuerzos desde lento hasta máximo. La prueba tiene una desventaja. No es útil para prescribir las velocidades de entrenamiento porque la distancia de la repetición es demasiado corta. Esto hace que se sobrevalore la velocidad del nadador a los umbrales aeróbico y anaeróbico. El protocolo para la prueba progresiva de 5 x 200 se presenta a continuación.

1. El nadador realiza 2 x 200 a velocidades aproximadamente de 24 a 27 s más lentas que su mejor tiempo para los 200 m. Hay un descanso de 1 min entre las repeticiones. Se toma una muestra de sangre dentro del primer minuto después de la segunda repetición de 200.
2. El nadador realiza 1 x 200 con su mejor tiempo más 16 a 18 s y descansa durante aproximadamente 5 min después de la repetición. Se toman dos muestras de sangre durante el período de descanso, la primera después del primer minuto de haber terminado la repetición y la segunda 3 min después de haberla terminado.
3. El nadador realiza 1 x 200 con su mejor tiempo más 8 ó 9 s y descansa durante 20 min después. Se toman tres muestras de sangre, la primera a los 3 min, la segunda a los 5 min y la tercera a los 7 min después de terminar la repetición.
4. El nadador realiza 1 x 200 con esfuerzo máximo. Se toman tres muestras de sangre a los 3, 5 y 7 min después de haber terminado la repetición.

La prueba progresiva de 8 x 100. Otra prueba excelente para evaluar los cambios del metabolismo aeróbico y el anaeróbico es la prueba progresiva de 8 x 100. Esta prueba es particularmente buena para utilizarla con velocistas a causa de la distancia corta de la repetición, pero dichas distancias cortas la invalidan para calcular los umbrales y prescribir la velocidad de entrenamiento.

1. El nadador realiza 3 x 100 al 75% del esfuerzo máximo, tomando un descanso de 1 min entre las repeticiones. Después de la tercera repetición descansa durante 3 min. Se toma una muestra de sangre entre el segundo y el tercer minuto de dicho descanso.
2. El nadador realiza 2 x 100 repeticiones al 85% del esfuerzo máximo, tomando 1 min de descanso después de la primera y 4 min de descanso después de la segunda. Se toma una muestra de sangre entre el tercer y cuarto minuto del período de descanso.
3. El nadador realiza 1 x 100 al 90% del esfuerzo máximo y luego descansa durante 6 min. Se toma una muestra de sangre entre el cuarto y el quinto minuto de dicho descanso.
4. El nadador realiza 1 x 100 al 95% del esfuerzo máximo y luego descansa durante 20 min. Se toma una muestra de sangre entre el quinto y el sexto minuto de dicho descanso.
5. El nadador realiza 1 x 100 al 100% del esfuerzo máximo. Se toman muestras de sangre a los 3, 5, 7 y 9 min después de terminar la repetición.

Se puede seguir el mismo protocolo utilizando 8 repeticiones de 200. Dicho procedimiento está bien adaptado para evaluar los cambios inducidos por el entrenamiento en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico de los nadadores de 200, pero, al igual que la prueba progresiva de 8 x 100, no es un procedimiento válido para estimar las velocidades correspondientes a los umbrales o para prescribir las velocidades de entrenamiento de los nadadores que compiten en los 200 m o cualquier otra distancia.

La prueba progresiva de 6 x 400. Una buena prueba para evaluar los cambios inducidos por el entrenamiento en el metabolismo aeróbico y el anaeróbico para los mediofondistas y fondistas es la prueba progresiva de 6 x 400. A diferencia de los dos anteriores protocolos, proporcionará estimaciones razonablemente precisas de las diversas velocidades

correspondientes a los umbrales y puede utilizarse para prescribir las velocidades de entrenamiento. El protocolo se realiza de la siguiente forma:

1. El nadador realiza 3 repeticiones de 400 al 85% del esfuerzo máximo, tomando 1 min de descanso después de cada repetición. Descansa durante 3 min después de la tercera repetición. Se toma una muestra de sangre entre el segundo y el tercer minuto de dicho período de descanso.
2. El nadador realiza 1 x 400 al 90% del esfuerzo máximo y descansa 6 min después de terminarlos. Se toma una muestra de sangre entre el quinto y el sexto minuto del período de descanso.
3. El nadador realiza 1 x 400 al 95% del esfuerzo máximo y descansa durante 20 min. Se toma una muestra de sangre entre el quinto y sexto minuto del período de descanso.
4. El nadador realiza 1 x 400 al 100% del esfuerzo máximo. Se toman 3 muestras de sangre, a los 5, 7 y 9 min de haber terminado la repetición.

El protocolo V4. Mader y colaboradores (1976) sugirieron utilizar un valor determinado de lactato sanguíneo de 4 mmol/l para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica y prescribir las velocidades para el entrenamiento de resistencia. Llamaron a la velocidad que producía esta concentración la *velocidad V4*. A diferencia de lo que se cree popularmente, nunca pretendieron representar la velocidad V4 como el umbral anaeróbico particular. En lugar de esto creían que era un punto de referencia excelente para medir los cambios de la capacidad aeróbica.

El protocolo para determinar la capacidad aeróbica mediante la velocidad V4 implica realizar dos repeticiones de 400 m ó 500 yardas a velocidades cada vez mayores. Además se puede incluir una repetición de esfuerzo máximo de 100 ó 200 m o yardas en el protocolo para que también se puedan evaluar los efectos del entrenamiento sobre la capacidad anaeróbica. Combinando estas pruebas de capacidades aeróbica y anaeróbica se tiene un

procedimiento excelente para evaluar los cambios en el metabolismo tanto aeróbico como anaeróbico. Con sólo una pequeña cantidad de trabajo adicional, el protocolo puede utilizarse también para prescribir las velocidades de entrenamiento. Se realiza el protocolo V4 de la siguiente manera:

1. Se mide la concentración de lactato sanguíneo del nadador en reposo antes de la primera repetición. Dicha concentración debe ser la normal de reposo. Si no lo es, el nadador debe realizar unas repeticiones suaves hasta que baje hasta dicho nivel.
2. El nadador realiza dos repeticiones de 400 m ó 500 yardas, descansando 15 min entre ellas para impedir la acumulación de lactato sanguíneo. Luego nada suavemente de 10 a 12 min durante el período de descanso para bajar la concentración de lactato sanguíneo más rápidamente. El tiempo de la primera repetición debe ser aproximadamente 30 s más lento que el mejor tiempo para la distancia de la repetición, y la segunda debe ser entre 15 y 20 s más lenta que el mejor tiempo. Se toman muestras de lactato sanguíneo al minuto y a los 3 min de terminar cada repetición. El más alto de los dos resultados se registra como el valor oficial de esta repetición. Los valores de lactato sanguíneo deben estar cercanos o ser superiores a los 4 mmol/l después de la primera repetición y por encima de los 4 mmol/l para la segunda. Se tendrá que repetir la prueba y ajustar los tiempos de natación si las concentraciones de lactato no son suficientemente altas.
3. El nadador descansa durante 30 min después de la segunda repetición de 400 m y nada suavemente durante 10 a 15 min de dicho tiempo para mejorar la eliminación de lactato de la sangre.
4. Se mide la concentración de lactato sanguíneo para asegurar que haya vuelto a los niveles de descanso. Si no lo ha hecho, el nadador descansa más tiempo.
5. El nadador realiza 1 x 100 a velocidad máxima. Empezando a los 3 min de haber terminado la repetición, se toman muestras de sangre a intervalos de 2 min hasta que los valores empiecen a disminuir. Se

registra la concentración más alta de lactato sanguíneo como el valor pico.

Una repetición con ritmo marcado de 200. David Costill desarrolló la repetición con ritmo marcado de 200. Apropiado para evaluar cambios en la capacidad aeróbica, el procedimiento es fácil de administrar e interpretar (Wilmore y Costill, 1999). Pero no se puede utilizar la prueba para prescribir las velocidades de entrenamiento.

El protocolo implica que el nadador complete una repetición de la distancia de 200 m o yardas. Se debe recorrer la distancia a una velocidad estable y se debe repetir periódicamente a lo largo de la temporada para evaluar cambios del metabolismo aeróbico. Se debe utilizar una máquina que marca el ritmo para asegurar que los nadadores registren el mismo tiempo con el mismo ritmo estable de prueba en prueba. El tiempo para la repetición con ritmo marcado de 200 debe representar un esfuerzo difícil para el nadador, que debe terminarla a una velocidad del 90% al 95% del mejor tiempo actual para esta distancia. Se deben tomar muestras de sangre a intervalos de 2 min empezando 1 min después de terminar la repetición, hasta que se haya determinado el valor más alto de lactato sanguíneo del nadador. Factores ajenos al entrenamiento que podrían afectar los resulta-dos de la prueba, por ejemplo, el entrenamiento con pesas o el agotamiento del glucógeno muscular, deberían controlarse de una prueba a otra. Los nadadores no deben levantar pesas el día de la prueba ni el día anterior, y se les debe permitir nadar suavemente durante unos días antes de cada prueba. Se debe realizar la prueba por la tarde.

Se puede confiar en que la capacidad aeróbica del nadador está mejorando si su nivel pico de lactato sanguíneo disminuye después de la repetición con ritmo marcado de 200 de una prueba a la siguiente. Se deben examinar las razones de la falta de adaptación si la concentración de lactato sanguíneo aumenta de una prueba a la siguiente.

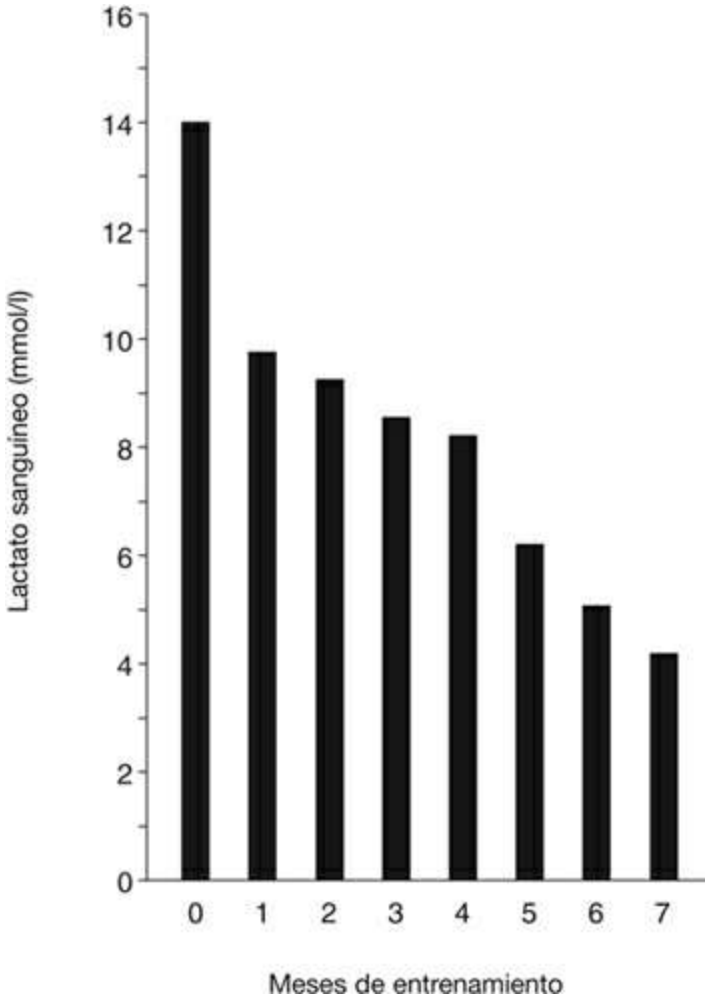


Figura 16.17. El protocolo para la repetición con ritmo marcado de 200 para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica. Esta prueba utiliza sólo una repetición con ritmo marcado de 200 administrada periódicamente a lo largo de la temporada de natación para evaluar cambios de la capacidad aeróbica. La repetición inicial debe representar un esfuerzo razonablemente difícil. Una disminución del lactato sanguíneo en estas repeticiones a lo largo de la temporada, como se ilustra aquí, sugiere que ha mejorado la capacidad aeróbica.

Adaptado de Wilmore y Costill, 1999.

El gráfico presentado en la figura 16.17 muestra cómo las concentraciones de lactato sanguíneo medidas después de la repetición con ritmo marcado de 200 disminuyeron para un nadador a lo largo de una temporada competitiva. Esta prueba tiene varias ventajas comparada con otros procedimientos con

análisis de sangre. Una es que el tiempo y la velocidad de la repetición se controlan cuidadosamente de una prueba a otra. Por lo tanto, variables que complican la prueba como una falta de ritmo estable o una mala recuperación probablemente no influirán en las concentraciones de lactato sanguíneo de una prueba a otra. Otra ventaja es la facilidad de administración. Los nadadores terminan sólo una repetición submáxima, y sólo se necesitan tomar algunas muestras de sangre después de ella. Una ventaja final es la facilidad de interpretación. No es necesario representar los resultados gráficamente ni interpretar los valores correspondientes al umbral. El valor pico de lactato sanguíneo que sigue a la repetición aumenta o no. Por consiguiente, es fácil evaluar si la capacidad aeróbica del nadador ha aumentado o no.

Otros métodos para hacer un seguimiento del entrenamiento de resistencia

Es importante realizar un seguimiento de la resistencia para que los nadadores alcancen el éxito. Aunque los análisis de sangre son ciertamente el mejor método para este fin, no están a disposición de la mayoría de los entrenadores y nadadores. Carecen del equipamiento, de la destreza y de la financiación, y si tienen muchos nadadores, del tiempo necesario para realizar las pruebas. Se deben mantener condiciones estériles durante las pruebas para eliminar los peligros de contraer el VIH. Dichas razones hacen imperativo que se desarrollen otros métodos para hacer un seguimiento de los efectos del entrenamiento y prescribir las velocidades del mismo.

Las formas tradicionales de hacer un seguimiento utilizadas por los entrenadores han sido:

1. Con cronómetros y el reloj de la piscina.

2. Con la frecuencia cardíaca.
3. Mediante la intuición.

Todos estos métodos tienen sus ventajas e inconvenientes. Su ventaja es la facilidad de la administración. Su principal desventaja reside en la falta de precisión. No obstante, proporcionan datos cuantitativos y cualitativos que pueden ayudar a los entrenadores a juzgar mejor la efectividad de su entrenamiento. Las siguientes secciones presentarán algunas de las mejores pruebas y tratarán de algunos procedimientos comúnmente utilizados que no son muy precisos. Se presentará la utilización de la frecuencia cardíaca para hacer un seguimiento del entrenamiento en una sección especial ya que representa un método muy popular.

El primer método incruento para hacer un seguimiento de la naturaleza de los efectos del entrenamiento y para prescribir las velocidades de entrenamiento es uno de los mejores. La prueba ha sido llamada la T-30 y la T-3.000. Utilizaré este último término.

La prueba T- 3.000

Desarrollada por Olbrecht y sus colaboradores (1985), del Instituto de Medicina Deportiva de Colonia, Alemania, la prueba T-3.000 puede aplicarse de dos formas. En el primer método, los sujetos pueden nadar durante 30 min y registrar la distancia recorrida. En el segundo, pueden nadar y cronometrar el tiempo de 3.000 m o yardas. Sea cual sea el método utilizado, una repetición de 30 min o de 3.000 m o yardas, el esfuerzo debe ser máximo y el ritmo estable de principio a fin. Luego se convierten los resultados en una velocidad media para los 100 m dividiendo la distancia nadada en 100 m por el tiempo tardado para toda la distancia en segundos. El procedimiento para calcular una velocidad correspondiente al umbral por 100 m de una repetición

de 3.000 m se ilustra en la figura 16.18.

En este caso, el nadador recorrió una distancia de 3.000 m en 35 min (2.100 s), que representa una velocidad media de 1:10 por 100 m (2.100 ÷ 30 = 70 s).

Olbrecht y colaboradores encontraron que la velocidad media para la T-3.000 correspondía estrechamente con la velocidad que producía una concentración de ácido láctico en sangre de 4 mmol/l durante una prueba típica con análisis de sangre. Investigaciones posteriores mostraron que el tiempo de la T-3.000 se correspondía aún más estrechamente al umbral anaeróbico particular de cada nadador (Matsuname *et al.*, 1999b). Mis propias investigaciones sin publicar también han mostrado que la prueba T-3.000 se corresponde estrechamente con el umbral anaeróbico particular de los nadadores.

La prueba T-3.000 produce una estimación precisa de la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico particular del nadador porque es muy larga. La mayoría de los nadadores no pueden mantener una velocidad por encima de su umbral anaeróbico particular durante mucho más tiempo de 30 min sin perturbar el equilibrio entre la producción de ácido láctico y su eliminación en los músculos e incurrir en acidosis (Stegmann y Kindermann, 1982).

La prueba T-3.000

Tiempo de la repetición de 3.000 = 35 min (2.100 s)

Velocidad por 100 m = 2.100 ÷ 30 = 1:10

Velocidad para otras distancias = 1:10 x (distancia por 100)

Ejemplo: tiempo para 400 m = 1:10 x 4 = 4:40

Factores de corrección: 200 s = tiempo del T-3.000 – 2 s

100 s = tiempo de T-3.000 – 1,5 s

50 s = tiempo de T-3.000 – 1 s

Figura 16.18. El procedimiento para calcular una velocidad de entrenamiento correspondiente al umbral de una repetición de 3.000 m. El tiempo de la repetición, en segundos, es dividido entre 30 (el número de tramos de 100 nadados), y la velocidad correspondiente al umbral por 100 m es el cociente.

Aunque la prueba T-3.000 es fácil de administrar, hay que tomar algunas precauciones para mejorar el resultado. Una es que los nadadores deben establecer un ritmo estable. Los que empiezan demasiado deprisa desacelerarán más tarde a causa de la acidosis, con el resultado de que el tiempo registrado para la distancia dará una velocidad correspondiente al umbral que es más lenta de la que corresponde al umbral anaeróbico del nadador. Si los nadadores nadan a un ritmo estable y tratan la prueba T-3.000 como una toma de tiempo de esfuerzo máximo, los resultados proporcionarán una velocidad precisa correspondiente al umbral. La prueba T-3.000, realizada con esfuerzo máximo, puede producir un resultado más preciso que el de un análisis de sangre porque el resultado no es tan fácil de malinterpretar.

Los resultados de las pruebas de T-3.000 son útiles para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica. Evidentemente, una mejora del tiempo del nadador significa que sus tasas de metabolismo aeróbico y de eliminación del lactato de los músculos y de la sangre han mejorado. El significado de los tiempos más lentos es más difícil de interpretar. Un tiempo más lento en una prueba posterior podría significar que la capacidad aeróbica ha empeorado o que el nadador no se ha esforzado tanto. Por esta razón, los nadadores deben estar motivados para terminar la distan-cia de 3.000 como una toma de tiempo de esfuerzo máximo.

La velocidad correspondiente al umbral calculada a partir de una prueba T-3.000 también puede utilizarse para prescribir el entrenamiento en repeticiones de otras distancias y a otros niveles de entrenamiento de resistencia. Repeticiones de otras distancias para el entrenamiento al nivel del umbral serían simplemente múltiplos del tiempo correspondiente. Por ejemplo, si 1:10 es el tiempo correspondiente al umbral calculado a partir de una T-3.000, las repeticiones de 300 se nadarían en aproximadamente 3:30 (3 x 1:10), y las de 800 se nadarían en tiempos de alrededor de 9:20 (8 x 1:10). Se pueden determinar las velocidades del entrenamiento de resistencia básica

añadiendo de 3 a 6 s por 100 m o yardas al tiempo correspondiente al umbral, y la velocidad para el entrenamiento de resistencia con sobrecarga debe ser más rápida que la correspondiente al umbral.

Debería mencionar que las velocidades correspondientes al umbral por 100 m o yardas calculadas a partir de una prueba T-3.000 sólo son precisas para las distancias de 300 m o más y para intervalos de descanso de 10 a 20 s. Es necesario modificarlas para distancias más cortas e intervalos más largos. Los factores de corrección para la distancia de 200 m y menos se presentan en la figura 16.18.

La prueba T-3.000 es un método práctico para evaluar la capacidad aeróbica de nadadores absolutos, y puede adaptarse fácilmente a nadadores más jóvenes, mayores y aquellos que tienen menos capacidad que no pueden terminar 3.000 m o yardas en el tiempo aproximado de 30 min. Esto se logra acortando la distancia a una que puedan nadar en aproximadamente 30 a 35 min.

La prueba T-2.000

Se desarrolló esta prueba como alternativa a la T-3.000 porque algunos nadadores encontraron la menor distancia más a su gusto. Se encontró que la T-2.000 producía velocidades equivalentes al umbral por 100 m o yardas que eran similares a las de la prueba T-3.000 a pesar de la menor distancia. En un estudio, el tiempo medio para los 100 m calculado para un grupo de nadadores de competición con las dos pruebas difería en sólo 0,20 s, 1:10,92 para la T-3.000 comparado con 1:11,12 para la T-2.000 (Matsunami *et al.*, 1999).

Al igual que la T-3.000, los resultados de una prueba T-2.000 consecutiva son útiles para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica. El tiempo medio para los 100 m en una prueba T-2.000 también puede predecir las velocidades de entrenamiento. Sin embargo, en este caso se deben reducir un poco los tiempos de las repeticiones de distancias de 100 m y menos a causa del

menor número de virajes, y el tiempo de las repeticiones de 200 m o yardas o más deben aumentarse a causa de la menor distancia recorrida en esta prueba. Generalmente, el tiempo para las repeticiones de 50 m debe ser la mitad del tiempo correspondiente al umbral de la T-2.000 por 100 m o yardas menos 2 s, y el tiempo de las repeticiones de 100 debe ser 1 s más rápido que el tiempo correspondiente al umbral de la T-2.000 por 100 m o yardas. Generalmente se deben añadir de 2 a 4 s por 100 m o yardas al tiempo correspondiente al umbral de la T-2.000 para repeticiones de 300 m o yardas y más (Touretski, 1994). Por ejemplo, un nadador con un tiempo correspondiente al umbral de la T-2.000 de 1:10 para los 100 m nadaría las repeticiones de 400 m en aproximadamente 4:56 (4 x 1:14). Al igual que la T-3.000, los tiempos para el entrenamiento de resistencia básica calculados a partir de una T-2.000 deben ajustarse hacia arriba añadiendo de 3 a 6 s por 100, y los tiempos correspondientes al entrenamiento de resistencia con sobrecarga deben ser más rápidos que los correspondientes al umbral en la T-2.000.

La prueba T-1.000

Recientemente, Matsunami y colaboradores (1999a) compararon la precisión de una serie de distancias de prueba de 3.000 a 600 m para estimar el umbral anaeróbico. Su criterio objetivo era una prueba progresiva de lactato que estimaba la velocidad a la que el lactato sanguíneo empezaba a acumularse de forma lineal. Encontraron que una distancia de prueba de 1.000 m proporcionó la relación más cercana a las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico predichas con el criterio objetivo. Por consiguiente, propusieron que se podría utilizar una toma de tiempo de 1.000 m o yardas en lugar de la de 2.000 ó 3.000 m o yardas para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica y prescribir las velocidades de entrenamiento.

Habiendo utilizado una serie de estas pruebas a lo largo de varios años, encuentro difícil aceptar estos resultados. Mi experiencia es que los nadadores pueden nadar una distancia de 1.000 m más rápidamente que al nivel de su umbral anaeróbico. Dudo que se pueda utilizar esta prueba con

confianza para determinar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico, pero puede tener algún valor para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica. Dada la distancia de la prueba, la T-1.000 puede ser una prueba excelente para reflejar un cambio en la pendiente de la curva de velocidad a concentraciones de lactato de entre 5 y 10 mmol/l. Como tal, podría utilizarse para evaluar cambios en la parte lineal de la curva lactato-velocidad.

La velocidad crítica de natación

Wakayoshi y colaboradores (1992a, 1992b) desarrollaron la prueba de velocidades críticas de natación para estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico para el entrenamiento de resistencia. Definieron la *velocidad crítica de nado* (CSS en sus siglas en inglés) como la velocidad más rápida que un nadador podría mantener continuamente sin agotarse. Por lo tanto, creían que representa la velocidad que corresponde al estado estable máximo de lactato de un nadador. La literatura también se refiere a esta prueba como *velocidad crítica* (V_{crit}).

El procedimiento para determinar la velocidad crítica de natación se desarrolló a partir del concepto de potencia crítica (W_{crit}) propuesto primero para grupos musculares individuales por Monod y Scherrer (1965). Definieron potencia crítica como "la tasa máxima que un músculo puede mantener durante mucho tiempo sin fatigarse". Los investigadores probaron el nivel de trabajo de potencia crítica para el cuerpo entero en bicicleta (Jenkins y Quigley, 1990; Moritani *et al.*, 1981), kayak (Ginn y Mackinnon, 1989) y sobre el tapiz rodante (Hughson, Orok y Staudt, 1984), y todos encontraron que era similar al nivel de intensidad que corresponde al umbral anaeróbico individual.

Como ya se ha mencionado, Wakayoshi y colaboradores (1992a, 1992b) adaptaron el concepto de potencia crítica a la natación desarrollando varios protocolos para determinar la velocidad crítica de natación que correspondería al umbral anaeróbico particular del nadador. Dichos

procedimientos implican nadar un mínimo de dos tomas de tiempo empezando en el agua, aunque se recomiendan tres o más pruebas. Cualquier combinación de las siguientes distancias para las tomas de tiempo ha sido recomendada para este fin: 50, 100, 200 y 400 m o yardas. Cuando sólo se utilizan dos tomas de tiempo, las distancias deben ser muy diferentes. Por ejemplo, la primera debe ser de 50 ó 100 m y la segunda debe ser de 400 m o yardas. Los nadadores deben descansar por lo menos 30 min después de cada una para asegurar una recuperación adecuada.

Los que desarrollaron la prueba recomiendan que se naden las distancias durante un período de 2 ó 3 días cuando se utilizan tres o cuatro tomas de tiempo. Por ejemplo, cuando se utilizan tres, los nadadores deben completar dos tomas de tiempo el primer día y la tercera el segundo día. Cuando se utilizan cuatro, los nadadores podían realizar dos el primer día, la tercera el segundo día y la cuarta el tercer día.

Después de realizar las tomas de tiempo se pueden utilizar los tiempos y las distancias para calcular una ecuación normal de regresión lineal. Esta ecuación de regresión es esencialmente una recta de mínimos cuadrados establecida entre las distancias de las tomas de tiempo y los tiempos registrados en ellas. La pendiente de esta línea de regresión define el cambio esperado en el tiempo para cada cambio en la distancia. En otras palabras, representa el número medio de metros recorridos durante cada segundo de natación para distancias de entre 50 y 400 m. La pendiente de esta línea de regresión es, por lo tanto, igual a la velocidad crítica de natación. Esta velocidad puede representarse como un tiempo por 100 m simplemente dividiéndolo entre 100.

Se presenta en la figura 16.19 una representación gráfica del proceso de calcular la pendiente de la línea de regresión de los resultados de las pruebas con las tomas de tiempo de 50, 100, 200 y 400 m. Representar los tiempos como función de las distancias de estas tomas de tiempo produce una pendiente que expresa la velocidad crítica como 1,511 m/s. Se supone que ésta es la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico del nadador. Para prescribir la velocidad de entrenamiento, la velocidad crítica de natación (o velocidad correspondiente al umbral) para una repetición de cualquier distancia puede calcularse dividiendo esta velocidad crítica en metros por

segundo entre la distancia deseada. La velocidad crítica de natación para una distancia de 100 m se calculó en la figura 16.19 dando un resultado de 1:06,23 para los 100 m.

La figura 16.20 ilustra un procedimiento más sencillo para calcular la velocidad crítica de natación de dos tomas de tiempo. En este caso, la distancia y el tiempo de la prueba más corta fueron restados de los de la prueba más larga. El resultado en distancia luego se dividió por el resultado en tiempo, y el cociente era la velocidad crítica de natación en m/s, que era 1,518 m/s en el ejemplo. El cálculo de un tiempo para los 100 m dio como resultado 1:05,80 para la velocidad crítica.

Cuando se calcula la velocidad crítica de nado de la fórmula presentada en la figura 16.20, es mejor utilizar tomas de tiempo de 200 y 400 m. Utilizar distancias más cortas, por ejemplo 50 y 100 m, sobrevalorará la velocidad crítica de natación (Pelayo *et al.*, 2000).

Una vez calculada, la velocidad crítica de natación puede utilizarse para prescribir los tiempos de entrenamiento para las series de repeticiones. Por ejemplo, si el nadador representado por los datos ilustra-dos en la figura 16.20 quería terminar una serie de repeticiones de 400 m a su velocidad crítica o correspondiente al umbral, sus tiempos deben ser aproximadamente 4:24 por repetición (4 x 1:05,80). Sus tiempos para el entrenamiento de resistencia básica deben ajustarse hacia arriba en 3 a 6 s por 100 m, y sus tiempos para el entrenamiento de resistencia con sobrecarga deben ser más rápidos que su velocidad crítica de natación.

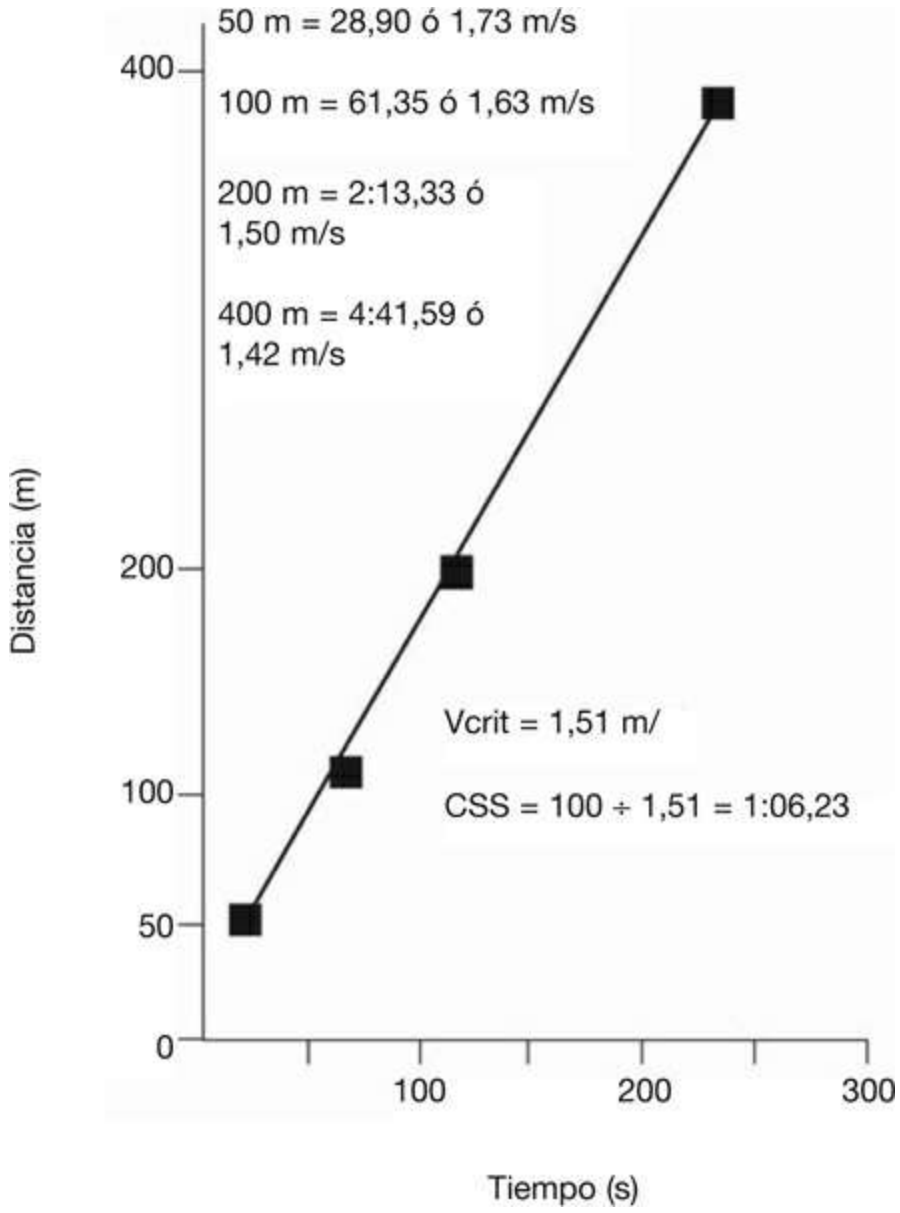


Figura 16.19. Una representación gráfica del cálculo de una línea de regresión de los resultados de practicar tomas de tiempo de 50,100, 200 y 400 m.

$$V_{crit} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} \quad \frac{400 - 200}{250{,}50 - 118{,}75} = \frac{200}{131{,}75}$$

$$\frac{200}{131{,}75} = 1{,}518$$

CSS = 100 ÷ 1:52 m/s = 1:05,80

d_2 = 400 m
d_1 = 200 m
t_2 = tiempo de 400 m = 4:10,50
t_1 = tiempo de 200 m = 1:58,75

Figura 16.20. Un método simplificado para calcular la velocidad crítica de natación (CSS) de dos tomas de tiempo, la primera de 200 m y la segunda de 400 m.

Mi experiencia indica que la velocidad crítica de natación sobrevalora el umbral anaeróbico individual. Por lo tanto, si se utilizan los resultados de las pruebas de velocidad crítica de natación para prescribir la velocidad de entrenamiento, sugiero que el tiempo de dichas repeticiones de entrenamiento sean 2 ó 3 s más lento por 100 m que la verdadera velocidad crítica de natación.

Aunque la velocidad crítica de natación puede sobrevalorar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico particular, sigue siendo suficientemente sensible para evaluar cambios de la resistencia aeróbica. En otras palabras, una mejora de la velocidad crítica de natación probablemente refleja una mejora de la capacidad aeróbica de los nadadores. MacLaren y Coulson (1999) encontraron que los nadadores competidores podían aumentar su velocidad crítica de natación en aproximadamente 2 s por 100 m después de un período de entrenamiento intenso de la resistencia.

La prueba progresiva de natación

Otra prueba desarrollada para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica y determinar las velocidades de entrenamiento correspondientes al umbral anaeróbico particular es la prueba progresiva de natación. El nadador realiza varias series cortas de repeticiones a velocidades cada vez mayores hasta que no pueda terminar la serie a la velocidad prescrita. Se seleccionaron series de 5 x 200 con un tiempo de salida que permite de 10 a 15 s de descanso para este objetivo, aunque se podrían haber utilizado repeticiones y series de menor o mayor distancia.

El nadador debe realizar la primera serie a una velocidad que seguramente está por debajo de su umbral anaeróbico. El tiempo medio para 200 m debe reducirse en aproximadamente 4 s en la próxima serie y otros 4 s adicionales por repetición para cada serie consecutiva hasta que el nadador falle. Se define fallar como ser incapaz de nadar dos repeticiones seguidas a la velocidad prescrita. Definir fallar de esta forma mejora la precisión de los resultados de la prueba. El administrador de la prueba es responsable de registrar la velocidad media de cada serie de repeticiones completada y el número de la repetición que el nadador no logró terminar durante la última serie. Una vez recogida esta información, se puede estimar la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico del nadador de la siguiente manera. Si falló al final de la última serie, la velocidad del nadador correspondiente al umbral será la velocidad media de la serie anterior. Si falló durante una de las primeras dos repeticiones de la serie final, la velocidad correspondiente al umbral será la velocidad media de la penúltima serie.

El supuesto en que se basa la selección de la velocidad correspondiente al umbral de esta forma es que los nadadores que fallaron al final de la serie probablemente superaron su umbral anaeróbico e incurrieron en acidosis durante esta serie. Por consiguiente, el tiempo medio de la serie anterior corresponde a la velocidad media que podían mantener sin perturbar el equilibrio entre la producción de ácido láctico en los músculos y su eliminación. En cambio, los nadadores que fallan a principios de la serie probablemente superaron su umbral anaeróbico en algún momento de la serie anterior. No obstante, pudieron completar la serie antes de que la acidosis se volviese intensa. Sin embargo, después de sólo la primera o las dos primeras repeticiones de la próxima serie la acidosis se volvió intensa y no lograron alcanzar la velocidad prescrita. Por lo tanto, su velocidad correspondiente al

umbral era probablemente más cercana al tiempo medio de hace dos series, antes de que se perturbara por primera vez el equilibrio entre la producción de lactato y su eliminación.

La prueba progresiva de natación es un procedimiento excelente para evaluar los cambios de la condición física de los nadadores. Su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y su capacidad aeróbica probablemente han mejorado cuando pueden terminar un mayor número de series antes de fallar.

Normalmente, para proporcionar un mejor control e interpretación de los resultados, los nadadores deben realizar la primera y las siguientes series de una prueba progresiva consecutiva a la velocidad media de la anterior. Sin embargo, para ahorrar tiempo, el tiempo medio puede reducirse para la primera serie de una prueba consecutiva cuando los resultados de la prueba anterior muestran que la velocidad correspondiente al umbral ha mejorado. Por ejemplo, cuando el nadador puede terminar una serie adicional de repeticiones en una prueba consecutiva, el tiempo de salida puede reducirse 4 s en la primera serie de repeticiones de 200 en la próxima prueba.

Se recomiendan las repeticiones de 200 m o yardas para la mayoría de los nadadores en esta prueba progresiva. Como resultado, la velocidad correspondiente al umbral para esta distancia debe probablemente aumentarse reduciendo el tiempo en 1 ó 2 s por 100 cuando se nadan repeticiones más largas en el entrenamiento. Se puede obtener una estimación más precisa de las velocidades correspondientes al umbral para las repeticiones más largas utilizando distancias de 300 a 400 m o yardas en éstas. En este caso, el número de repeticiones por serie debe reducirse a cuatro. La reducción del tiempo de una serie a otra debe mantenerse en 2 s por 100 m de manera que los tiempos se reducirían en 6 s para una serie de repeticiones de 300 m y en 8 s para una serie de repeticiones de 400 m.

Los resultados de dos pruebas escalonadas realizadas hasta que los nadadores fallen ilustradas en la figura 16.21 demuestran el procedimiento utilizado para estimar las velocidades correspondientes al umbral. El nadador A tenía una velocidad correspondiente al umbral de 1:12 para 100 m. Falló durante la cuarta repetición de la tercera serie de 200 m, de manera que su velocidad correspondiente al umbral era la velocidad media de la serie

anterior que era 2:24, ó 1:12 para 100 m. El nadador B falló en la primera repetición de la cuarta serie de manera que su velocidad correspondiente al umbral daba un tiempo medio de la segunda serie (2:24), que también era un tiempo de 1:12 para 100 m.

La validez de las velocidades correspondientes al umbral derivadas de la prueba progresiva de natación fue examinada comparándolas con las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico particular calculadas a partir de una prueba típica de intensidad graduada con análisis de sangre (5 x 300). Los sujetos eran un grupo de 38 nadadores y nadadoras universitarios. Se realizó primero el análisis de sangre, y se hizo la prueba progresiva de natación dos días después. Se calculó la relación en un valor altamente significativo de 0,94, que indicó que el umbral anaeróbico particular de los nadadores podría estimarse con precisión con la prueba progresiva de natación.

La principal ventaja de la prueba progresiva de natación es que reduce la probabilidad de que esfuerzos inferiores a la media afecten los resultados. Los entrenadores pueden estar razonablemente seguros de que los nadadores hayan hecho un esfuerzo máximo cuando naden hasta fallar. Una desventaja es que no es posible localizar exactamente la velocidad a la que el nadador superó la velocidad correspondiente a su umbral anaeróbico particular. La mejor estimación que puede proporcionar la prueba es dentro de un rango de 2 s por 100 m o yardas. Sin embargo, ésta no es una desventaja seria porque los diferentes procedimientos con análisis de sangre también producen errores de cuantía similar.

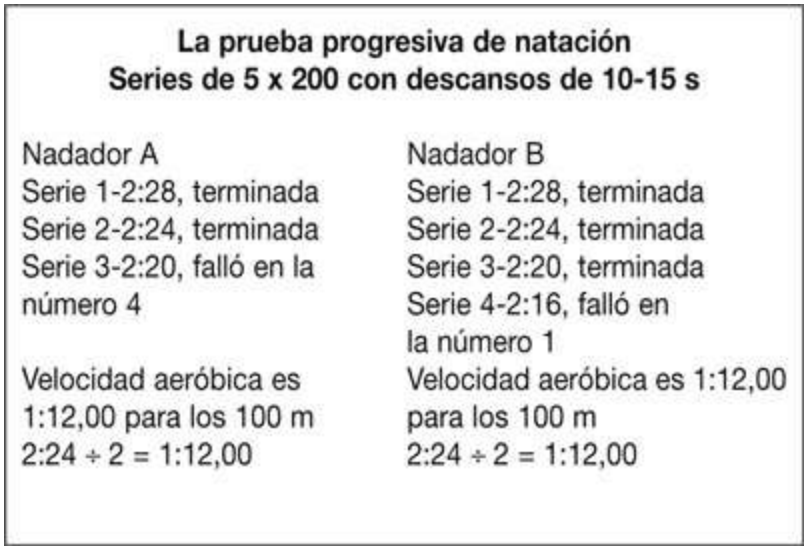


Figura 16.21. Los resultados de dos nadadores que realizaron una prueba progresiva de natación muestran dos métodos para calcular las velocidades correspondiente al umbral de los resultados.

Las pruebas escalonadas en las que las repeticiones son de 200 m o más pueden ser abrumadoras para la mayoría de los nadadores y difíciles, si no imposibles, para muchos mariposistas. Por consiguiente, algunos entrenadores han utilizado repeticiones de distancias de 100 m o yardas en sus pruebas escalonadas. Se han empleado series de 4 a 8 x 100 con un tiempo de salida que permite de 10 a 15 s de descanso para este fin. Las velocidades correspondientes al umbral que se obtienen con una prueba progresiva con repeticiones de 100 probablemente sobreestimarán la velocidad correspondiente al umbral de los nadadores. Por consiguiente, no son apropiadas para este objetivo. Sin embargo, se pueden utilizar las pruebas escalonadas con repeticiones de 100 con confianza para controlar las mejoras de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. En otras palabras, probablemente proporcionarían una estimación precisa de los cambios de la curva lactato-velocidad correspondiente a valores de lactato sanguíneo de entre 5 y 10 mmol/l.

Pocas investigaciones han estudiado la relación entre las pruebas escalonadas que utilizan repeticiones de 100 y el rendimiento en la natación.

En uno de los pocos estudios realizados, Barber y colaboradores (1999) utilizaron una prueba progresiva realizada hasta fallar que constaba de una serie de 4 x 100 m para estimar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico de mariposistas y bracistas. Los resultados de esta prueba se compararon favorablemente con el umbral anaeróbico que resultó de las pruebas de sangre en las que se utilizó una serie descendente de 4 x 200 con los mismos estilos. Los coeficientes de correlación entre las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico estimadas de las series de 4 x 100 hasta fallar y la serie descendente de 4 x 200 eran 0,91 para los bracistas y 0,94 para los mariposistas.

En general, estos resultados concuerdan con mi afirmación anterior de que una prueba progresiva de natación sobreestimará la velocidad real correspondiente al umbral anaeróbico de un nadador particular. El criterio objetivo utilizado en este estudio, una serie descendente de 4 x 200, probablemente también sobreestima el umbral anaeróbico real de los nadadores. Como se indicó anteriormente, se necesitan repeticiones de 300 m o más para obtener una estimación precisa del umbral anaeróbico.

Se puede adaptar la prueba progresiva de natación para jóvenes nadadores y aquellos que tienen una capacidad inferior a la media. Podrían utilizar series de repeticiones como 5 x 150 u 8 x 100 para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y para determinar las velocidades correspondientes al umbral porque su tiempo para estas repeticiones sería similar al tiempo de los nadadores absolutos con repeticiones más largas.

Series normalizadas de repeticiones

Quizás el método más sencillo de comprobar cambios de la capacidad aeróbica y prescribir velocidades de entrenamiento es hacer que los nadadores realicen una serie larga de repeticiones con descansos cortos. La velocidad media de una serie de repeticiones que requiere entre 30 y 40 min para terminarla se debe corresponder estrechamente con los resultados de la prueba T-3.000 y, por lo tanto, a la velocidad correspondiente al umbral

anaeróbico particular. La mejor distancia para las repeticiones de series de este tipo son de entre 200 y 400 m o yardas porque la velocidad estimada correspondiente al umbral anaeróbico se aplicará al rango normal de distancias en las series de entrenamiento. Una vez que se hayan establecido la distancia de la repetición, el número de éstas y el tiempo de salida para una serie normalizada de repeticiones, esta serie podría repetirse periódicamente para comprobar los cambios de la capacidad aeróbica. La capacidad aeróbica de un nadador probablemente ha mejorado cuando puede nadar la serie a una velocidad media más alta, y esta velocidad probablemente estará cercana a la que corresponde a su umbral anaeróbico particular.

Una serie de prueba normalizada del tipo sugerido puede proporcionar un método preciso para prescribir las velocidades de entrenamiento correspondientes al umbral para una amplia gama de distancias diversas. Sin embargo se deben ajustar dichas velocidades para las repeticiones de 100 m o yardas o menos y para repeticiones de 800 m o yardas y más.

Las series de prueba normalizadas tienen varias ventajas comparadas con otros métodos para prescribir las velocidades de entrenamiento. Evidentemente, son menos caras de administrar y no requieren una destreza especial para realizarlas ni interpretarlas. Otra ventaja importante es que la administración de la prueba no implica una interrupción del entrenamiento. Las velocidades correspondientes al umbral pueden establecerse a partir de series típicas en las sesiones normales de entrenamiento. Una ventaja adicional de este método sobre la prueba de T-3.000 es que puede utilizarse con mariposistas y bracistas. Las series normalizadas de prueba también pueden adaptarse para los grupos de edades y nadadores veteranos simplemente cambiando el número o la distancia de las repeticiones y los intervalos de descanso para ajustarlos a los niveles de capacidad de los nadadores. La regla aproximada para adaptar las series a los nadadores más jóvenes y mayores es como sigue:

- Se debe tardar de 30 a 40 min para terminar la serie.
- Se debe tardar de 2 a 5 min para completar cada repetición.
- Los intervalos de descanso deben ser cortos, de 30 s o menos.

Un ejemplo de una buena serie de prueba para jóvenes nadadores sería 15 ó 20 x 100 con tiempo de salida de 1:50. Esta serie debe bastar para un grupo de nadadores de 9 a 10 años que generalmente nadan las repeticiones de 100 en 1:25 a 1:40.

La frecuencia cardíaca

Aparte de los tiempos de natación, la frecuencia cardíaca es el otro método principal utilizado por los entrenadores y nadadores para hacer un seguimiento del entrenamiento. Se utiliza la frecuencia cardíaca de muchas maneras para medir la intensidad del entrenamiento y para evaluar cambios de la condición física. Tiene la ventaja de ser muy accesible y relativamente sencilla de tomar, pero está sujeta a influencias ajenas al entrenamiento que pueden conducir a una interpretación errónea. En esta sección mi propósito es describir las diversas maneras de utilizar la frecuencia cardíaca por los entrenadores y nadadores para hacer un seguimiento del entrenamiento. También presentaré los errores de interpretación que pueden surgir si se utiliza erróneamente.

Las cuatro categorías de frecuencia cardíaca que se utilizan para hacer un seguimiento del entrenamiento son la frecuencia de reposo, la frecuencia máxima, la frecuencia submáxima y la frecuencia de recuperación. Hablaré sobre la relación de cada una con el entrenamiento, empezando con la frecuencia cardíaca de reposo.

La frecuencia cardíaca de reposo

La frecuencia cardíaca de reposo de nadadores bien entrenados está generalmente en el rango de 30 a 70 latidos por minuto (lpm). La frecuencia

cardíaca de personas no entrenadas suele estar en el rango de 60 a 80 lpm. El entrenamiento causa una reducción de la frecuencia cardíaca de reposo, usualmente al ritmo de 1 latido por semana durante las primeras semanas de entrenamiento. El entrenamiento hace que el corazón de los nadadores se vuelva más grande y más fuerte de manera que pueda expulsar más sangre con cada latido. Por consiguiente, menos latidos pueden proporcionar la cantidad de sangre que el cuerpo necesita en reposo.

Se puede utilizar la frecuencia cardíaca en reposo para evaluar los efectos de entrenamiento sobre el volumen sistólico del corazón. El supuesto es que el volumen sistólico aumenta al disminuir la frecuencia cardíaca de reposo. Este efecto es apreciable sólo en las primeras semanas del entrenamiento. Después de éstas, la frecuencia cardíaca de reposo se estabiliza y no cambia (Uusitalo, Uusitalo y Rusko, 1998). Por consiguiente, la frecuencia cardíaca de reposo es mejor para medir las mejoras de la condición física en los nadadores cuando progresan desde un estado no entrenado a uno entrenado. Una vez que tengan una condición física razonablemente buena, otras pruebas más sensibles serán necesarias para evaluar cambios adicionales de la condición física.

Una vez estabilizada, la frecuencia cardíaca de reposo ofrece una manera efectiva de controlar la posibilidad del sobreentrenamiento o la inminencia de una enfermedad. Un aumento constante de 8 a 20 lpm a lo largo de algunos días generalmente representa una señal de advertencia de que el nadador no está logrando una adaptación al entrenamiento o que está enfermando. Sin embargo, hay que tener precaución cuando se realiza esta interpretación ya que factores ajenos al entrenamiento y la enfermedad pueden causar un aumento de la frecuencia cardíaca de reposo. Algunos de dichos factores son la hora del día, un ejercicio anterior tal como andar y correr, la excitación y la conmoción emocionales.

Cuando se utiliza para comprobar la falta de adaptación, los nadadores deben medir la frecuencia cardíaca de reposo en las mismas condiciones todos los días para reducir el efecto de las influencias ajenas al entrenamiento. La mayoría de los expertos recomiendan tomar la frecuencia cardíaca de reposo al despertarse y antes de levantarse de la cama. La persona debe contar la frecuencia cardíaca de reposo durante por lo menos 30 s y

preferiblemente durante 60 s para reducir el error de medición que podría producir convertir recuentos más cortos (por ejemplo, de 10 s) a una tasa por minuto. Otro procedimiento es contar la frecuencia cardíaca de reposo justo antes de empezar el entrenamiento cada día. Si utilizan este método, deben descansar tranquilamente durante 5 a 10 min antes de contar para reducir el efecto de influencias externas.

La frecuencia cardíaca máxima

La frecuencia cardíaca máxima para la mayoría de los nadadores está entre 175 y 220 lpm. La frecuencia no cambia apreciablemente con el entrenamiento, aunque algunos expertos han sugerido que disminuirá una pequeña cantidad después de varias semanas de entrenamiento de resistencia (Wilmore y Costill, 1999).

La frecuencia cardíaca máxima suele disminuir con la edad. Es más alta en niños, que comúnmente tienen una frecuencia cardíaca máxima de 210. Disminuye durante los años de la adolescencia y de la vida de adulto, normalmente al rango de 180 a 200 lpm. La frecuencia cardíaca máxima para adultos mayores está a menudo por debajo de los 180 lpm. Debo subrayar que las frecuencias cardíacas máximas que acabo de mencionar son valores medios para varios grupos de edades. Existen amplias variaciones en todas las etapas del desarrollo, así que predecir la frecuencia cardíaca máxima de una persona basada solamente en su edad es difícil.

La frecuencia cardíaca máxima generalmente no proporciona una información útil sobre la condición física, aunque una repentina disminución de la frecuencia cardíaca máxima que persiste a lo largo de varios días puede ser una señal de sobreentrenamiento (Uusitalo, Uusitalo y Rusko, 1998).

Cada nadador debe conocer su frecuencia cardíaca máxima porque esta información hace posible la determinación precisa de los rangos de frecuencia cardíaca apropiados para el trabajo submáximo. Un procedimiento popular para estimar la frecuencia máxima del nadador es restar su edad de

un valor máximo de 220 lpm. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, este método sencillamente no es lo bastante preciso para utilizarlo con nadadores. Por lo tanto, estos deben determinar su frecuencia cardíaca máxima durante o inmediatamente después de varios esfuerzos máximos de por lo menos 1 ó 2 minutos.

El método más preciso para determinar la frecuencia cardíaca máxima es, por supuesto, utilizar uno de varios dispositivos de seguimiento que pueden medir la frecuencia cardíaca durante el mismo ejercicio y luego guardar los resultados en la memoria para registrarlos después de terminar de nadar. Si no disponen de un dispositivo de este tipo, los nadadores pueden contar su frecuencia cardíaca durante 10 s inmediatamente después de realizar un esfuerzo máximo. Deben empezar a contar inmediatamente después de completar el ejercicio porque en un nadador bien acondicionado la frecuencia cardíaca de ejercicio empieza a reducirse hacia la de reposo dentro de los primeros 10 a 20 s de descanso. El período del recuento debe empezar simultáneamente con un latido, y éste debe contarse como 0. Los mejores lugares para detectar la frecuencia cardíaca inmediatamente después del ejercicio son en la muñeca al lado del pulgar y en la arteria carótida en el cuello justo debajo del mentón.

Obsérvese que el recuento de la frecuencia cardíaca inmediata después del ejercicio tiene un error potencial de más o menos 6 lpm. Por ejemplo, si el recuento de la frecuencia cardíaca era 30 latidos en 10 s y el último latido ocurrió ligeramente antes del final de este período, la estimación más precisa que se puede realizar de la frecuencia cardíaca verdadera es que cae dentro de un rango de 180 y 186 lpm.

Una persona tendrá generalmente una frecuencia cardíaca máxima más baja cuando nada que cuando entrena en seco. Las frecuencias relacionadas con la natación serán entre 10 y 15 lpm más bajas que las que una persona puede alcanzar durante un ejercicio en seco que implica todo el cuerpo (DiCarlo *et al.,* 1991; McArdle *et al.,* 1978). Dos posibles razones pueden explicarlo. Primero, los nadadores están en una posición horizontal de manera que su corazón no tiene que trabajar tanto para bombear la sangre de vuelta desde las piernas. Segundo, el efecto enfriador del agua reduce la temperatura del cuerpo y disminuye la deshidratación, reduciendo el estrés

impuesto sobre el sistema circulatorio. Incluyo esta información porque cualquier sistema utilizado para evaluar la intensidad del entrenamiento de nadado-res que se basa en su frecuencia cardíaca máxima requiere una determinación precisa de la frecuencia máxima cuando están nadando y no cuando están realizando actividades en seco.

Los nadadores deben contar su frecuencia cardíaca después de varios esfuerzos máximos a lo largo de un período de varios días hasta que estén convencidos de que han determinado la frecuencia cardíaca máxima verdadera que pueden alcanzar. Dado que el potencial de error es tan grande, probablemente es mejor calcular un valor medio de las distintas tentativas de contar la frecuencia máxima en lugar de seleccionar el valor más alto contado. Por esta razón, la frecuencia cardíaca máxima debe probablemente registrarse como la frecuencia más alta que un nadador concreto puede reproducir varias veces durante el período de control.

La frecuencia cardíaca máxima indica que los nadadores están logrando velocidades mayores que las correspondientes al umbral, pero puede que no estén nadando lo más rápido posible. Una frecuencia cardíaca máxima no significa una velocidad máxima. Los nadadores pueden nadar aún más rápido después de llegar a su frecuencia cardíaca máxima. Sin embargo, no podrán hacerlo durante mucho tiempo, porque el ácido láctico se acumulará rápidamente en sus músculos. La mayoría de los nadadores pueden mantener un esfuerzo que estimula una frecuencia cardíaca máxima durante sólo de 8 a 15 min antes de que la acidosis les haga desacelerar de forma considerable.

La frecuencia cardíaca submáxima

La frecuencia cardíaca que el nadador logra durante las repeticiones que realiza con esfuerzo submáximo puede proporcionar un vehículo excelente para:

1. Medir cambios en la capacidad aeróbica y la resistencia muscular

aeróbica y anaeróbica.

2. Calcular la intensidad del entrenamiento.

La frecuencia cardíaca correspondiente a velocidades submáximas de natación disminuirá generalmente en 10 a 20 lpm a lo largo de varias semanas de entrenamiento. Aunque una disminución de la frecuencia cardíaca a velocidades submáximas de natación puede proporcionar una buena indicación de que la capacidad aeróbica haya mejorado, es difícil medir precisamente el grado de la disminución. El mejor procedimiento es utilizar un pulsómetro porque el error al contar la frecuencia cardíaca durante 10 s inmediatamente después de una repetición puede ser, como se mencionó anteriormente, más menos 6 lpm. Un error de esta importancia puede hacer que una mejora o una falta de la misma quede sin ser detectada.

Un segundo problema se relaciona con la falta de fiabilidad al tomar la frecuencia cardíaca aunque se utilice un pulsómetro. El gráfico presentado en la figura 16.22 muestra los resultados de dos pruebas que utilizaron la frecuencia cardíaca realizadas con el mismo nadador con un margen de pocos días (Peyrebrune y Hardy, 1992). Se utilizó un pulsómetro para medir la frecuencia cardíaca del sujeto en ambas pruebas. En cada día de prueba nadó continuamente 500 yardas mientras aumentaba su velocidad con cada segmento de 50 yardas hasta nadar a velocidad máxima durante las últimas 50 yardas. Los resultados de las dos pruebas fueron inconsecuentes, especialmente a las velocidades bajas. La frecuencia cardíaca difirió en hasta 20 lpm a las velocidades más bajas. Las diferencias de frecuencia cardíaca fueron más pequeñas a las velocidades cercanas a máximas. Este hallazgo indica que los nadadores deben alcanzar una velocidad razonablemente alta en cualquier prueba que utiliza la frecuencia cardíaca para evaluar cambios de la condición física. A velocidades bajas, influencias externas tales como el estrés, la temperatura del agua y del aire, y la humedad, fácilmente alteran la frecuencia cardíaca, mientras que dichos factores tienen menos influencia a velocidades mayores.

El potencial de errores es tan grande cuando se mide la frecuencia cardíaca durante e inmediatamente después del ejercicio que cualquier procedimiento

para evaluar cambios de la condición física debe diseñarse y administrarse con cuidado. El procedimiento debe incluir varias mediciones a diversas velocidades para que se puedan eliminar las mediciones que difieren más del resto de los recuentos del conjunto de datos. Para mejorar su potencia predictora, la prueba también debe incluir mediciones de la frecuencia cardíaca tanto de trabajo como de recuperación. Más tarde en este capítulo ofreceré algunas sugerencias para diseñar series en las que se puede utilizar la frecuencia cardíaca para evaluar cambios de la condición física.

Tradicionalmente, la frecuencia cardíaca submáxima ha sido utilizada para calcular la intensidad del entrenamiento de la forma presentada en la tabla 16.3. Frecuencias cardíacas en el rango entre 120 y 140 lpm indican una intensidad de baja a moderada de natación que cae dentro del rango inferior del correspondiente a la resistencia básica. Frecuencias cardíacas entre 140 y 160 indican una intensidad moderada de natación que corresponde al rango superior de las velocidades de resistencia básica. Una intensi-dad de natación que corresponde al umbral anaeróbico particular del nadador cae en el rango de 160 a 180 lpm. Las frecuencias cardíacas entre 180 y la máxima indican una intensidad de natación en el rango de la resistencia con sobrecarga.

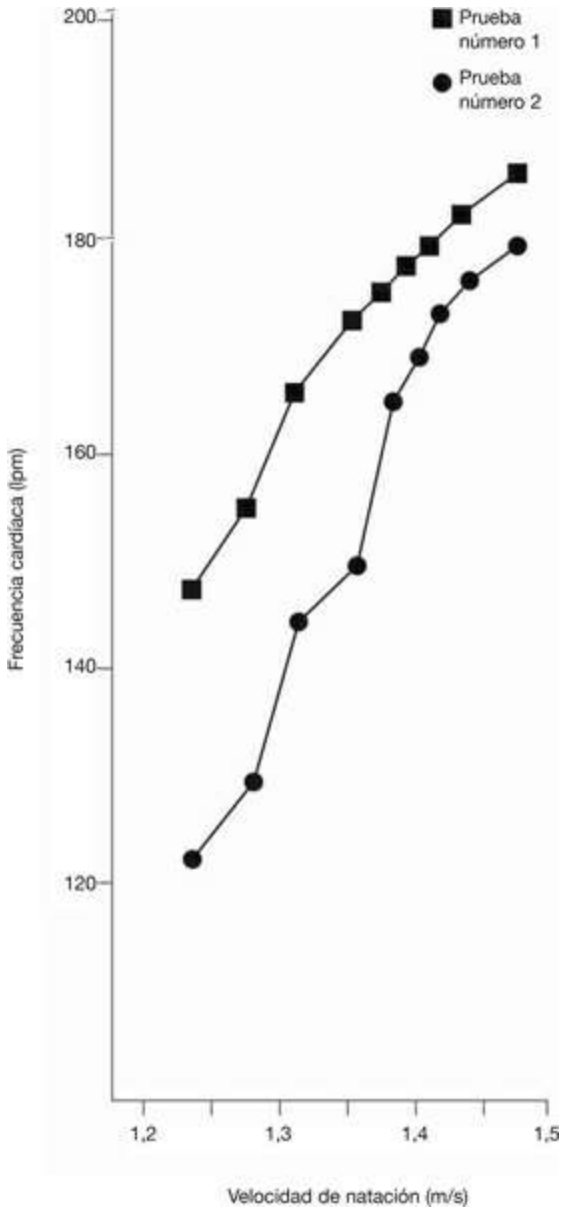


Figura 16.22. Los datos presentados en este gráfico ilustran la variabilidad de las mediciones de la frecuencia cardíaca submáxima. Muestran los resultados de dos pruebas realizadas con un margen de unos pocos días entre una y la otra.

Adaptada de Peyrebrune y Hardy, 1992.

Rangos graduados de frecuencias cardíacas como las presentadas en la tabla 16.3 tienen la ventaja de ser fáciles de comprender y útiles para

prescribir las velocidades de entrenamiento. Sin embargo, en los niveles superiores dichos rangos son simplemente demasiado grandes para identificar diferencias entre las intensidades correspondientes al entrenamiento básico de alto nivel, equivalente al umbral y con sobrecarga con suficiente precisión, aunque, como explicaré más tarde, son razonablemente precisos para nadadores que tienen una frecuencia cardíaca máxima de 190 ó menos. Cada rango de frecuencia cardíaca incluida en la tabla 16.3 abarca 20 lpm, y la implicación que tiene es que el entrenamiento a cualquier frecuencia cardíaca dentro de este rango afectará el cuerpo de forma similar. En realidad, entrenarse a un extremo del rango puede afectar el cuerpo de una forma muy diferente que entrenarse al otro extremo. Por ejemplo, en un estudio, el rango de frecuencias cardíacas que correspondían al umbral anaeróbico para un grupo de corredores estaba entre 142 y 172 lpm (Farrell *et al.*, 1979). Evidentemente, un corredor con una frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico de 142 lpm estaría trabajando mucho más intensamente que otro con una frecuencia correspondiente al umbral de 172 si ambos se entrenasen a una intensidad que los colocase en un rango de frecuencias entre 160 y 180 lpm. En otro estudio, la diferencia media entre las frecuencias cardíacas de ejercicio correspondientes a intensidades de ejercicio que producían concentraciones de lactato sanguíneo de 2 y 4 mmol/l fue sólo de 10 lpm (173 frente a 183 lpm) para un grupo de sujetos (Gullstrand, Sjodin y Svedenhag, 1994). Por lo tanto, un rango de frecuencias cardíacas de 20 lpm podría fácilmente abarcar intensidades de entrenamiento que van desde fácil hasta moderada o desde moderada hasta alta.

Tabla 16.3. Un método sencillo para prescribir las intensidades de entrenamiento según rangos

RANGO DE FRECUENCIA CARDÍACA	PRESCRIPCIÓN DE ENTRENAMIENTO
120-140 lpm	Intensidad baja, equivalente a nadar al extremo inferior de las velocidades para la resistencia básica
140-160	lpm Intensidad moderada, equivalente a nadar

	al extremo superior de las velocidades para la resistencia básica
160-180	lpm Entrenamiento de resistencia de intensidad alta, equivalente a nadar a las velocidades correspondientes a la resistencia al nivel del umbral
180-máxima	Entrenamiento de intensidad muy alta, equivalente a nadar a las velocidades correspondientes a la resistencia con sobrecarga

Otro problema con estos rangos tiene que ver con la amplia variación en la frecuencia cardíaca máxima de diferentes nadadores. Por ejemplo, un rango de frecuencia cardíaca de 160 a 180 lpm podría funcionar bien para prescribir un entrenamiento al nivel del umbral para un nadador con una frecuencia cardíaca máxima de 190 lpm. Pero un nadador con una frecuencia cardíaca máxima de 210 lpm probablemente no estaría nadando a la velocidad correspondiente a su umbral en este mismo rango. Para éste, una frecuencia cardíaca de 160 a 180 indicaría más bien un entrenamiento de resistencia básica de nivel alto.

Dado que las frecuencias cardíacas carecen de precisión en los rangos superiores, se han sugerido otros métodos para prescribir las intensidades de entrenamiento. Dichos métodos se basan en nadar a una frecuencia un cierto número de latidos por debajo de la máxima de un nadador o en nadar a las frecuencias cardíacas submáximas que representan un porcentaje de la frecuencia máxima. La escala presentada en la tabla 16.4 se desarrolló basándose en estos procedimientos. Frecuencias cardíacas de ejercicio de 30 a 60 lpm por debajo de la máxima o en el rango del 65% al 80% de la máxima indican una intensidad de entrenamiento de baja a moderada, y las frecuencias de 10 a 20 lpm por debajo de la máxima o en el rango del 85% al 95% de la máxima probablemente corresponden a la velocidad al nivel del umbral para la mayoría de los nadadores. Los porcentajes estimados del consumo máximo de oxígeno representados por estos procedimientos para prescribir las velocidades de entrenamiento también figuran en la tabla 16.4.

Dichas estimaciones son adaptaciones de los datos presentados por McArdle, Katch y Katch (1996).

Karvonen ha sugerido un procedimiento que incluye la frecuencia cardíaca de reposo cuando se calcula la intensidad de entrenamiento como un porcentaje de la frecuencia máxima. Desarrolló el procedimiento, llamado *la fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca*, porque creía que era aún más precisa. El procedimiento se basa en entrenar a un porcentaje de la diferencia entre la frecuencia cardíaca de reposo y la máxima. Con la fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca, la frecuencia cardíaca que corresponde a una intensidad de entrenamiento particular se calcula tomando un porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima y añadiéndolo a la frecuencia cardíaca de reposo. El porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima utilizada para cada intensidad de entrenamiento era el mismo que el que figura en la tabla 16.4.

El siguiente ejemplo de cálculo utiliza la fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca. Un nadador que desea entrenarse al 80% de su reserva de frecuencia cardíaca añadiría la frecuencia cardíaca de reposo a una cifra que es el 80% de la diferencia entre su frecuencia máxima y la de reposo. Dado que este nadador tiene una frecuencia de reposo de 40 lpm y una frecuencia máxima de 185 lpm, la frecuencia cardíaca de ejercicio que corresponde al 80% de su reserva de frecuencia cardíaca es 156 lpm. Se propone que la fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca es un procedimiento más preciso para individualizar la selección de rangos de frecuencia cardíaca que corresponden a varias intensidades de entrenamiento porque incluye las frecuencias cardíacas de reposo en los cálculos.

Tabla 16.4. Rangos de frecuencia cardíaca para el entrenamiento basados en un porcentaje de la frecuencia cardíaca máxima (%FCM) o la frecuencia cardíaca máxima menos un cierto número de latidos/min (FCM-)

%FCM	FCM-ESTIMADO	% $\dot{V}O_2$ MÁX	INTENSIDAD DE ENTRENAMIENTO
65-80%	30-60 lpm	50-70%	Intensidad baja a moderada, equivalente al entrenamiento de resistencia básica
85-95%	10-20 lpm	80-90%	Intensidad alta, equivalente al entrenamiento de resistencia al nivel del umbral
100%	Máxima	100%	Intensidad muy alta, equivalente al entrenamiento de resistencia con sobrecarga

La fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca de Karvonen

RFC = FC de reposo + 0,80 x (FC máx – FC de reposo)

RFC = 40 + 0,80 x (185 – 40)

RFC = 156 lpm

Frecuencia cardíaca de reposo del nadador = 40 lpm

Frecuencia cardíaca máxima del nadador = 185 lpm

Adaptada con permiso de M.J. Karvonen, E. Kentalas y O. Mutala, 1957. Los efectos de la frecuencia cardíaca de entrenamiento: un estudio longitudinal. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae* 35:307-315.

En general, el porcentaje de la reserva de la frecuencia cardíaca que corresponde a una intensidad particular de entrenamiento será aproximadamente el 5% más baja que el %FCM que indica la misma intensidad.

Cualquier de los tres métodos, FCM-, %FCM o el procedimiento de la RFC, que consideran la frecuencia cardíaca máxima real de los nadadores y, en algunos casos, la frecuencia cardíaca de reposo también, es superior al

rango de frecuencias cardíacas presentado en la tabla 16.3 para prescribir las velocidades de entrenamiento. Las cifras que figuran en la tabla 16.5 demuestran las diferencias en el rango de las frecuencias cardíacas submáximas que corresponden a las diferentes intensidades de entrenamiento cuando se utiliza cada método. El nadador en este ejemplo tiene supuestamente 16 años con una frecuencia cardíaca máxima de 185 lpm y una frecuencia de reposo de 50 lpm. El procedimiento menos preciso para prescribir las velocidades de entrenamiento con la frecuencia cardíaca es el que se basa en 220 menos la edad del nadador. Este método da un resultado que difiere de los de los otros métodos en 6 a 26 lpm para prescribir la velocidad de entrenamiento de resistencia básica y la del nivel del umbral. Calcular el rango de frecuencias cardíacas para el entrenamiento al nivel del umbral con este método podría fácilmente sobreestimar la intensidad apropiada para un gran número de nadadores. Sorprendemente, todos los demás métodos, incluyendo el método sencillo de equiparar los rangos de frecuencia cardíaca con las intensidades de entrenamiento presentados en la tabla 16.3, están dentro de un margen de 3 a 5 lpm. Por lo tanto, cualquiera de estos procedimientos podría emplearse con idéntica confianza, siempre que los nadadores tuviesen una frecuencia cardíaca máxima dentro del rango de 180 a 190 lpm. Una frecuencia cardíaca máxima de 195 lpm o más haría que las diferencias de frecuencia cardíaca entre el método sencillo y los restantes tres procedimientos difiriesen en 10 ó 15 lpm para la natación de la resistencia básica y al nivel del umbral. Por consiguiente, sería más preciso utilizar la FCM-, %FCM o el método de la RFC para prescribir la intensidad de entrenamiento cuando la frecuencia cardíaca máxima del nadador supera los 195 lpm.

La frecuencia cardíaca de recuperación

El tiempo requerido para que la frecuencia cardíaca del nadador vuelva a su nivel de reposo después del ejercicio se ha considerado desde hace tiempo como una medida excelente de su adaptación al entrenamiento. Un entrenamiento efectivo aumenta la tasa de desaceleración de la frecuencia cardíaca al terminar el ejercicio. Por lo tanto, una recuperación más rápida

después de un esfuerzo normalizado indica una mejora de la condición física, y una recuperación más lenta, una falta de adaptación o una inminente enfermedad. Por estas razones, la frecuencia cardíaca de recuperación proporciona un medio excelente para hacer un seguimiento de los efectos del entrenamiento sobre la condición física de los nadadores.

Tabla 16.5. Una comparación de varios métodos para determinar el rango de frecuencias cardíacas que corresponden al entrenamiento de resistencia básica y al nivel del umbral

CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO	220-EDAD	RANGO SENCILLO	FCM-	%FCM	RFC
Resistencia básica	144-174	120-160	125-155	120-148	138-158
Resist. al nivel del umbral	184-194	160-180	165-175	157-176	165-178

Datos del nadador: edad 16 años; frecuencia cardíaca máxima = 195; frecuencia cardíaca de reposo = 50.

Las condiciones más importantes que hay que satisfacer cuando se utiliza la frecuencia cardíaca de recuperación para hacer un seguimiento de los efectos del entrenamiento son:

- Que la carga sea suficiente para causar un nivel razonable de fatiga.
- Que la carga sea la misma en ambas pruebas.
- Que se tome la frecuencia cardíaca de recuperación durante el mismo intervalo después de terminar el ejercicio.
- Que se cuente la frecuencia cardíaca de recuperación de la misma forma en ambas pruebas.
- Que el período de recuperación sea pasivo.

Los nadadores se recuperarán rápidamente de cargas de trabajo que son fáciles estén o no bien entrenados. Por consiguiente, la carga de trabajo debe ser bastante intensa para crear algo de fatiga de manera que las diferencias del tiempo de recuperación serán evidentes al mejorar la condición física. Cargas de trabajo más duras requieren períodos más largos de recuperación que las más suaves, sea cual sea la condición física del nadador. Por lo tanto,

la carga de trabajo debe ser la misma en ambas pruebas. Si no lo es, los cambios de la tasa de recuperación no reflejarán precisamente los cambios de la condición física.

Cuando se utiliza la frecuencia cardíaca de recuperación para hacer un seguimiento de los efectos del entrenamiento, no es necesario esperar hasta que la frecuencia cardíaca del nadador vuelva a su nivel normal de reposo. Hacerlo requeriría demasiado tiempo. Normalmente pasan varios minutos hasta que la frecuencia cardíaca vuelve a su nivel de reposo después de un ejercicio duro. Contarla durante 1 ó 2 min después del ejercicio proporcionará resultados que son iguales de precisos porque la frecuencia cardíaca disminuye en dos etapas después del ejercicio. Durante la primera etapa, que dura generalmente entre 1 y 2 min, la disminución es rápida, con la frecuencia cardíaca desacelerando de 40 a 60 lpm durante este intervalo de tiempo. Después, la tasa de desaceleración se reduce. Pueden pasar varios minutos adicionales antes de que la frecuencia cardíaca se reduzca en los 40 a 50 lpm adicionales hasta lograr la frecuencia de reposo. Por esta razón, se cuentan las frecuencias de recuperación después de sólo 1 ó 2 min de descanso después de terminar el trabajo. Para reducir el error, el recuento de la frecuencia cardíaca de reposo se realiza normalmente durante 15 a 30 s empezando a los 30 a 45 s después de terminar el ejercicio cuando el período de recuperación es de 1 min. El recuento empieza a los 1:30 a 1:45 min del período de recuperación si éste tiene una duración de 2 min.

La recuperación pasiva hace que la frecuencia cardíaca disminuya más rápidamente que la recuperación activa porque incluso la natación suave durante el período de recuperación proporciona algún estímulo para la frecuencia cardíaca. Sin embargo, la recuperación pasiva no elimina el ácido láctico de los músculos tan rápidamente como la recuperación activa. Por lo tanto, aunque la frecuencia cardíaca disminuye más rápidamente, el desencadenante real de la fatiga, el ácido láctico, se elimina más lentamente. En un estudio, la frecuencia cardíaca de unos remeros disminuyó de una frecuencia media de 169 lpm al final del ejercicio a una media de 87 lpm después de 12 min de recuperación (Koutedakis y Sharp, 1985). Los valores medios de lactato sanguíneo disminuyeron de 12,61 mmol/l a sólo 8,05 mmol/l durante el mismo período. Una concentración normal de lactato sanguíneo de reposo es de 1,00 mmol/l. Cuando los sujetos utilizaron

procedimientos de recuperación activa después de la misma carga de trabajo, su frecuencia cardíaca media era de 138 lpm después de 12 min, y su concentración media de lactato sanguíneo, de 6,08 mmol/l.

La investigación no ha establecido por qué el entrenamiento hace que la frecuencia cardíaca se recupere más rápidamente hasta los niveles de reposo, sólo que es así. La razón podía ser que el pH muscular y el sanguíneo se restauran más rápidamente después del entrenamiento y esto se ve reflejado en la disminución de la frecuencia cardíaca si se siguen procedimientos de recuperación pasiva. Otra posibilidad es que como el entrenamiento reduce la respuesta hormonal al ejercicio, la frecuencia cardíaca se recupera hacia los niveles de reposo más rápidamente después de terminar el ejercicio.

¿Se puede localizar el umbral anaeróbico utilizando la frecuencia cardíaca?

A lo largo de los años se han hecho muchos intentos para desarrollar métodos que permitieran a los entrenadores determinar las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico con la frecuencia cardíaca de ejercicio. Sin embargo, ninguno ha tenido éxito. Existen dos problemas. Primero, la frecuencia cardíaca que corresponde al umbral anaeróbico puede variar considerablemente de un nadador a otro. Segundo, la frecuencia cardíaca que corresponde al umbral anaeróbico particular del nadador cambia con el entrenamiento. En estudios realizados con ciclistas (Craig *et al.*, 1993) y corredores (Farrell *et al.*, 1979) las frecuencias cardíacas que correspondían a la velocidad al nivel del umbral anaeróbico variaron entre 142 y 187 lpm. En otro estudio se encontró que las frecuencias cardíacas entre 150 y 175 lpm correspondían al estado estable máximo de lactato en los corredores entrenados (Oyono-Enguelle *et al.*, 1990).

En la actualidad, ninguna prueba puede predecir la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico de un nadador con precisión utilizando la frecuencia cardíaca de ejercicio. No obstante, para muchos nadadores bien entrenados, las frecuencias cardíacas en un margen de 10 a 20 lpm de la

máxima son aproximadas a las velocidades correspondientes al umbral (Rutt *et al.*, 1987). Este rango puede ser bastante preciso para hacer un seguimiento del entrenamiento de resistencia al nivel del umbral, porque, como se indicó anteriormente en esta segunda parte del libro, no es vital entrenarse exactamente a las velocidades correspondientes para obtener la mayor mejora de la capacidad máxima. Sin embargo, hay que tener cuidado porque este rango estará sobreestimando la velocidad de entrenamiento al nivel del umbral de algunos nadadores, especialmente los velocistas, en un margen considerable. Por consiguiente, a cualquier nadador que tiene problemas para mantener una velocidad de entrenamiento que produce una frecuencia cardíaca dentro de 10 a 20 latidos de su frecuencia máxima se le debe permitir desacelerar durante su entrenamiento al nivel de umbral.

La utilización de las frecuencias cardíacas para controlar la intensidad en ejercicios de sólo brazos, sólo piernas y otros estilos

Actualmente no existen pruebas de que se pueda utilizar una frecuencia cardíaca correspondiente al umbral anaeróbico particular de un nadador en un estilo competitivo para estimar la velocidad de entrenamiento al nivel del umbral en otros estilos, y para ejercicios de sólo brazos y sólo piernas. Aunque parecería lógico que una frecuencia cardíaca que indicase el umbral anaeróbico en un estilo presentaría la misma intensidad en otros estilos, este supuesto queda por confirmar. De hecho, los resultados de un estudio sugieren que no se puede utilizar la frecuencia cardíaca de esta forma (Kelly *et al.*, 1992). Las frecuencias cardíacas serán probablemente más altas a cualquier intensidad relativa de natación para los estilos como mariposa y braza que las que se registrarían en estilo libre o espalda porque las dos primeras muestran una mayor diferencia entre la velocidad máxima y mínima durante el ciclo de brazada. Estas diferencias intracíclicas de velocidad deben hacer que la frecuencia cardíaca suba más al nadar mariposa o braza que al nadar estilo libre o espalda a una intensidad similar. Por lo tanto, los nadadores tendrían que ejercer más fuerza para acelerar su velocidad de avance en mariposa y braza incluso cuando nadasen a la velocidad al nivel

del umbral o más lentamente.

De igual forma, la frecuencia cardíaca registrada durante la natación probablemente no representa la misma intensidad cuando los nadadores sólo utilizan las piernas. Cuando realizan el batido de estilo libre, los nadadores pueden esperar que su frecuencia cardíaca sea un poco más alta porque el batido no es un medio tan eficaz de propulsión como la natación completa, ni mucho menos. La frecuencia cardíaca puede ser más alta también porque en algunos estilos los nadadores deben utilizar más los grandes músculos de las piernas para mantener incluso un esfuerzo submáximo cuando utilizan sólo las piernas que cuando nadan. Tienden a relajar las piernas cuando nadan a velocidades submáximas, particularmente cuando nadan estilo libre o espalda. El resultado de ambos efectos es que se estimulará la frecuencia cardíaca tanto o incluso más cuando utilizan sólo las piernas comparado con cuando nadan.

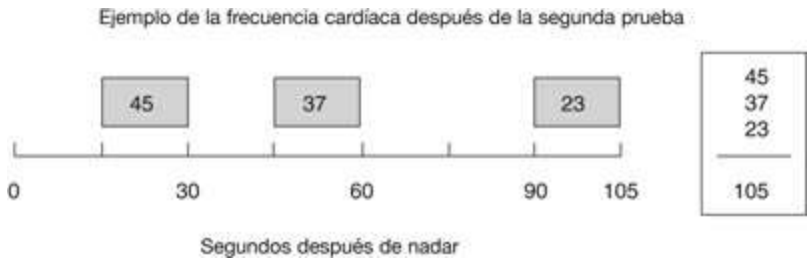


Figura 16.23. El protocolo para recoger los datos necesarios para elaborar el perfil de la frecuencia cardíaca.

Probablemente ocurre el efecto opuesto cuando se trata de utilizar la frecuencia cardíaca de natación para controlar los ejercicios de sólo brazos. La frecuencia cardíaca será más lenta a una intensidad submáxima de entrenamiento similar cuando los nadadores utilizan sólo los brazos comparado con cuando nadan porque no están utilizando los músculos de las piernas.

Perfiles de frecuencia cardíaca

Aunque la frecuencia cardíaca tiene sus limitaciones en cuanto a la prescripción de las velocidades de entrenamiento, puede ser muy útil para valorar cambios en la condición física. Sharp y colaboradores (1984b) han sugerido un método práctico para hacer un seguimiento de cambios de la capacidad aeróbica utilizando la frecuencia cardíaca. Con este procedimiento, el nadador debe completar por lo menos dos tomas de tiempo al 90% y al 100% del esfuerzo máximo. Se utilizaron distancias de 200 yardas cuando se desarrolló esta prueba, aunque cualquier distancia podría emplearse si no cambia de una prueba a la siguiente. El nadador debe tomar un descanso de 20 min después de cada toma de tiempo. Se deben realizar y anotar tres recuentos de la frecuencia cardíaca durante 15 s después de cada toma de tiempo. El primer recuento debe comenzar 15 s después de terminar la prueba, el segundo 45 s después de terminarla y el tercero 90 s después de finalizarla. Luego se debe sumar los tres recuentos y representarlos gráficamente como función de la velocidad de natación que los produjo. Los resultados de cada toma de tiempo puede expresarse como tiempo en segundos o como velocidad en metros o yardas por segundo. La figura 16.23 muestra el protocolo para obtener el perfil de la frecuencia cardíaca.

Los resultados de las tomas de tiempo y los recuentos de la frecuencia cardíaca deben representarse en un gráfico similar al que se presenta en la figura 16.24. Esta figura ilustra el procedimiento para dibujar el gráfico del perfil de la frecuencia cardíaca cuando el tiempo de las dos pruebas era 2:20,35 y 2:11,15, y las sumas de los recuentos respectivos de la frecuencia cardíaca eran 88 lpm y 105 lpm. La velocidad del nadador se representa en metros por segundo.

Se deben desarrollar perfiles similares de la frecuencia cardíaca periódicamente durante la temporada para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica. Los resultados de tres perfiles de frecuencia cardíaca elaborados durante una temporada típica de natación se presentan en el gráfico superior de la figura 16.25. Muestran que la línea frecuencia cardíaca-velocidad se desplazó hacia la derecha con cada prueba consecutiva. Este desplazamiento indica que la capacidad aeróbica del nadador ha mejorado, al igual que un desplazamiento en la curva lactato-velocidad sería la señal de

una mejora de la capacidad aeróbica. Para comprobar esta hipótesis, Sharp y colaboradores compararon los resultados de perfiles de frecuencia cardíaca con análisis de sangre realizados en el mismo momento en la temporada con un grupo de nadadores. Los sujetos eran 12 miembros del equipo universitario de natación que realizaron las pruebas a principios, mediados y finales de temporada. Se elaboraron perfiles de frecuencia cardíaca a partir de estas pruebas de la forma descrita anteriormente. Además, se recogieron muestras de sangre después de cada esfuerzo en cada prueba. Se tomaron las muestras a los 1, 3, 5, 7 y 9 minutos de haber terminado cada toma de tiempo para determinar la concentración más alta de lactato sanguíneo producido por el esfuerzo. Se representaron estos valores de lactato sanguíneo en función de la velocidad de natación que los produjo, de manera que se podrían comparar los desplazamientos de la curva lactato-velocidad del sujeto con los desplazamientos de los per-files de frecuencia cardíaca-velocidad de una prueba a otra. Se ilustran los resultados de esta comparación en el gráfico inferior de la figura 16.25.

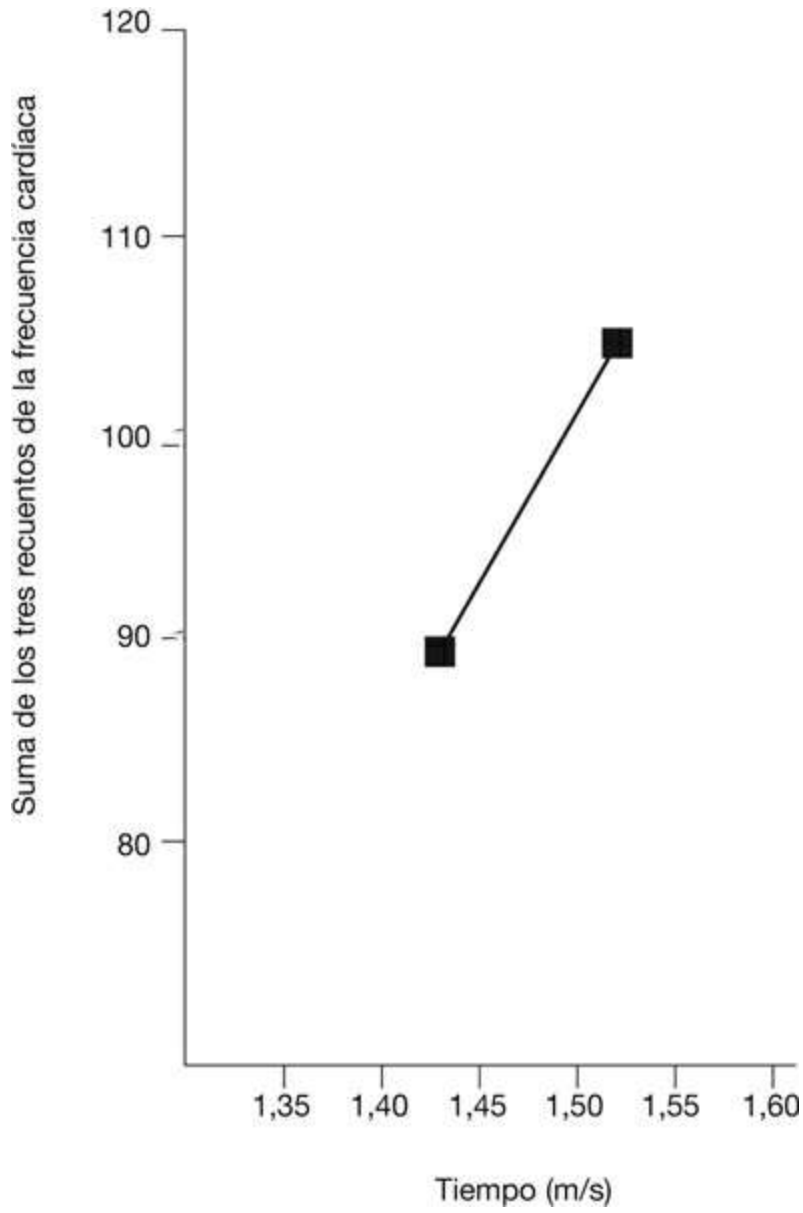


Figura 16.24. Un perfil de la frecuencia cardíaca elaborado a partir de dos pruebas con tomas de tiempo de 200 m.

Ambos perfiles se desplazaron hacia la derecha de la primera (T1) a la segunda (T2) prueba y de la segunda a la tercera (T3) prueba. La magnitud de estos desplazamientos y la pendiente de la línea de los perfiles de lactato-velocidad y de frecuencia cardíaca-velocidad eran similares. Los autores dedujeron a partir de estos datos que los perfiles de frecuencia cardíaca

podían detectar cambios de la capacidad de rendimiento de la misma forma que los análisis de sangre. También afirmaron que no se podían utilizar los perfiles de frecuencia cardíaca para prescribir las velocidades de entrenamiento, ni podían proporcionar información acerca del equilibrio entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad.

Los que desarrollaron la prueba notaron que el perfil de frecuencia cardíaca de algunos sujetos solía mostrar más variación que su perfil de lactato. Por lo tanto, concluyeron que contar la frecuencia cardíaca no era tan fiable como medir el lactato sanguíneo para detectar cambios de la capacidad aeróbica. No obstante, dado que son mucho más fáciles de administrar que los análisis de sangre, los perfiles de frecuencia cardíaca pueden proporcionar a los entrenadores una herramienta barata, accesible y valiosa para hacer un seguimiento del entrenamiento.

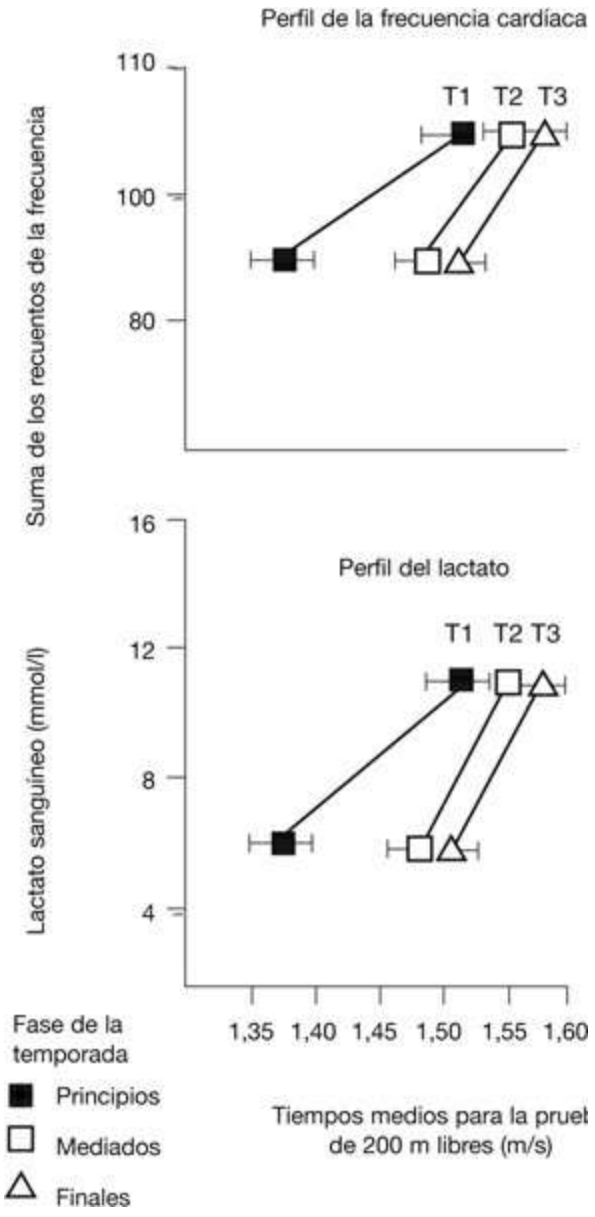


Figura 16.25. Una comparación de los perfiles de frecuencia cardíaca y de lactato durante una temporada de natación.

Adaptada de Sharp *et al.,* 1984b.

El esfuerzo percibido

Quizá la manera más directa de hacer un seguimiento del entrenamiento es simplemente evaluar el grado de esfuerzo. Con este método los nadadores evalúan lo duro que sienten que están trabajando asignando un número a su sensación de esfuerzo. Este método, conocido como *evaluación del esfuerzo percibido* (EEP), fue desarrollado originalmente para controlar el entrenamiento durante la rehabilitación cardíaca. Se enseñó a los pacientes a equiparar la intensidad de trabajo con un número en una escala conocida como *la escala de Borg*, por el hombre que la desarrolló. Los investigadores encontraron que sus pacientes cardíacos podían aprender a controlar la intensidad del entrenamiento rápidamente y con una precisión aceptable cuando utilizaban este procedimiento (Bellew, Burke y Jensen, 1983; Purvis y Cureton, 1981).

Dada su eficacia para controlar la intensidad del entrenamiento de los pacientes cardíacos, los entrenadores y los deportistas ahora utilizan la escala de Borg para este mismo fin en diversos deportes y programas de ejercicio (Simon, Segal y Jaffe, 1987). La escala original de Borg evaluaba la intensidad del ejercicio desde 6 (fácil) a 20 (extremadamente difícil). Se presenta esta escala en la tabla 16.6. También se presentan la intensidad del ejercicio y los probables efectos de entrenamiento que corresponden a cada número.

Debo aclarar que las evaluaciones del esfuerzo percibido no pueden utilizarse para controlar la intensidad del entrenamiento sin primero preparar a los nadadores de antemano. Primero deben familiarizarse con las sensaciones físicas y mentales asociadas con nadar por debajo de, al nivel de y por encima de su umbral anaeróbico antes de poder utilizar esta escala con cualquier grado de precisión para prescribir las velocidades de entrenamiento. Pueden familiarizarse con ella estableciendo su velocidad al nivel del umbral con uno de los muchos protocolos descritos anteriormente. Luego deben nadar algunas series de repeticiones que son tanto más rápidas como más lentas que la velocidad correspondiente al umbral mientras tratan de asignar un valor de la escala de Borg a cada una de estas intensidades de natación. Por ejemplo, para la mayoría de los nadadores, repeticiones al nivel de su umbral anaeróbico actual o cercanas a él deben sentirse como una intensidad

de 14 a 16 en la escala de Borg, 14 a principios de la serie y 16 más tarde. Las series de resistencia con sobrecarga deben probablemente empezar a una intensidad correspondiente a 17 y progresar hasta 18 a lo largo de la serie, y las series de resistencia básica deben corresponder a evaluaciones de 10 a 13. Se de-ben asociar las evaluaciones de 6 y 9 al entrenamiento de recuperación, y el entrenamiento de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva deben siempre tener una EEP entre 18 y 20. Después de que los nadadores aprendan a asociar cada intensidad de entrenamiento a su número correcto en la escala, podrán utilizar la evaluación del esfuerzo percibido para controlar la intensidad del entrenamiento con un alto grado de precisión.

La escala de Borg tiene la ventaja de ser un procedimiento conveniente y fácil para prescribir la intensidad del ejercicio porque requiere una cantidad mínima de formación para utilizarla eficazmente. La escala también ha resultado ser efectiva para aumentar la capacidad aeróbica porque tiene varias ventajas comparada con otros métodos que implican los análisis del lactato sanguíneo y medir la frecuen-cia cardíaca. Una ventaja de prescribir el entrenamiento con las evaluaciones del esfuerzo percibido comparadas con otros métodos es que las evaluaciones permiten a los nadadores compensar las variaciones periódicas de su capacidad fisiológica. Pueden nadar más lenta o más rápidamente los días “malos” o “buenos” de entrenamiento cuando las velocidades anteriores parecen que deben evaluarse más alto o más bajo que antes. Quizá la ventaja más importante del método de la EEP es que permite a los nadadores más motivados progresar a su propio ritmo en lugar de con respecto a una programación de pruebas preseleccionada. Es decir, pueden aumentar su velocidad de entrenamiento cuando se sienten capaces de hacerlo, en lugar de esperar nuevos resultados de pruebas para que les digan cuándo es el momento de aumentarla.

Tabla 16.6. La escala de Borg

EVALUACIÓN	ESFUERZO PERCIBIDO	EFECTO PROBABLE	CATEGORÍA DE ENTRENAMIENTO
6	Ningún esfuerzo en absoluto		
7	Extremadamente ligero		
8			
9	Muy ligero	Útil para el calentamiento y la vuelta a la calma	Entrenamiento de recuperación (Rec)
10			
11	Ligero	Mantiene la resistencia aeróbica mientras se recupera del entrenamiento más intenso	Resistencia básica (Re-1)
12			
13	Algo difícil	Mejora la capacidad aeróbica	Resistencia básica (Re-1)
14			
15	Difícil (duro)	Mejora la capacidad aeróbica. Al nivel del umbral anaeróbico actual o ligeramente por debajo	Umbral (Re-2)
16			
17	Muy difícil	Mejora la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, la intensidad está por encima del umbral anaeróbico actual	Resistencia con sobrecarga (Re-3)
18			
19	Extremadamente difícil	Mejora el metabolismo anaeróbico	Entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1) y a la velocidad competitiva (VC)
20	Esfuerzo máximo		

G. Borg, 1998. *Borg's Perceived Exertion and Pain Scales*. Champaign, IL: Human Kinetics, pág. 47.

Cuando se utilizan las evaluaciones del esfuerzo percibido para detectar el sobreentrenamiento, los nadadores no deben preocuparse cuando perciben que están utilizando un mayor esfuerzo para nadar a su velocidad normal de entrenamiento a no ser que dicha sensación persista a lo largo de varios días. Si la sensación sí persiste durante varios días, deben intentar averiguar la causa inmediatamente. La explicación podría ser una falta de adaptación debida al sobreentrenamiento, fuentes exteriores de estrés o una enfermedad inminente.

El porcentaje del esfuerzo

El uso de los porcentajes de esfuerzo se refiere a controlar el entrenamiento según el porcentaje del mejor tiempo del nadador, en su vida o hasta la fecha durante la temporada presente. Por ejemplo, un nadador con un mejor tiempo de 2:00 para los 200 m libres estaría entrenándose a un 80% del esfuerzo si nadase las repeticiones de 200 m en 2:24. Se presenta la fórmula para calcular esta determinación en el recuadro. También se presentan los cálculos para encontrar un 80% del esfuerzo en los 200 m basados en su mejor tiempo de la temporada.

Fórmula para determinar el porcentaje del esfuerzo de los mejores tiempos de la vida deportiva o de la presente temporada

Basándose en un mejor tiempo de la vida deportiva de 2:00

80% del esfuerzo = el mejor tiempo para los 200 m x 0,20 segundos que hay que añadir al mejor tiempo para producir el 80% del esfuerzo

80% del esfuerzo = (120 s x 0,20 = 24 s) + 120 = 144 s

80% del esfuerzo = 2:24

Basándose en el mejor tiempo de la temporada actual de 2:05

80% del esfuerzo = (125 s x 0,20 = 25 s) + 125 = 150 s

80% del esfuerzo = 2:30

El nadador en este ejemplo tiene un mejor rendimiento en su vida de 2:00 para los 200 m y un mejor tiempo de la temporada actual de 2:05. Dados estos tiempos, un esfuerzo del 80% basado en el mejor tiempo de su vida para los 200 m de 2:00 sería 2:24. Un esfuerzo del 80% basado en el mejor tiempo de la temporada actual para los 200 m sería 2:30.

Aunque en la primera edición de este libro recomendé el porcentaje del esfuerzo para prescribir las velocidades de entrenamiento, el desarrollo de una serie de mejores métodos ha hecho innecesario su uso. Incluso cuando

recomendé este método fue con reservas a causa de su imprecisión. Varios factores fueron responsables de la falta de exactitud.

- El método nunca aclaró si se debería utilizar el mejor tiempo de la vida deportiva o el mejor tiempo de la temporada para prescribir los porcentajes del esfuerzo. Además, las investigaciones de otros y también las mías (Maglischo, Maglischo y Bishop, 1982) mostraron que el porcentaje del esfuerzo que correspondía a la velocidad al nivel del umbral anaeróbico del nadador variaba considerablemente de un nadador a otro.

- Los nadadores tenían que alcanzar porcentajes de esfuerzo cada vez mayores para mantener las velocidades al nivel del umbral al mejorar su capacidad aeróbica durante la temporada. Este resultado debería haberse esperado porque los nadadores podrán acercarse más a su mejor tiempo con menos fatiga cuando mejora su capacidad aeróbica.

- El porcentaje del esfuerzo asociado con una intensidad particular de entrenamiento aumentaba al incrementarse la distancia de las repeticiones. Por ejemplo, un 70% del esfuerzo podría corresponder a la velocidad al nivel del umbral anaeróbico de un nadador particular para repeticiones de 100. Pero este mismo nadador podría tener que nadar al 85% del esfuerzo en las repeticiones de 400 para llegar a la velocidad correspondiente al umbral. Esta circunstancia ocurre porque las repeticiones más largas tienen un componente aeróbico mayor; por lo tanto, los nadadores podrían nadar más cerca de su mejor tiempo en las repeticiones más largas sin perturbar el equilibrio entre la producción y la eliminación de lactato.

El porcentaje del esfuerzo no puede utilizarse para predecir la intensidad del entrenamiento con un grado razonable de precisión. Sólo se pueden prescribir las velocidades de entrenamiento en rangos tan amplios que un gran número de nadadores irán demasiado lentamente para producir una mejora máxima de su capacidad aeróbica. Otros estarán nadando tan deprisa que pueden estar entrenándose muy por encima de su velocidad al nivel del umbral. Además, los nadadores no pueden entrenarse según un

porcentaje normalizado del esfuerzo y tener la seguridad de que representa la misma intensidad de entrenamiento durante las diferentes fases de la temporada ni pueden estar seguros de que cualquier porcentaje normalizado del esfuerzo represente la misma intensidad de entrenamiento para diversas distancias.

Las pruebas de la potencia anaeróbica y de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica

Se utilizan un gran número de pruebas para controlar y evaluar la capacidad aeróbica. Sin embargo, pocas pruebas pueden emplearse para evaluar los cambios del metabolismo anaeróbico. Esto es desafortunado porque es evidente que el metabolismo anaeróbico desempeña un papel principal en la mayoría de las pruebas competitivas de natación. Una reducción de la tasa de metabolismo puede ser devastadora para los nadadores en las pruebas de 400 m y menos.

Algunas pruebas funcionan bien para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica, particularmente las que detectan cambios de velocidad en la parte empinada de la curva lactato-velocidad. Describí algunas de éstas anteriormente y describiré otras aquí. Algunas de las pruebas de la potencia aeróbica y de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica han demostrado una relación alta con el rendimiento en pruebas de velocidad, pero otras no. Describiré algunas pruebas que se han sugerido para medir la potencia aeróbica, y más adelante explicaré otras para evaluar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.

Las pruebas de potencia anaeróbica

Anteriormente en este capítulo sugerí algunas medidas del valor pico de lactato sanguíneo para calcular la potencia anaeróbica. Aunque los valores pico de lactato sanguíneo pueden utilizarse para este propósito, los entrenadores necesitan procedimientos incruentos que son más seguros, más sencillos y menos caros de administrar.

Muchas de las pruebas incruentas desarrolladas para evaluar la potencia anaeróbica implican actividades en seco. Incluyen correr, levantar pesas, realizar saltos verticales, correr cuesta arriba y girar una manivela en un ergómetro diseñado específicamente. Sin embargo, ninguna puede decirnos mucho sobre la potencia anaeróbica de nadadores porque carecen de especificidad (Szogy, 1988; Takahashi *et al.*, 1992b). Por esta razón, algunos investigadores han intentado utilizar un banco biocinético de natación para medir la potencia anaeróbica porque los nadadores pueden simular su brazada cuando lo utilizan. Los intentos de mostrar una relación entre la potencia en el banco biocinético y la velocidad de natación han obtenido resultados mixtos. Algunos investigadores han encontrado una relación significativa entre las dos (Hawley y Williams, 1991; Sharp, Troup y Costill, 1982), mientras que otros no la han encontrado (Dopsaj *et al.*, 1999; Johnson, Sharp y Hedrick, 1993). Resultados similares han sido hallados en las comparaciones entre la velocidad de natación con las pruebas de fuerza que implican actividades utilizadas en el entrenamiento con pesas.

La manera más precisa de evaluar la potencia anaeróbica es nadar en el agua contra una resistencia. Por esta razón, la máquina de pesas “Power Rack” y la polea de natación “swim wheel” son dispositivos excelentes para medir la potencia de nado. Proporcionan una manera precisa de medir la cantidad de peso levantado, la distancia a la que se levantó y el tiempo necesario para levantarla. Una vez conocida esta información, se puede calcular la potencia generada por el nadador utilizando la fórmula normalizada de la fuerza por la distancia dividida por el tiempo. La figura 16.26 muestra un ejemplo de cómo se puede utilizar esta fórmula para cuantificar la potencia de natación. Utilizando la “Power Rack”, el nadador levantó un peso de 20 kg a una altura de 2,0 m en 6,00 s, dando una puntuación de potencia de natación de 6,7 kg/m/s.

Pruebas como las que acabo de describir son una buena manera de

cuantificar los cambios de la potencia de natación. Pero el método más sencillo y directo de evaluar los cambios de la potencia anaeróbica de los nadadores es simplemente cronometrarles en repeticiones de velocidad muy cortas. Los nadadores que mejoran su tiempo para repeticiones de 10 a 50 m o yardas probablemente también han mejora-do su potencia anaeróbica, mientras que los que nadan a una velocidad menor probablemente han visto disminuir su tasa de metabolismo anaeróbico por el entrenamiento u otros factores, tales como un cambio perjudicial en la mecánica de la brazada, una lesión, una enfermedad, la fatiga excesiva o una falta de esfuerzo. La estructuración y administración cuidadosas de estas repeticiones de velocidad pueden reducir la posibilidad de que dichos factores influyan en los resultados. Sugeriré algunas pruebas para evaluar la potencia anaeróbica más adelante en este capítulo.

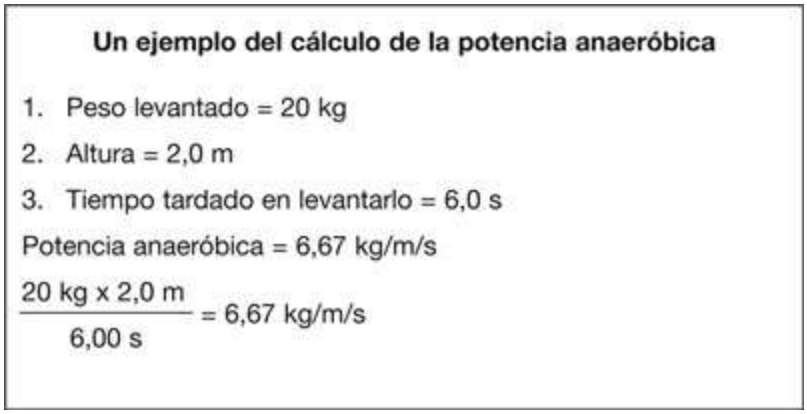


Figura 16.26. Un ejemplo del cálculo de la potencia anaeróbica de natación. El nadador recorrió 12 yardas en 6,0 s mientras estaba atado a la “Power Rack”. Levantó 20 kg a una altura de 2,0 m nadando.

Las pruebas de resistencia muscular aeróbica y anaeróbica

El procedimiento dV5-10 de análisis de sangre descrita anteriormente en este

capítulo puede ser la mejor prueba para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Una ventaja importante es que dicha prueba no requiere un esfuerzo máximo. La mayoría de las pruebas para este fin requieren un esfuerzo máximo, y los resultados pueden ser engañosos si los nadadores no realizan dicho esfuerzo.

Otro procedimiento para evaluar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica que se puede recomendar implica calcular el déficit de oxígeno (déficit de O_2) (Green y Dawson, 1993). En un estudio en el que fue utilizado para predecir la capacidad de nadar a velocidad de unos nadadores de grupos de edades, el déficit de O_2medido durante el esfuerzo tuvo una relación estrecha con el rendimiento de los sujetos en las pruebas competitivas de 100 m (Takahashi *et al.*, 1992a). Se describió el procedimiento para calcular el déficit de oxígeno en el capítulo 9.

También se han desarrollado varias pruebas de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica para realizar en seco a lo largo de los años. Uno de los más populares es la prueba de Wingate, pero no la recomiendo. Aunque algunos estudios han demostrado una relación positiva entre las puntuaciones en esta prueba y el rendimiento en carreras de velocidad, la mayoría indicaron que no era suficientemente específica para utilizarse en mediciones de la capacidad anaeróbica de los deportistas de diferentes deportes (Ferris *et al.*, 1989; Tamayo *et al.*, 1984).

Sin embargo, se pueden utilizar los ejercicios realizados en un banco biocinético de natación para evaluar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Esta relación parece ser más alta que las relaciones entre las puntuaciones en el banco biocinético y la velocidad máxima de natación. Takahashi y colaboradores (1992b) comprobaron la efectividad de un esfuerzo máximo de 45 s en el banco biocinético para este fin. Encontraron una relación altamente positiva (0,83) entre el trabajo que los nadadores podían completar en este tiempo y el déficit de oxígeno medido en el agua.

Al igual que para la potencia anaeróbica, el método más sencillo y más directo para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de los nadadores es simplemente medir su capacidad de mantener una velocidad cercana a la máxima durante una serie normalizada de

repeticiones de natación. La siguiente sección proporcionará algunas sugerencias para elaborar y administrar este tipo de prueba.

Controlar el entrenamiento con series de prueba

Los procedimientos con análisis de sangre que describí en este capítulo sólo son utilizables cuando se dispone de equipamiento especializado, cuando los entrenadores y los científicos están formados para administrarlos y cuando sólo se administran a pocos nadadores. Algunas de las pruebas incruentas son más utilizables en el entorno menos perfecto del equipo grande de natación, aunque algunas de ellas requieren un equipamiento especializado. Por estas razones, los métodos más directos y útiles para evaluar los cambios del metabolismo aeróbico y anaeróbico implican nadar series normalizadas de repeticiones diseñadas para reflejar una capacidad fisiológica particular, sea la capacidad aeróbica, la potencia anaeróbica o la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Estas series normalizadas de repeticiones tienen la ventaja de que no necesitan un equipamiento especializado. Los entrenadores y los nadadores, en lugar de científicos especializados, pueden recoger los datos, y los resultados son relativamente fáciles de interpretar. En las secciones siguientes describiré algunas maneras de elaborar y administrar las series de repeticiones para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica, la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y la potencia anaeróbica. Los entrenadores encontrarán que controlar el entrenamiento con estas series proporcionará una información valiosa acerca de la respuesta del nadador al programa de entrenamiento. Al mismo tiempo, las series de prueba no perjudicarán de forma significativa el programa de entrenamiento. La administración de las pruebas no requerirá comprar equipamiento caro ni emplear a científicos.

Las series de prueba para evaluar la capacidad aeróbica

Se pueden evaluar los cambios de la capacidad aeróbica de dos formas. La primera es nadar una serie de repeticiones a velocidad submáxima mientras se registra la frecuencia cardíaca tanto del ejercicio como de la recuperación. La segunda es nadar una serie larga de repeticiones a la velocidad al nivel del umbral. Se describió este método anteriormente en este capítulo bajo el título de series normalizadas de repeticiones. Describiré el método que implica las repeticiones submáximas y el recuento de la frecuencia cardíaca a continuación.

Cuando se utiliza este método, los nadadores deben nadar una serie de repeticiones a una velocidad bastante intensa pero soportable. El volumen de una serie normalizada de repeticiones de este tipo debe ser entre 3.000 y 4.000 m o yardas. Las mejores distancias para estas repeticiones son entre 200 y 800 m o yardas, y los tiempos de salida deben proporcionar entre 10 y 20 s de descanso entre las repeticiones. Éstas deben ser bastante rápidas para producir una frecuencia cardíaca de ejercicio por encima de los 140 lpm pero por debajo de 180 lpm. Los nadadores deben escoger una velocidad estable para cada repetición y nadarlas todas a una velocidad similar. Ejemplos de dos series de repeticiones para este propósito serían 15 x 200 y 8 x 500.

Los nadadores deben completar la serie de prueba escogida para evaluar la capacidad aeróbica una vez cada 3 a 6 semanas durante el año de entrenamiento. Los resultados deben compararse con las pruebas anteriores para determinar qué adaptaciones al entrenamiento han tenido lugar, si ha habido algunas. Para una mayor precisión, las condiciones de las pruebas deben ser casi idénticas. Los nadadores deben realizar el mismo número de repeticiones en el mismo estilo, con aproximadamente el mismo nivel de esfuerzo y con el mismo tiempo de salida. Si es posible, los nadadores deben nadar estas series el mismo día de la semana, después de un día o dos de entrenamiento suave para que una fatiga inusual o un agotamiento de glucógeno no afecte los resultados.

Tabla 16.7. Resultados de cuatro series de prueba diseñadas para evaluar los cambios de la capacidad aeróbica

SERIE DE REPETICIONES	FECHA DE LA PRUEBA	TIEMPO MEDIO	FRECUENCIA CARDÍACA DE EJERCICIO	FRECUENCIA CARDÍACA DE RECUPERACIÓN
15 x 200/2:30	22/1	2:18	162 (27)	120 (30)
15 x 200/2:30	21/2	2:16	162 (27)	112 (26)*
15 x 200/2:30	17/3	2:15	168 (28)	104 (26)'
15 x 200/2:30	17/4	2:18	168 (28)	124 (31)'

* Probablemente mejor; ' puede ser mejor; ' probablemente peor.

Se debe calcular el tiempo de cada una de las repeticiones de la serie y anotarlo en un cuaderno. Se debe contar la frecuencia cardíaca del ejercicio durante 10 s en el período de descanso después de cada repetición. También se debe calcular la frecuencia cardíaca media y anotarla en el cuaderno. Se puede anotar la frecuencia cardíaca de ejercicio como el recuento de 10 s o multiplicarlo por 6 y anotarlo como el recuento de 1 min. También se debe realizar el recuento de la frecuencia cardíaca de recuperación y anotarlo. Un recuento de 15 s debe empezar exactamente a los 45 s de terminar la última repetición de la serie. La información presentada en la tabla 16.7 ayudará a interpretar los resultados de una serie de prueba de este tipo.

Se presentan ejemplos de resultados de cuatro pruebas idénticas de 15 x 200 m con un tiempo de salida de 2:30 nadadas con un intervalo de aproximadamente 4 semanas. El tiempo medio para cada serie de repeticiones figura con la frecuencia cardíaca media de ejercicio y la frecuencia cardíaca de recuperación que produjo. Se presentan las frecuencias cardíacas de dos formas. La tasa convertida por minuto para la frecuencia cardíaca de ejercicio y de recuperación no lleva paréntesis. El recuento real para la serie y la frecuencia cardíaca real de recuperación están entre paréntesis. Cuando se interpretan los datos, se debe utilizar el recuento real de la frecuencia. Cuando se convierten en valores por minuto, las diferencias parecen ser mucho más grandes de lo que son en realidad. Por ejemplo, una disminución de un latido en un recuento de 10 s se convierte en una diferencia de 6 latidos cuando se calcula la tasa por minuto; sin embargo, la diferencia de un latido podría deberse a un error de medición.

Se pueden interpretar los resultados de estas cuatro pruebas de la siguiente manera. Los resultados de la segunda serie de prueba, realizada el 21 de febrero, muestran que el tiempo medio para las repeticiones de 200 mejoró en 2 s, de 2:18 en la primera serie a 2:16 en la segunda. La frecuencia cardíaca media de ejercicio permaneció igual en la segunda prueba, pero la de recuperación disminuyó 2 latidos en 15 s, u 8 latidos durante 1 min, en la segunda. Estos resultados indican que el nadador evidentemente está nadando más rápidamente sin aumentar la frecuencia cardíaca de ejercicio y con una recuperación más rápida. Por lo tanto, su capacidad aeróbica probablemente ha mejorado. Digo *probablemente* porque es la mejor apreciación que puede hacerse utilizando la frecuencia cardíaca.

Los resultados de la tercera prueba, realizada el 17 de marzo, son más difíciles de interpretar. El tiempo medio del nadador ha mejorado 1 s, desde 2:16 en la prueba anterior a 2:15 en ésta. Pero su frecuencia cardíaca de ejercicio es más alta en 1 latido durante los 10 s (6 latidos para un minuto) y su frecuencia de recuperación es 2 latidos más bajo durante los 15 s (8 latidos en 1 min). Este nadador puede haber mejorado su capacidad aeróbica. La dificultad de interpretación se debe al hecho de que aunque su tiempo medio ha mejorado, la frecuencia cardíaca de ejercicio indica que tuvo que esforzarse más para producir este aumento de la velocidad media de natación. Su tiempo de recuperación es la medida que indica que ha habido probablemente una mejora. El hecho de que se recuperó más rápidamente, aunque nadó más deprisa, sugiere que su capacidad aeróbica ha mejorado. Mi experiencia a lo largo de varios años de realizar pruebas como ésta es que la frecuencia cardíaca de recuperación es normalmente un mejor indicador de la intensidad del trabajo que la frecuencia cardíaca de ejercicio.

El resultado de la cuarta serie de repeticiones, realizada el 17 de abril, indica que este nadador está probablemente sufriendo una falta de adaptación. Su tiempo medio para la serie de repeticiones es más lento en 3 s que la prueba anterior. Su frecuencia cardíaca de ejercicio es la misma, y su frecuencia cardíaca de recuperación indica que se está recuperando a un ritmo más lento. Este nadador puede haber perdido un poco de su capacidad aeróbica desde la primera prueba, o puede estar empezando a enfermar, por ejemplo, por un resfriado o la gripe.

Incluir recuentos de la frecuencia cardíaca se añade a la complejidad de administrar series de pruebas. Los nadadores deben saber contar su frecuencia cardíaca con precisión, o los datos serán engañosos. La ventaja de utilizar la frecuencia cardíaca es que los nadadores no necesitan realizar un esfuerzo máximo en estas series para comprobar los cambios de su capacidad aeróbica. Por lo tanto, los factores de la motivación desempeñan un papel menor en la interpretación de los resultados. Sopesando las ventajas y las desventajas, tendría que decir que añadir el recuento preciso de la frecuencia cardíaca mejorará la exactitud de la interpretación de los cambios de la capacidad aeróbica, si los nadadores, por la razón que sea, no logran realizar un esfuerzo sincero en las series de repeticiones posteriores.

Una ventaja final de utilizar series normalizadas de repeticiones como las sugeridas en esta sección es que la velocidad media de la serie se acerca probablemente a la correspondiente al umbral anaeróbico particular del nadador.

Los nadadores deben comprender la importancia de realizar un esfuerzo sincero en cada prueba cuando se utiliza este método. Un esfuerzo que no sea auténtico invalidará los resultados y eliminará la seguridad de que haya mejorado la capacidad aeróbica.

Las series de prueba para valorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica

La razón de realizar una serie de prueba de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica es calcular los cambios que están teniendo lugar por encima del umbral anaeróbico, principalmente los cambios de la capacidad amortiguadora. Este tipo de serie proporciona la misma información que una determinación de la dV5-10 a partir de un análisis de sangre, es decir, indica si la pendiente de la curva lactato-velocidad está disminuyendo por encima del umbral anaeróbico. Esta prueba puede ser la mejor medida de lo bien que

un nadador está manteniendo el equilibrio entre el entrenamiento aeróbico y el anaeróbico.

La serie de repeticiones debe tener un volumen de 1.200 a 2.000 m o yardas y tardar entre 15 y 20 min para completarse para que estén implicados plenamente tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico. Se debe realizar la serie con un tiempo normalizado de salida que proporciona entre 15 y 30 s de descanso entre repeticiones. Las mejores distancias de repetición para este propósito son entre 150 y 400 m o yardas. Ejemplos de buenas series de repeticiones para verificar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica son 10 x 150 y 6 x 300.

La velocidad media para la repetición es la estadística principal utilizada para determinar la naturaleza de cualquier cambio de la resistencia muscular aeróbica o anaeróbica. Cuando mejora, la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica probablemente habrán mejorado también. Se podría contar la frecuencia cardíaca de ejercicio para asegurar que se hace un esfuerzo sincero, aunque no es necesario para los fines de la evaluación. Las frecuencias cardíacas de ejercicio deben estar cercanas a la máxima en todas las series de este tipo; por lo tanto, probablemente no cambiarán mucho de una prueba a otra. Sin embargo, la frecuencia cardíaca de recuperación debe medirse. Tiempos lentos con una recuperación más lenta indican casi seguramente una falta de adaptación, mientras que tiempos lentos con una recuperación rápida indican una falta de esfuerzo.

Series de prueba para evaluar la potencia anaeróbica

El propósito de las series de prueba para evaluar la potencia anaeróbica es valorar los cambios de la tasa del metabolismo anaeróbico del nadador. Debe utilizarse un pequeño número de repeticiones muy cortas para que la acidosis y su efecto desacelerador sobre el metabolismo no cause errores de interpretación.

Las mejores distancias para las repeticiones son 25 y 50 m o yardas. La

serie de repeticiones debe ser de 100 a 300 m o yardas de distancia. Los intervalos de descanso deben ser bastante largos para permitir la eliminación de gran parte del lactato producido durante cada repetición. Se recomiendan tiempos de salida de 2 a 3 min entre las repeticiones de 25 y de 2 a 5 min entre las de 50 para este fin. Los nadadores deben realizar un ejercicio suave durante los períodos de recuperación entre las repeticiones para ayudar a eliminar el ácido láctico de sus músculos. Algunos ejemplos de series de repeticiones para controlar los cambios de la potencia anaeróbica son 6 x 25 m o yardas con un tiempo de salida de 3 min y 4 x 50 m o yardas con un tiempo de salida de 4 min.

La velocidad media para las repeticiones en estas series es la mejor estadística que puede utilizarse para evaluar los cambios de la potencia anaeróbica. Cuando el tiempo medio de la serie de repeticiones a velocidad mejora, la potencia anaeróbica del nadador probablemente también lo ha hecho.

Los entrenadores y los nadadores pueden sentirse tentados de utilizar sólo una repetición de velocidad para medir la potencia anaeróbica, pero no se recomienda este procedimiento porque demasiados factores, tales como las olas y los errores de cronometraje, podrían afectar los resultados. Calcular una velocidad media para varias repeticiones proporcionará una estimación más fiable de los cambios de su potencia anaeróbica.

La precisión para evaluar los cambios de la potencia anaeróbica puede mejorarse contando las brazadas o calculando la frecuencia de brazada durante estas series de prueba. Cuando los nadadores utilizan menos brazadas o una frecuencia menor de brazada, su eficacia de natación puede haber mejorado incluso cuando los tiempos no lo han hecho. Al mismo tiempo, podría sospecharse una falta de esfuerzo en una prueba anterior si mejorasen el tiempo en una prueba posterior realizando más brazadas y utilizando una mayor frecuencia de brazada. En este caso, la potencia anaeróbica puede no haber mejorado aunque aumentara la velocidad media para la serie de repeticiones.

La comprobación de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de los velocistas

Una serie de prueba utilizada para comprobar el equilibrio entre el entrenamiento aeróbico y el anaeróbico de los velocistas de las carreras de 50 y 100 debe ser más corta que las series utilizadas para este objetivo con los mediofondistas y fondistas. Una distancia de serie más larga hace mayor hincapié en la parte aeróbica de la medición, y una distancia de serie más corta subraya los cambios de la capacidad amortiguadora de los velocistas. Por lo tanto, para los velocistas, una serie de este tipo debe tener de 600 a 800 m o yardas. Las mejores distancias para las repeticiones de esta serie son de entre 50 y 200 m. El tiempo de salida debe permitir un descanso de aproximadamente 30 s a 1 min entre las repeticiones. Un descanso de 30 a 45 s es mejor para las distancias de 50 y 75 m o yardas. El período de descanso debe ser de entre 30 s y 1 min para las repeticiones más largas para animar a los velocistas a nadar más rápida y económicamente.

Algunos ejemplos de series de repeticiones para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de los velocistas son 12 x 50 con un tiempo de salida de 1 min y 8 x 100 con un tiempo de salida que permite aproximadamente 1 min de descanso entre repeticiones. Los intervalos de descanso deben ser más largos para los nadadores de grupos de edades y veteranos que no pueden realizar las repeticiones a la misma velocidad que los nadadores absolutos. En estos casos, se recomiendan tiempos de salida de 1:00 a 1:30 para las repeticiones de 50. Para las de 100, el tiempo de salida podría ser de 1:30 a 3:00.

De nuevo, el tiempo medio para estas series de repeticiones es la estadística más importante para evaluar los cambios de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Una mejora de la velocidad media es una buena indicación de que la capacidad amortiguadora y la capacidad aeróbica del nadador han mejorado. Sin embargo, la motivación desempeña un papel principal en los resultados. A no ser que el nadador esté altamente motivado

cada vez que complete una de estas series, los resultados podrían no ser válidos.

Se pueden calcular el recuento de las brazadas o la frecuencia de brazada durante estas series como medida de la eficacia de la brazada y para permitir una interpretación más precisa de los resultados. Tiempos más rápidos con un recuento y una frecuencia mucho mayores en pruebas consecutivas podrían significar que los resultados se debían más a una mayor motivación que a una mejora de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. En cambio, tiempos más rápidos con recuentos y frecuencias de brazada similares son una buena indicación de que el rendimiento competitivo del nadador ha mejorado.

La administración de las series de pruebas

Como ya se ha indicado, los mediofondistas y los fondistas deben utilizar series de prueba para evaluar la capacidad aeróbica con el fin de valorar las mejoras del metabolismo aeróbico. Deben utilizar series de prueba para evaluar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica con el fin de valorar los cambios de la interacción del metabolismo aeróbico y anaeróbico durante las carreras, además de los cambios de la capacidad amortiguadora. Pueden continuar con seguridad con grandes volúmenes de entrenamiento de resistencia siempre que sus resultados sigan mejorando en ambos tipos de series. Una mejora de la capacidad aeróbica no acompañada de una mejora de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica normalmente señala una pérdida de potencia aeróbica y quizás una pérdida de la capacidad amortiguadora. Esta circunstancia podría significar que están realizando una gran parte de su entrenamiento de la resistencia a una intensidad demasiada alta. Pero también, podría significar que están realizando demasiado poco entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga. Si se mantiene un diario del entrenamiento, una comparación del volumen relativo de los tres tipos de entrenamiento de resistencia realizado por el nadador durante el intervalo entre las pruebas puede ayudar al entrenador a determinar cuál de las dos consecuencias opuestas debe ser corregida.

Los mediofondistas y fondistas pueden utilizar las series de prueba para evaluar la potencia anaeróbica para asegurarse de que su entrenamiento de resistencia no suprima su tasa de metabolismo anaeróbico más de lo que se puede recuperar. Los velocistas deben utilizarlas para evaluar las mejoras de la potencia anaeróbica, por lo menos durante la última mitad de la temporada.

Desafortunadamente, no puedo proporcionar ninguna estimación ni siquiera adivinar cuánta potencia aeróbica y capacidad amortiguadora pueden permitirse perder los nadadores durante una temporada sin afectar su capacidad de readquirirlas para finales de la misma. El tiempo y la experiencia con estas pruebas son necesarios para realizar valoraciones precisas de este tipo. Con el tiempo, se pueden detectar tendencias generales para el grupo, o la respuesta de la potencia al entrenamiento de resistencia puede ser enormemente diferente para cada nadador.

Los velocistas deben utilizar las pruebas de la capacidad aeróbica, las series de prueba para la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, y las series de prueba de la potencia anaeróbica para evaluar su progreso durante la temporada. Deben esperar perder un poco de resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante la parte de la temporada en la que se hace hincapié en la resistencia aeróbica. De nuevo, no puedo decir cuánto pueden permitir que se deteriore su rendimiento en la prueba sin perjudicar su potencial al final de la temporada. Sólo puedo decir que, a diferencia de los fondistas y mediofondistas, los velocistas necesitan tiempo para mejorar su potencia anaeróbica y su capacidad amortiguadora y no sólo recuperarlas. Por lo tanto, deben preocuparse más por las grandes disminuciones de su rendimiento en las pruebas de resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y la potencia anaeróbica. Deben dedicar más tiempo en la temporada para mejorar su rendimiento en estos dos tipos de series de prueba.

Las evaluaciones con las series de prueba deben realizarse de diversas maneras. Un método sería dedicar 1 semana del ciclo de entrenamiento a las pruebas, con los nadadores haciendo una prueba dife-rente en tres días distintos. Como alternativa, se podrían realizar las pruebas de forma que no interfieran con el entrenamiento administrándolas en ciclos de 3 semanas durante los períodos de entrenamiento intenso. Una prueba podría administrarse durante cada una de tres semanas hasta que se hayan realizado

todos los tipos. Después de esto, los nadadores podrían empezar el proceso de nuevo o esperar unas semanas antes de reanudarlas.

17

La planificación de la temporada

Se requiere una planificación cuidadosa para llevar a los nadadores al pico de su rendimiento en las competiciones importantes. Esta planificación puede y debe durar varios años. Evidentemente, esta tarea gigantesca debe dividirse en unidades más pequeñas y más manejables. Mi objetivo en este capítulo es tratar de la estructura e integración de dichas unidades. Empezaré con la planificación plurianual. La segunda sección tratará sobre la planificación anual. Más adelante hablaré sobre la planificación de la temporada, la semanal y la diaria.

La planificación plurianual

La planificación plurianual puede abarcar la carrera entera del nadador, desde la niñez hasta la madurez. Los entrenadores de los grupos de edades deben

tener un plan general para regular la naturaleza, el volumen y la intensidad del entrenamiento durante toda la carrera competitiva de los nadadores, con el objetivo de lograr su rendimiento máximo en algún momento de su carrera deportiva como adulto.

La planificación plurianual también puede relacionarse con la preparación para acontecimientos principales como los Campeonatos del Mundo y los Juegos Olímpicos, que se realizan cada 2 a 4 años. Para los nadadores de 14 a 16 años y los universitarios, el plan plurianual debe abarcar los 3 a 4 años en los que los nadadores están bajo las órdenes del entrenador. En la sección siguiente se tratan los planes para dichos objetivos.

La planificación bienal y cuatrienal

La planificación bienal y cuatrienal se refiere a la planificación de un sistema con planes de 2 y 4 años que coinciden con las fechas de los Campeonatos del Mundo de Natación y los Juegos Olímpicos. Se pueden elaborar otros planes plurianuales para el período de 3 ó 4 años que dura la carrera del nadador en el instituto o la universidad. El objetivo es llevar a los nadadores al pico de su rendimiento en los momentos apropiados de su carrera.

Muchos entrenadores y nadadores no preparan planes plurianuales bien organizados. Se pide simplemente a los nadadores que cada año se entrenen du ramente y mejoren tanto como puedan para que sean rápidos cuando llegue su competición principal, sean los Juegos Olímpicos, los Campeonatos Nacionales o lo que sea. No se ha puesto en marcha ningún sistema de progresión planificada aparte de cada año intentar nadar más rápidamente en el entrenamiento. Aunque los nadadores pueden tener éxito con un plan como éste, sus posibilidades de lograr un mejor rendimiento aumentan con una planificación plurianual bien pensada. Una buena planificación implica concentrarse en mejorar las debilidades de cada nadador durante los primeros años de un plan plurianual y luego concentrarse en aumentar la resistencia y

la velocidad durante el año en que tiene lugar la competición principal.

En la figura 17.1 se presenta un ejemplo de una progresión bienal para un nadador de 200 m con la meta de tener un buen rendimiento en los Campeonatos Mundiales y los Juegos Olímpicos. Los valores de entrenamiento citados en esta figura sólo son aproximaciones que ilustran cómo el volumen y la intensidad de diferentes tipos de entrenamiento deberían cambiar al acercarse el año olímpico. No se pretende que las cifras signifiquen valores ideales.

El mayor volumen y la mayor intensidad del entrenamiento específico se desarrollan durante los años en los que se realizan los Campeonatos Mundiales y los Juegos Olímpicos. Se hace mayor hincapié en establecer una base de resistencia y de velocidad durante los otros años. El entrenamiento debe concentrarse en desarrollar la capacidad aeróbica y la potencia anaeróbica durante aquellos años, mientras que el entrenamiento durante los años de las competiciones debe concentrarse en mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Los años “libres” también representan un tiempo en el que los nadadores pueden trabajar mucho en mejorar debilidades específicas de cara a la competición, tales como una técnica de estilo defectuosa, salidas, virajes, debilidades en la fuerza y la potencia de ciertos grupos musculares, y una falta de flexibilidad en las articulaciones importantes.

La planificación anual

Con el marco del plan plurianual como guía, el próximo paso es planificar cada año de entrenamiento. La mayoría de los entrenadores dividen el año de entrenamiento en dos o tres temporadas. La decisión de utilizar dos o tres temporadas se basa normalmente más en el calendario y la importancia de los campeonatos que en la efectividad fisiológica. Los entrenadores de Estados Unidos normalmente dividen el año de entrenamiento en dos temporadas a

causa de las exigencias académicas y porque los dos campeonatos principales del año ocurren generalmente a principios de la primavera y cerca del fin del verano. En otras partes del mundo, se celebran comúnmente tres campeonatos importantes cada año, uno en diciembre, uno en la primavera y un tercero a finales del verano. Por consiguiente, muchos entrenadores de estos países utilizan planes con tres temporadas. En las próximas dos secciones se describen planes típicos de dos temporadas y de tres temporadas.

El plan anual de dos temporadas

Con este plan, normalmente se separa el año de entrenamiento en dos temporadas, de piscina corta y de piscina larga. La temporada de piscina corta o de invierno culmina en una competición nacional o internacional importante en algún momento de marzo o abril. Esta competición se realiza generalmente en una piscina de 25 m o yardas. La temporada de piscina larga o de verano termina con una competición de igual o mayor importancia en agosto o septiembre, que se celebra normalmente en una piscina de 50 m. Los nadadores generalmente tienen 1 ó 2 semanas de descanso y recuperación después de cada temporada.

La planificación de un año de dos temporadas

Temporada de piscina corta: septiembre a marzo (30 semanas)

Temporada de piscina larga: abril a agosto (20 semanas)

El plan anual de tres temporadas

El plan de tres temporadas se utiliza en las partes del mundo en las que se celebra una competición inter-nacional importante a finales del invierno, seguida de otro campeonato importante nacional o internacional en la primavera, y otro al final del verano. La primera temporada, o la de otoño, dura normalmente desde septiembre a finales de diciembre. El campeonato final de esta temporada se celebra normalmente en una piscina corta. La segunda temporada, la de invierno, dura de enero a abril. El campeonato correspondiente a esta temporada puede celebrarse en una piscina corta o larga, según el lugar del mundo donde tiene lugar. La tercera temporada, la de verano, se extiende de mayo a agosto y culmina normalmente en un campeonato importante de piscina larga. De nuevo los nadadores generalmente tienen un descanso de 1 ó 2 semanas después de cada temporada.

	1° año	2° año	3° año	4° año
Días de entrenamiento incluidas las competiciones	250-270	280-290	280-290	300-320
Sesiones de entrenamiento	400-420	460-500	460-500	520-540
Kilometraje	1.600-2.000 km	2.000-2.400 km	2.000-2.400 km	2.400-2.800 km
Re-1	800-1.000 km	1.000-1.200 km	1.200-1.400 km	1.200-1.400 km
Re-2	240-300 km	200-240 km	300-360 km	240-280 km
Re-3, Ve-1 y V-C	80-100 km	140-160 km	100-120 km	170-190 km
Ve-2 y Ve-3	100-140 km	100-140 km	140-160 km	140-160 km
Recuperación	300-400 km	330-350 km	320-340 km	340-360 km
Fuerza y flexibilidad en seco	140-150 días	120-130 días	140-150 días	120-130 días
Potencia en seco y en el agua	80-100 días	120-130 días	80-100 días	120-130 días

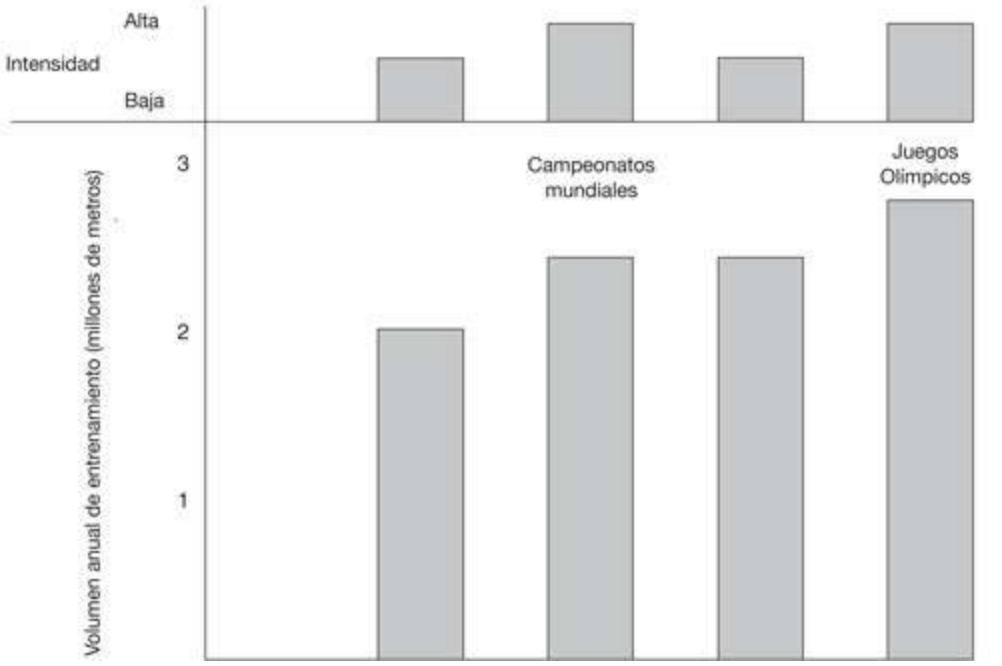


Figura 17.1. Un ejemplo de un plan cuatrienal para un nadador de 200 diseñado para producir el pico del rendimiento en los Campeonatos Mundiales y los Juegos Olímpicos.

El calendario y la importancia de las competiciones principales del año normalmente determinan el número de temporadas que los entrenadores planifican para cada año de entrenamiento y la duración de cada temporada.

A pesar de esto, los datos científicos sugieren que una temporada debe abarcar un mínimo de 20 semanas cuando es importante mejorar la capacidad aeróbica (Denis *et al.*, 1982).

La planificación de un año de tres temporadas

Temporada de otoño: septiembre a diciembre (16 semanas)

Temporada de invierno: enero a abril (15 semanas)

Temporada de verano: mayo a agosto (16 semanas)

La planificación de la temporada

En el pasado, una práctica común ha sido estructurar un plan de temporada similar al presentado en la figura 17.2. Según este plan, los nadadores suben su kilometraje hasta el máximo durante las primeras semanas de la temporada y luego permanecen en este nivel durante 10 a 15 semanas. Después de esta etapa, reducen el kilometraje ligeramente y aumentan la intensidad del entrenamiento durante 4 a 6 semanas. Sigue una puesta a punto de 2 a 4 semanas, justo antes de la competición principal de la temporada. El efecto de este plan sobre el rendimiento del nadador también se muestra en la figura 17.2. El rendimiento competitivo mejorará rápidamente por lo general durante las primeras 4 a 6 semanas de cada nueva temporada. Después, los nadadores no mejoran hasta la puesta a punto. En este caso, los nadadores mejoraron su anterior mejor marca en la competición fin de temporada después de la puesta a punto.

Los planes similares al presentado en la figura 17.2 se han utilizado con éxito a lo largo de los años a pesar del hecho de que tengan algunas grandes desventajas. Quizá la mayor es que el sistema de progresión está basado enteramente en la motivación del nadador concreto. Por esto, algunos nadadores pueden trabajar más allá de su capacidad y sufrir de sobreentrenamiento en algún momento a mediados de la temporada. Otros pueden sólo cubrir el papel y nunca lograr un nivel óptimo de acondicionamiento para finales de la temporada. Otra desventaja es que la ausencia de un sistema planificado de progresión puede hacer que algunos

nadadores logren su pico de rendimiento a mediados de la temporada en lugar de durante las competiciones importantes de finales de temporada. Por estas razones, muchos expertos del entrenamiento proponen un plan diferente que incluye un patrón sistemático de progresión que cubre todos los aspectos de la preparación física del nadador y le conduce a un pico de rendimiento en el momento deseado de la temporada. Sugieren dividir la temporada de natación en unidades más pequeñas y más manejables que hacen hincapié en el desarrollo de ciertos mecanismos fisiológicos de una manera sistemática. Un período corto de descanso sigue a cada una de estas unidades. Se diseña la siguiente unidad para sobrecargar al nadador de alguna forma de manera que el plan de la temporada esté estructurado en forma de *escalera*. La figura 17.3 ilustra este método de planificación.

El plan presentado en la figura 17.3 se ha desarrollado para los nadadores que se especializan en las carreras de 200 m o yardas. Dicho plan se presenta no como un modelo ideal sino para demostrar cómo un plan de este tipo podría ser superior al modelo tradicional ilustrado en la figura 17.2. Este procedimiento escalonado se considera superior porque la carga de trabajo aumenta sistemáticamente en concordancia con la capacidad del nadador para realizar el trabajo. Con una planificación cuidadosa, los nadadores a menudo son capaces de trabajar a unos niveles al final de la temporada que no podían alcanzar utilizando un plan tradicional. Lo que, a su vez, podría capacitarles para rendir a un nivel superior en la competición cumbre de la temporada. En el modelo presentado en la figura 17.3 las cargas tanto de volumen como de intensidad sobrepasan las mostradas en la figura 17.2 en ciertos momentos de la temporada. Además, la cantidad de mejora registrada al final de la temporada es mayor que la ilustrada en la figura 17.2. El nadador llega a un volumen de entrenamiento del 110% en la figura 17.3, que es un 10% mayor que el volumen mostrado en la figura 17.2. Este aumento del volumen de entrenamiento es el resultado de un proceso de acumulación sistemático que hizo posible que el nadador ilustrado en la figura 17.3 realizase y se adaptase al trabajo adicional durante la temporada.

Un programa planificado de progresión sistemática es una de las mejores maneras de asegurar que los nadadores alcancen su pico fisiológico en el momento apropiado de la temporada. La progresión sistemática debe también ayudarles a evitar las mesetas y el sobreentrenamiento. El progreso inicial

puede ser más lento cuando se elaboran las temporadas de esta forma, pero los nadadores finalmente alcanzarán niveles más altos de adaptación y, por consiguiente, lograrán mejores resultados.

Un plan como el ilustrado en la figura 17.3 también permite a los entrenadores clasificar los varios tipos de entrenamiento que los nadadores realizan en períodos de intensificación y mantenimiento. Cuando un programa de la temporada como el de la figura 17.3 se programa correctamente, todos los niveles del entrenamiento descritos en los capítulos anteriores pueden incorporarse en las proporciones adecuadas y administrarse en los momentos apropiados de la temporada. Además, los cambios periódicos del entrenamiento hacen menos probable que el efecto de un tipo de entrenamiento inhiba el de otro.

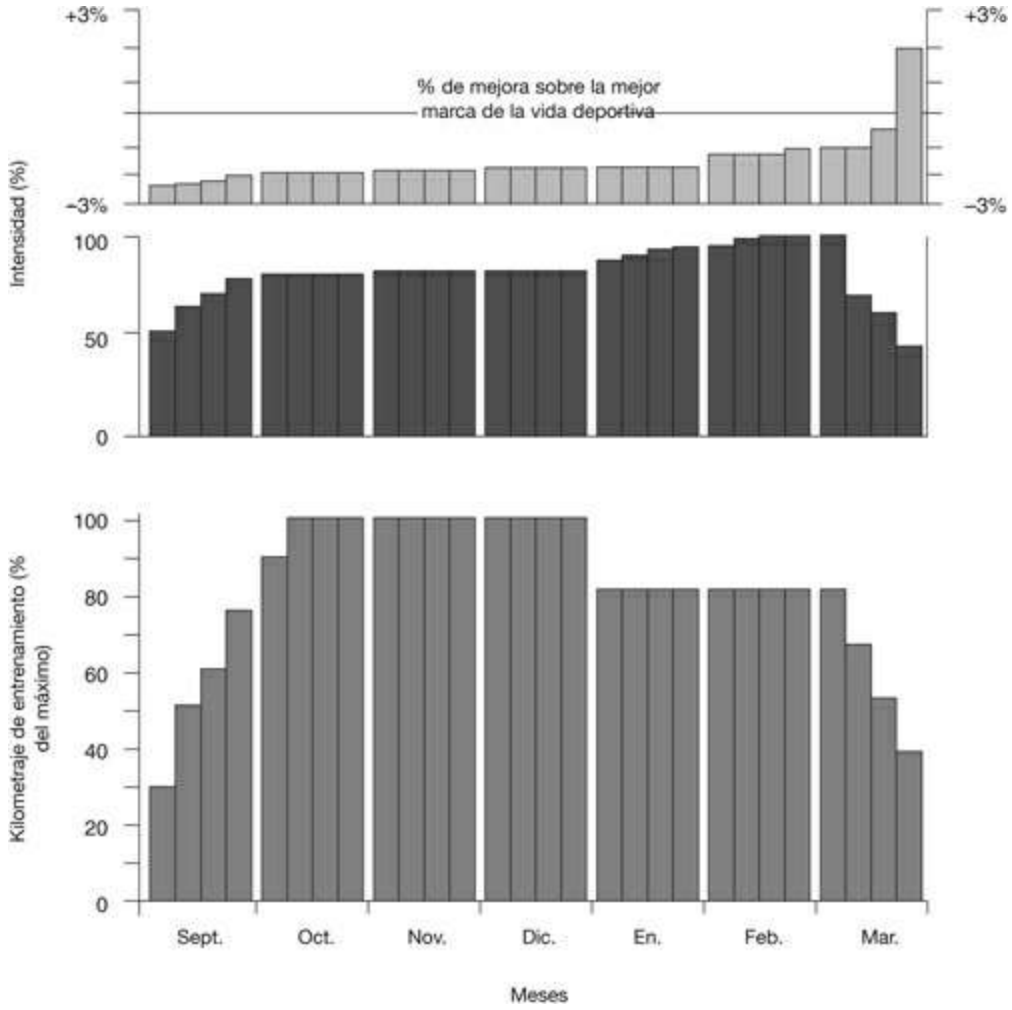


Figura 17.2. Un plan típico de la temporada.

El primer paso en el proceso de ir de la teoría a la práctica es determinar los componentes entrenables y su colocación en el año de entrenamiento con respecto al desarrollo y al mantenimiento. Algunos de estos componentes, tales como la capacidad aeróbica, serán principalmente físicos porque implican un gran volumen de entrenamiento. Otros, como la mecánica de la brazada, serán tanto físicos como didácticos porque se requiere mucha práctica en el agua para perfeccionarlos. Otros componentes, como el aprovechamiento del tiempo, por ejemplo, serán principalmente didácticos, requiriendo poco o ningún tiempo en el agua. Los entrenadores deben animar a los nadadores a poner en práctica todos los días esta información que se imparte en las clases. Ahora comentaré un poco más la selección de componentes entrenables que se van a incluir en el plan de la temporada.

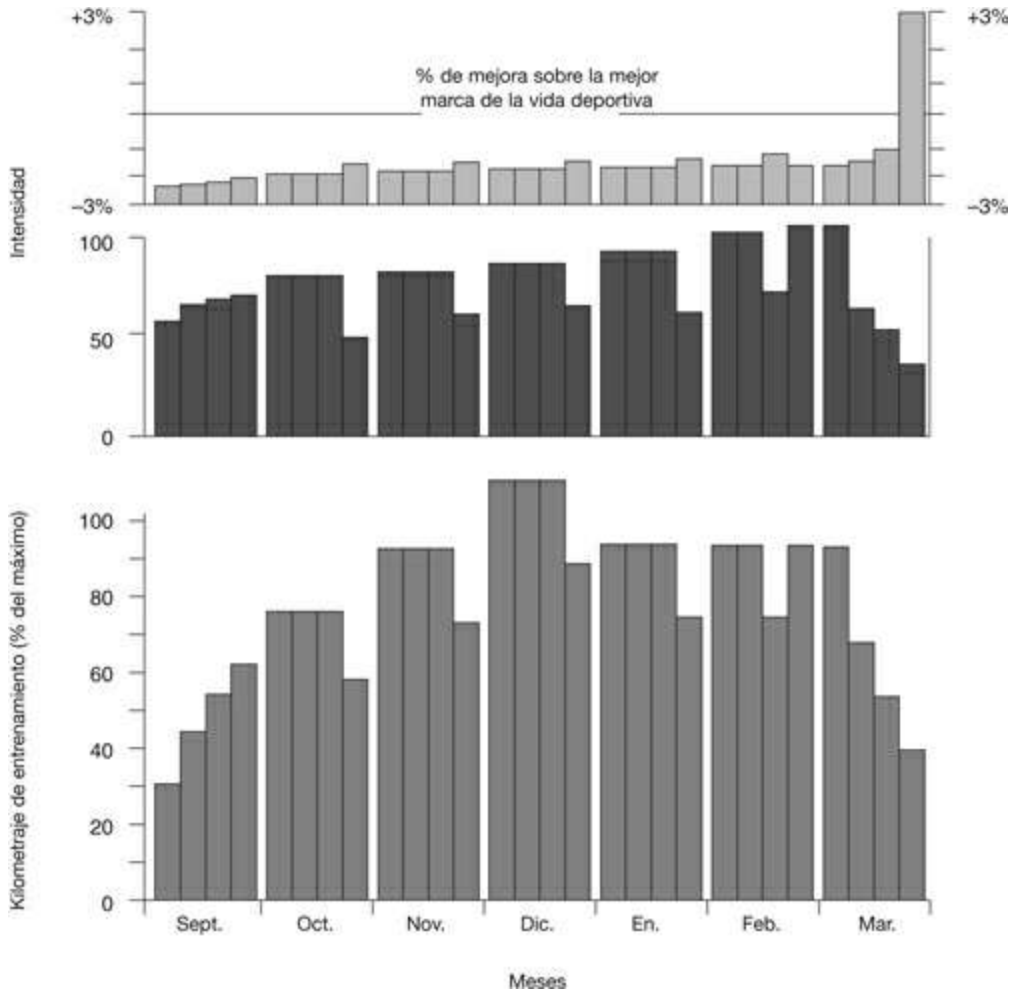


Figura 17.3. Un plan más moderno de la temporada en el que los diversos tipos de entrenamiento están clasificados en fases de desarrollo o de mantenimiento. La mejora se orienta sistemáticamente hacia un rendimiento pico al final de la temporada.

Los componentes entrenables

Primero están los componentes metabólicos del entrenamiento, la capacidad aeróbica, la potencia anaeróbica y la resistencia muscular aeróbica y

anaeróbica. Éstas deben ser puntos centrales en la estructura de cada macrociclo de cada temporada durante todo el año. De igual importancia es la mejora de la técnica de brazada. Se deben corregir y automatizar los estilos al inicio de la temporada para que los nadadores los puedan utilizar en la competición sin tener que pensar conscientemente en ellos. También se debe formar a los nadadores en cuanto a la combinación óptima de frecuencia de brazada y longitud de brazada para cada una de sus carreras. Después de desarrollar una buena mecánica de estilo, los nadadores deben, por falta de un término mejor, endurecerse para que puedan seguir siendo razonablemente efectivos a pesar de la fatiga y del dolor al final de las carreras.

El entrenamiento de fuerza, potencia y flexibilidad en seco y el entrenamiento de potencia en el agua también deben formar parte del plan de la temporada. Se debe prestar atención a la salida y a los virajes a causa de su importancia para el rendimiento. Los nadadores deben aprender a escoger el ritmo y la estrategia correctas para las carreras. Además deben recibir formación y realizar ejercicios para prepararse emocionalmente y estar mentalmente fuertes durante las pruebas. Finalmente, aprenden acerca de la nutrición apropiada y el aprovechamiento del tiempo.

Después de determinar los componentes entrenables, el próximo paso en la planificación de la temporada es dividirla en partes con objetivos específicos de entrenamiento y de competición. Luego, cada fase de la temporada debe dividirse en unidades aún más pequeñas en las que se aplica el principio de la sobrecarga de una unidad a otra. El proceso de estructurar una temporada en unidades más pequeñas con un propósito y objetivos específicos se llama el *entrenamiento por ciclos*.

Los componentes que deben incluirse en cada plan de temporada

- Capacidad aeróbica.
- Potencia anaeróbica.

- Resistencia aeróbica y anaeróbica.
- Mecánica de brazada.
- Frecuencia de brazada y longitud de brazada óptimas.
- Entrenamiento de fuerza y de potencia en seco.
- Entrenamiento de flexibilidad.
- Entrenamiento de potencia en el agua.
- Salidas y virajes.
- Selección del ritmo apropiado y estrategia.
- Preparación emocional y robustez mental.
- Nutrición.
- Aprovechamiento del tiempo.

El entrenamiento por ciclos

El entrenamiento por ciclos se divide en tres categorías conocidas popularmente como macrociclos, mesociclos y microciclos.

Los macrociclos

Los macrociclos son segmentos principales de una temporada de natación. Cada uno de estos segmentos se planifica normalmente con el propósito de desarrollar aspectos fisiológicos específicos, tales como la capacidad aeróbica, la potencia anaeróbica o la resistencia muscular aeróbica o anaeróbica. También pueden planificarse para coincidir con partes particulares de la temporada, tales como la pretemporada, la temporada competitiva y los períodos de puesta a punto. También pueden planificarse alrededor de otros aspectos competitivos tales como la mejora de la técnica, las destrezas competitivas, la fuerza o la flexibilidad.

Los macrociclos pueden durar de 4 a 12 semanas. Los macrociclos más largos tienen lugar normalmente a principios de la temporada, cuando se hace hincapié en el desarrollo de la capacidad aeróbica y las destrezas básicas. Los macrociclos serán generalmente más cortos durante las últimas partes de la temporada, cuando la intensidad del entrenamiento es mayor y cuando la naturaleza de las competiciones está cambiando rápidamente de menos a más importante.

Se presenta a continuación el patrón típico para la elaboración de un macrociclo durante una temporada de 26 semanas. En este caso, la temporada incluye cuatro partes –un período general de preparación, un período de preparación específica, un período de preparación para las competiciones y un período de puesta a punto– seguidas de un descanso.

Macrociclos, mesociclos y microciclos

Macrociclo: un componente principal de la temporada que dura de 4 a 12 semanas.

Mesociclos: fases más cortas, dentro de un macrociclo, en las que tienen lugar aumentos escalonados del volumen, de la intensidad o del enfoque del entrenamiento. Los mesociclos pueden durar de 2 a 8 semanas.

Microciclo: planes semanales. Los mesociclos se componen de microciclos.

Estructura de una temporada típica de natación

Macrociclo número 1: período de preparación general, de 4 a 12 semanas.

Macrociclo número 2: período de preparación específica, de 4 a 8 semanas.

Macrociclo número 3: período de preparación competitiva, de 4 a 6 semanas.

Macrociclo número 4: período de puesta a punto, de 2 a 4 semanas.

Macrociclo número 5: descanso, de 1 a 2 semanas.

La fase de preparación general. El objetivo principal de la fase de preparación general es preparar a los nadadores físicamente para el entrenamiento intenso más adelante en la temporada. Las metas incluyen mejorar la resistencia general, la velocidad, la fuerza y la flexibilidad de manera global. Idealmente esta fase debe durar de 8 a 12 semanas cuando los nadadores no han estado entrenándose de forma seria durante varias semanas. Sin embargo, esta fase puede ser considerablemente más corta para los nadadores que se entrenan todo el año con descansos cortos y poco frecuentes. Su capacidad aeróbica, su fuerza y su velocidad deben estar ya en un nivel alto a finales de la temporada pasada.

Cada nadador debe concentrarse en mejorar la capacidad aeróbica. La meta principal de este entrenamiento debe ser producir las adaptaciones centrales circulatorias y respiratorias que mejorarán el suministro del oxígeno y de los nutrientes a los músculos. Los nadadores pueden lograr esto realizando un gran volumen de entrenamiento de resistencia básica en una variedad de estilos y haciendo otras actividades de resistencia en seco y en el agua. El entrenamiento de resistencia básica en el agua también mejorará el consumo máximo de oxígeno de sus fibras musculares de contracción lenta. Este efecto será particularmente valioso para los velocistas porque no podrán invertir tanto tiempo en el entrenamiento de resistencia en las fases posteriores de la temporada. No quieren arriesgarse a perder demasiada velocidad y potencia de la contracción muscular en las fibras musculares de contracción rápida por haber realizado demasiado entrenamiento de

resistencia de intensidad alta.

Los velocistas y los especialistas de estilo deben realizar un gran volumen de ejercicios de resistencia de sólo piernas durante esta fase. Todos los nadadores deben hacer hincapié en el entrenamiento de producción de lactato y de potencia durante este período. En el caso de los nadadores de fondo y de mediofondo, y los nadadores que se especializan en las pruebas de 200, el objetivo del entrenamiento de la producción de lactato debe ser impedir una pérdida de la velocidad de natación mientras realizan un gran volumen de entrenamiento de resistencia. Para los velocistas, el propósito del entrenamiento de producción de lactato y de potencia debe ser mejorar la velocidad de natación. Su volumen de entrenamiento de resistencia nunca debe ser tan grande que comprometa su velocidad durante esta fase de la temporada.

El entrenamiento que mejora la resistencia aeróbica y anaeróbica –el entrenamiento de resistencia con sobrecarga, a la velocidad competitiva y de tolerancia al lactato– no debe utilizarse con demasiada frecuencia durante la fase de preparación general. Todas estas formas de entrenamiento deben considerarse como una sola categoría, y los nadadores deben hacer sólo una o dos series cortas de repeticiones de esta categoría semanalmente. Este volumen debe ser suficiente para prevenir una gran disminución de la capacidad amortiguadora, de la eliminación de lactato y de la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida, mientras que a la vez también prepara a los nadadores para un entrenamiento intenso de resistencia más adelante en la temporada. Las series descendentes también son útiles para estos fines. Nadar algunas repeticiones muy rápidamente al final de las series de resistencia básica varias veces cada semana debe ayudar a mantener la capacidad amortiguadora, la de eliminación de lactato y la capacidad aeróbica de las fibras musculares de contracción rápida.

Los nadadores deben dedicar una gran cantidad de tiempo a mejorar la mecánica de la brazada, las salidas y los virajes durante esta fase. Los nadadores que compiten en todos los estilos y todas las pruebas estarán entrenándose tan intensamente más adelante en la temporada que tendrán problemas para cambiar su brazada en ese momento. Deben realizar las correcciones necesarias durante la fase de preparación general y luego

intentar utilizar su técnica mejorada durante sus esfuerzos similares a la competición en el entrenamiento, y en la propia competición durante el resto de la temporada. Deben trabajar en la automatización de esas técnicas para poder utilizarlas eficazmente en la competición principal al final de la temporada.

La fase de preparación general es el mejor momento para convertir las debilidades de la técnica de los nadadores en puntos fuertes haciendo hincapié en trabajarlas. Por ejemplo, los mariposistas con un batido de delfín débil definitivamente deben pasar más tiempo realizando el batido de delfín que otros especialistas del mismo estilo. Los espaldistas que no pueden recorrer 15 m de cada largo rápidamente con el batido subacuático deben realizar ejercicios especiales para mejorar su habilidad en esta destreza. Un nadador de la prueba de estilos individual con un estilo de braza débil debe entrenarse a menudo con los bracistas, particularmente cuando realizan ejercicios de brazada y series de resistencia. Al mismo tiempo, este nadador debe pasar más tiempo haciendo el entrenamiento de braza a la velocidad competitiva que otros nadadores especialistas en la prueba de estilos individual durante este período.

Los nadadores deben intentar lograr objetivos específicos de rendimiento en su estilo o estilos débiles para el fin de esta fase. Para un mariposista con un batido débil puede implicar hacer 10 x 100 m sólo piernas con batido de delfín con un tiempo de salida de 2 min en menos de 1:40. La meta para un espaldista que tiene un batido de delfín subacuático débil podría ser realizar 6 x 50 m con el batido subacuático con un tiempo de salida de 2 min en menos de 34:00 para todas las repeticiones. La meta para un nadador de estilos individual en el ejemplo anterior podría ser nadar 10 x 100 m braza con un tiempo de salida de 2 min en un tiempo para todas las repeticiones inferior al mejor tiempo logrado en el parcial de braza de una prueba de Ei de 400. Si dicho nadador compite en la prueba de estilos individual de 200, la meta podría ser nadar 10 x 50 con un tiempo de salida de 1 min en un tiempo para todas las repeticiones inferior a su mejor tiempo para el parcial de braza en una prueba de EI de 200.

El entrenamiento en seco debe concentrarse en mejorar la fuerza muscular global. Un programa básico de entrenamiento con pesas con un número

moderado de series y repeticiones es ideal para este propósito. El programa debe incluir todos los principales grupos musculares. Los fondistas pueden escoger hacer caso omiso del programa de entrenamiento con pesas y hacer más entrenamiento nadando durante la fase de preparación general.

Todos los nadadores deben concentrarse en mejorar la flexibilidad en las articulaciones específicas durante esta fase, pero no necesitan correr el riesgo de lesionarse intentando mejorar la flexibilidad donde ya es adecuada. Los nadadores deben realizar ejercicios especializados de flexibilidad sólo para aquellas articulaciones en las que un rango limitado de movimiento interfiere con la natación eficaz.

Esta fase es también un buen momento para presentar charlas, quizás impartidas por expertos externos, sobre la importancia de la nutrición y el aprovechamiento del tiempo. Al aprender sobre estos aspectos del entrenamiento al principio de la temporada, los nadadores tendrán tiempo para cambiar sus hábitos alimentarios y establecer el orden de prioridad de las actividades ajenas al entrenamiento antes de que éste se vuelva más intenso y ocupe más tiempo más adelante en la temporada.

Los mesociclos largos con una estructura escalonada son normalmente la mejor elección para esta fase de la temporada porque los nadadores estarán mejorando rápidamente y estarán luchando para establecer una base aeróbica fuerte y estable. El mejor sistema para aplicar una sobrecarga progresiva es aumentar el volumen del entrenamiento con sesiones que paulatinamente se vuelven más largas y más frecuentes.

Objetivos y procedimientos de la fase de preparación general

Objetivos:

- Mejorar la capacidad aeróbica, particularmente las funciones circulatoria y respiratoria que mejorarán el suministro de oxígeno a los músculos y tanto la tasa de consumo de oxígeno como la de la eliminación de lactato de las fibras musculares de

contracción lenta.

- Mejorar la potencia anaeróbica de los velocistas y mantenerla para otros nadadores.

- Mejorar la mecánica de la brazada, la salida y los virajes. Convertir las debilidades técnicas de los nadadores en puntos fuertes.

- Aumentar la fuerza muscular global.

- Aumentar la flexibilidad en articulaciones específicas.

- Mantener la resistencia aeróbica y anaeróbica.

- Corregir deficiencias nutricionales y errores del aprovechamiento del tiempo.

Métodos sugeridos para aplicar una sobrecarga progresiva: aumentar el volumen.

Evaluar posibles cambios de:

- $\dot{V}O_2$máx (si es factible).

- Umbrales aeróbico y anaeróbico.

- Valor pico de lactato sanguíneo.

- Velocidad.

- Fuerza muscular general.

- Rango de movimiento en articulaciones específicas.

La fase de preparación específica. El período de preparación general debe ser seguido por una fase de preparación específica. Durante este período, los nadadores deben concentrarse en mejorar la resistencia básica, la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, la potencia muscular y la velocidad. La duración óptima para esta fase es de entre 6 y 8 semanas. Períodos más largos pueden acarrear un sobreentrenamiento a causa de la intensidad del entrenamiento realizado durante esta fase. Dada su importancia, la fase de preparación específica nunca debe acortarse a menos de 4 semanas incluso cuando la temporada es muy corta.

Los objetivos de esta fase dependerán en gran parte de las pruebas competitivas para las que se está entrenando el nadador, y sus puntos fuertes y debilidades fisiológicas. Todos los nadadores deben invertir una mayor cantidad de tiempo entrenándose en su estilo o estilos principales durante esta fase para mejorar las funciones metabólicas de las fibras musculares que utilizarán en la competición.

Los fondistas y mediofondistas deben aumentar la cantidad de entrenamiento de resistencia que realizan al nivel del umbral y con sobrecarga durante esta fase de la temporada para que puedan aumentar el consumo de oxígeno y la eliminación de lactato en las fibras musculares de contracción rápida. Los velocistas que se especializan en las pruebas de 200 deben hacer lo mismo.

Los velocistas rápidos y los normales deben seguir haciendo hincapié en el entrenamiento de resistencia básica. Deben descender muchas de las series de resistencia básica a un tiempo rápido, y deben programar más series de resistencia cortas y rápidas. Estos procedimientos deben ayudarles a mejorar las tasas de consumo de oxígeno y de eliminación de lactato en las fibras musculares de contracción rápida sin inhibir la potencia anaeróbica de éstas. Los velocistas no deben realizar series continuas de resistencia al nivel del umbral o más rápidas.

Los velocistas que se especializan en las pruebas de 50 y 100 deben también incluir ligeramente más entrenamiento de tolerancia al lactato en el programa semanal, quizás una serie adicional por semana. Este entrenamiento

ayudará a impedir una pérdida de la capacidad amortiguadora y les preparará para volúmenes adicionales de este tipo de entrenamiento más adelante en la temporada. Los nadadores fondistas y mediofondistas no necesitan programar series de tolerancia al lactato. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga cumplirá el mismo propósito para ellos de una manera más específica para sus pruebas.

Los velocistas deben seguir haciendo hincapié en el entrenamiento de producción de lactato para mejorar su velocidad máxima. También deben incluir algún entrenamiento de potencia en el agua en el programa semanal. Los fondistas y mediofondistas también deben realizar algún entrenamiento de producción de lactato para prevenir pérdidas significativas de potencia anaeróbica mientras están realizando más entrenamiento de resistencia rápida.

Con la excepción de los velocistas rápidos, todos los nadadores deben realizar un volumen creciente de entrenamiento de resistencia básica. El objetivo debe ser seguir mejorando la capacidad aeróbica con todos los medios disponibles. Los velocistas y los especialistas de estilos deben seguir haciendo hincapié en los ejercicios de resistencia con sólo piernas.

La necesidad de realizar el entrenamiento de recuperación aumentará durante esta fase específica de la preparación a causa del mayor volumen de entrenamiento de alta intensidad que estarán haciendo todos los nadadores. Por consiguiente, el programa semanal debe incluir unas sesiones completas de entrenamiento diseñadas para intensificar la recuperación, además de la natación de recuperación que los nadadores realizan después de cada serie intensa y al final de cada sesión de entrenamiento.

El enfoque del entrenamiento de la técnica debe orientarse a mejorar el equilibrio óptimo entre la frecuencia de brazada y la longitud de brazada durante esta fase. Los nadadores deben invertir una cantidad considerable de tiempo intentando mejorar su longitud de brazada sin reducir de manera significativa su frecuencia.

El entrenamiento en seco debe dejar de concentrarse en el aumento de la fuerza general para hacerlo en el aumento de la fuerza específica. Los

nadadores deben realizar un entrenamiento duro contra resistencia con más series y menos repeticiones de las que hacían durante la fase anterior. El entrenamiento contra resistencia en seco debe hacerse más específico incluyendo más ejercicios diseñados para mejorar la fuerza de los músculos implicados en la natación. Los ejercicios también pueden simular los movimientos de natación, aunque no es necesario entrenarse de esta forma.

Los fondistas y mediofondistas pueden escoger eliminar el entrenamiento contra resistencia en seco para invertir más tiempo entrenándose en el agua. Incluso así, deben realizar un entrenamiento de mantenimiento en la sala de máquinas. Los fondistas y mediofondistas que sienten la necesidad de entrenarse en seco contra resistencia pueden cambiar a un programa que haga hincapié en la resistencia muscular. Bancos de nado, gomas y máquinas Vasa son ideales para este propósito. Al igual que en la fase anterior, los nadadores deben hacer un entrenamiento de flexibilidad específica.

Los mesociclos más cortos son la mejor elección para esta fase de la temporada porque proporcionan más períodos tanto de progresión como de recuperación.

Todos los nadadores pueden seguir utilizando los aumentos de volumen como su sistema para aplicar una sobrecarga progresiva. Los fondistas, los mediofondistas y los nadadores que se especializan en las pruebas de 200 pueden preferir aumentar la intensidad o la densidad, o pueden escoger sobrecargar con los tres métodos. Los velocistas deben utilizar aumentos de volumen y densidad como su sistema de sobrecarga progresiva para la natación de resistencia. Para la producción de lactato y el entrenamiento de potencia, aumentar la intensidad es el mejor sistema para aplicar una sobrecarga progresiva a todos los nadadores.

Objetivos y procedimientos de la fase de preparación específica

Objetivos:

- Los mediofondistas y los fondistas deben concentrarse en

mejorar las tasas de consumo de oxígeno y eliminación de lactato de sus fibras musculares de contracción rápida.

- Todos los nadadores, especialmente los velocistas, deben seguir mejorando sus tasas de consumo de oxígeno y eliminación de lactato de sus fibras musculares de contracción lenta.

- Los velocistas deben seguir mejorando su velocidad. Los mediofondistas y los fondistas deben seguir con sus intentos de mantener la velocidad.

- Los nadadores deben intentar aumentar la longitud de brazada a la velocidad competitiva sin sacrificar la frecuencia de brazada.

- Se debe diseñar el entrenamiento en seco para aumentar la fuerza y la flexibilidad en los músculos y las articulaciones específicos implicados en la natación.

Métodos sugeridos para aplicar una sobrecarga progresiva:

- Aumentar el volumen.

- Aumentar la intensidad (la velocidad de la repetición).

Evaluar posibles cambios de:

- $\dot{V}O_2$máx (si es factible).

- Umbrales aeróbico y anaeróbico.

- Valor pico de lactato sanguíneo.

- Velocidad máxima.

- Mejoras de la longitud de brazada a velocidad competitiva.
- Potencia de nado dentro del agua.
- Fuerza en los grupos musculares específicos implicados en la natación.
- Rango de movimiento en articulaciones específicas.

La fase de preparación competitiva. El objetivo principal de la fase de preparación competitiva es mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica para que los nadadores estén preparados para competir al pico de su rendimiento cuando termine esta fase. La duración óptima de este período es de entre 4 y 8 semanas. Dado que la intensidad del entrenamiento está en su punto máximo de la temporada, seguir durante más de 8 semanas podría conducir a un sobreentrenamiento. Sin embargo, menos de 4 semanas de entrenamiento en esta fase produciría probablemente una mejora inadecuada.

Durante esta fase los nadadores deben concentrarse en las competiciones en las que quieren participar al final de la temporada. Deben nadar las series principales de cada semana de entrenamiento a la velocidad competitiva o cercana a ella y, por supuesto, en su estilo o estilos principales. Las series a la velocidad competitiva deben estar orientadas a la resistencia para todos los nadadores, especialmente los fondistas y mediofondistas. Desde el punto de vista específico, las series a la velocidad competitiva para los mediofondistas y fondistas deben ser más largas que las de los velocistas. No obstante, el objetivo de todos los nadadores es aumentar su carga de trabajo a la velocidad competitiva o aumentar su velocidad media para estas series desde la velocidad actual hasta la deseada para la competición.

Objetivos y procedimientos de la fase de preparación competitiva

Objetivos:

- Mejorar la resistencia aeróbica y anaeróbica.
- Aumentar la capacidad de los nadadores de nadar más tiempo a la velocidad competitiva o de progresar desde la velocidad actual a la deseada para la competición.
- Aumentar la velocidad de los velocistas y optimizar la potencia anaeróbica de los mediofondistas y fondistas.
- Aumentar la capacidad de mantener una buena mecánica de brazada cuando se fatigan al final de las carreras.
- Aumentar la potencia muscular específica.
- Aumentar la potencia en el agua de los velocistas.
- Aumentar la flexibilidad de las articulaciones específicas.
- Mantener la capacidad aeróbica de todos los nadadores.
- Perfeccionar las destrezas competitivas y de selección del ritmo apropiado.

Métodos sugeridos para aplicar una sobrecarga progresiva:

- Aumentar la intensidad (la velocidad de la repetición).
- Aumentar la densidad (reducir el intervalo de descanso).

Evaluar posibles cambios de:

- $\dot{V}O_2$máx (si es factible).

- Umbrales aeróbico y anaeróbico.
- Valor pico de lactato sanguíneo.
- Cambios positivos en la relación entre frecuencia de brazada y longitud de brazada a la velocidad competitiva.
- Velocidad.
- Potencia en seco.
- Potencia dentro del agua.
- Rango de movimiento en articulaciones específicas.

Todos los nadadores deben interrumpir el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y el de tolerancia al lactato porque el entrenamiento a la velocidad competitiva logrará los mismos objetivos. Deben reducir también el volumen del entrenamiento de resistencia básica. Durante esta fase de la temporada, el objetivo del entrenamiento de resistencia básica debe ser mantener la capacidad aeróbica. El volumen del entrenamiento al nivel del umbral debe reducirse para los fondistas y mediofondistas por la misma razón. Los velocistas deben realizar más cantidad de series de resistencia básica a velocidad moderada y descender a una velocidad rápida menos a menudo durante la semana. El entrenamiento a la velocidad competitiva debe ser adecuado para mantener la tasa de consumo de oxígeno y eliminación de lactato en las fibras musculares de contracción rápida.

Todos los nadadores deben continuar con el entrenamiento de producción de lactato, aunque dicho entrenamiento debe ser más corto y menos frecuente. Los velocistas deben continuar con su entrenamiento de potencia dentro del agua, aunque con menos frecuencia. La naturaleza anaeróbica del entrenamiento a la velocidad competitiva ayudará a todos los nadadores, particularmente los velocistas, a mantener una tasa alta de metabolismo

anaeróbico.

El volumen y la frecuencia del entrenamiento de recuperación deben aumentar para todos los nadadores durante esta fase. Estarán nadando con mayor intensidad, más a menudo. Por consiguiente, necesitarán más natación de recuperación para ayudar a la reparación de los tejidos.

El entrenamiento de técnica debe orientarse a mantener las combinaciones óptimas de frecuencia y longitud de brazada cuando se fatigan. Los nadadores deben ser conscientes de su frecuencia y longitud de brazada durante la natación a la velocidad competitiva, y deben tratar de mantenerlas a casi el mismo nivel durante todas las series.

El entrenamiento contra resistencia en seco debe concentrarse en mejorar la potencia muscular. Se pueden utilizar levantamientos de pesas (arrancada y envión) para este fin. También pueden utilizarse bancos de natación biocinéticos, gomas y máquinas Vasa porque pueden simular parcialmente los movimientos reales de las brazadas como función del tiempo con estos dispositivos.

El entrenamiento con ejercicios pliométricos y el balón medicinal también mejorará la potencia de nado. Si han estado levantando pesas, los fondistas y mediofondistas deben interrumpir el entrenamiento duro contra resistencia durante esta fase y sustituirlo por un entrenamiento de mantenimiento con pesas y el entrenamiento de resistencia muscular con dispositivos que simulan el movimiento de la brazada. Al igual que en las fases anteriores, los nadadores deben esforzarse para mejorar la flexibilidad específica.

Se debe hacer hincapié durante este período en la instrucción y la práctica de escoger bien el ritmo de las carreras y la estrategia a seguir. Las repeticiones a la velocidad competitiva son un vehículo ideal para enseñar cómo escoger bien la velocidad y estrategia, al igual que las competiciones. Dado que la frecuencia de ambas aumenta durante esta época, la fase de la preparación competitiva es un momento ideal para concentrarse en estos componentes del entrenamiento. Esta fase es también un momento ideal para repasar y reforzar la instrucción y prácticas previas en las áreas de preparación emocional y robustez mental.

De nuevo, los mesociclos cortos son la mejor elección para esta fase porque proporcionan más períodos tanto de progresión como de recuperación. Para lograr la sobrecarga progresiva durante esta fase de la temporada, los nadadores deben aumentar la intensidad (aumentar la velocidad de natación) o aumentar la densidad (reducir el tiempo de salida).

La fase de puesta a punto. Un período de puesta a punto debe tener lugar de 2 a 4 semanas justo antes de la competición o competiciones más importantes de la temporada, seguido de un descanso corto de 1 ó 2 semanas. Debe reducirse el entrenamiento de todos los tipos hasta el nivel de mantenimiento durante el período de la puesta a punto. Durante la época de descanso, los nadadores deben tratar de mantener un nivel razonable de condición física. A causa de su importancia y complejidad, la fase de la puesta a punto será el tema tratado en el próximo capítulo.

El solapamiento de las fases de la temporada. Se debe incluir el entrenamiento de todos los tipos en cada fase. Sólo debe cambiar el grado de intensificación de cada uno. Además, se debe crear una transición entre fases incrementando gradualmente el tipo de entrenamiento en que se hará hincapié en la próxima fase durante las últimas 2 semanas de la fase actual. Este proceso prepara a los nadadores para la siguiente fase. Al empezar a adaptarse al nuevo grado de entrenamiento durante las últimas semanas de la fase actual de la temporada, deben poder manejar un mayor volumen o intensidad de este entrenamiento durante la siguiente fase.

Otro tipo de plan de la temporada. Se ilustra en la figura 17.4 otro tipo de plan de la temporada utilizado con éxito por muchos nadadores. Según este plan, el año entero de entrenamiento se ha dividido en varios macrociclos, cada uno de los cuales se asemeja a una minitemporada. Es decir, cada macrociclo incluye alguna combinación de las fases que se acaban de describir. El ejemplo ilustrado en la figura 17.4 fue el plan anual utilizado por el gran nadador ruso Vladimir Salnikov durante el año de entrenamiento en el que se convirtió en el primer hombre que rompió la barrera de los 15 min para los 1.500 m libres.

El año de entrenamiento de Salnikov se dividió en cinco macrociclos de

10 semanas. Cada nuevo macrociclo empezaba inmediatamente después de terminar el precedente. Tomaba un descanso de 2 semanas al final de cada año.

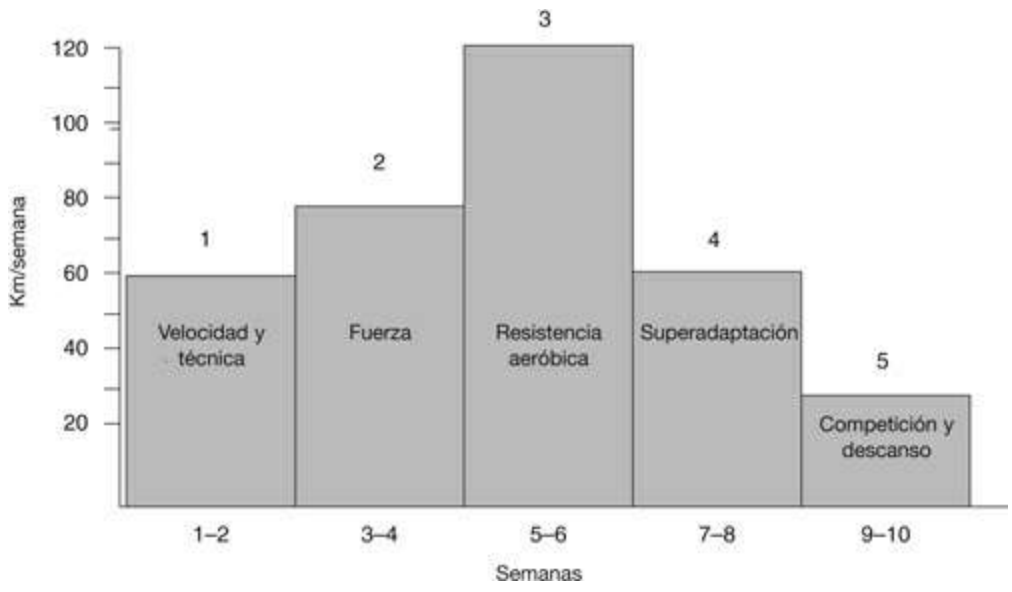


Figura 17.4. Un plan alternativo de la temporada en el que cada macrociclo incluye períodos bisemanales que cambian el grado de intensidad.

Adaptada de Koshkin, 1984.

Cada macrociclo incluía cinco períodos de 2 semanas (mesociclos) con diferente grado de intensidad de entrenamiento. Se hizo hincapié en la velocidad y el entrenamiento de la técnica, incluyendo la evaluación de la mecánica de brazada y la realización de correcciones durante el primer período de 2 semanas. El kilometraje semanal era aproximadamente la mitad de lo que sería más tarde durante la fase de entrenamiento pico de cada macrociclo. La intensidad de entrenamiento era baja durante el primer período, con la mayor parte de la natación realizada a lo que yo consideraría un nivel de entrenamiento de la resistencia básica. El entrenamiento no era específico del estilo, y se incluían todos los estilos en las sesiones. Se hacía hincapié en el entrenamiento en seco durante este período. Salnikov pasaba 2 horas al día, 4 días a la semana, haciendo ejercicios que incluían

entrenamiento con pesas, ejercicios de brazos en el banco biocinético y entrenamiento de flexibilidad. Este período era similar en su objetivo al período de preparación descrita anteriormente.

Se concentró en el desarrollo de la fuerza y de la potencia durante el segundo período de 2 semanas de cada macrociclo. Esta fase se llamaba el período de fuerza, pero el enfoque principal era mejorar la resistencia muscular específica. La fase era similar al período de preparación específica que describí anteriormente, con la excepción de que la natación era menos intensa. Salnikov realizaba un programa riguroso de entrenamiento por circuitos que incluía pesas y ejercicios de brazos en el banco biocinético. El tiempo que se dedicaba al entrenamiento en seco aumentaba hasta aproximadamente 2 horas al día durante 6 días a la semana. La natación atada con gomas se utilizaba para desarrollar la fuerza y la potencia. También seguía con el entrenamiento de flexibilidad. El kilometraje nadado subió considerablemente a aproximadamente el 70% del valor máximo semanal que se alcanzaría más adelante en la fase más intensa de cada macrociclo. La intensidad no era una preocupación principal y Salnikov realizaba la mayor parte del kilometraje al nivel de la resistencia básica, gran parte con palas y *pullbuoy*. Aumentó el kilometraje dedicado a sólo piernas durante este mesociclo.

El tercer período de 2 semanas era la fase más intensa de cada macrociclo. El objetivo era producir un gran aumento de la capacidad aeróbica. De esta forma, el entrenamiento durante este período era similar al período de preparación específica que describí anteriormente. El kilometraje de entrenamiento llegaba a su pico de 88 a 120 km por semana. La intensidad de natación también aumentaba con un entrenamiento que incluía todos los niveles de entrenamiento de resistencia desde básica hasta con sobrecarga. Sin embargo, la mayor parte del entrenamiento tenía lugar a una intensidad menor que la velocidad al nivel del umbral. Disminuía el entrenamiento en seco al nivel realizado durante el primer período.

El objetivo del cuarto período de 2 semanas era la supercompensación. Disminuían el kilometraje y la intensidad del entrenamiento para permitir a Salnikov recuperarse un poco sin perder su acondicionamiento. El kilometraje semanal disminuía al nivel del primer período, pero la intensidad

se mantenía en un nivel un poco más alto. Se incluían todos los niveles de entrenamiento en el plan semanal, aunque las series de repeticiones eran considerablemente más cortas de lo que habían sido durante la fase anterior. El entrenamiento en seco disminuía a aproximadamente 1 hora al día. Este período era el más parecido a la fase competitiva que describí anteriormente.

El objetivo del quinto período de 2 semanas era el descanso y la recuperación. Normalmente se programaba una competición importante cerca del final de esta fase. Esta fase tenía un propósito similar al período de puesta a punto descrito anteriormente. El kilometraje de entrenamiento llegaba a su nivel más bajo, con la mayor parte de la natación a velocidades lentas. Se interrumpía el entrenamiento en seco, aunque los estiramientos permanecían como parte del entrenamiento diario. Estas 2 semanas también servían como un período de descanso que precedía al próximo macrociclo.

¿Qué plan es el mejor? La efectividad de un plan anual se determina probablemente más según la manera en que se ajusta al programa de un nadador, equipo o país particular que según cualquier otro elemento inherente a su estructura. Una ventaja del plan tradicional de temporadas (véase la figura 17.3) es que permite que la duración de cada macrociclo esté en el rango óptimo para mejorar un sistema metabólico particular. La desventaja principal de este plan es que pasar varias semanas concentrándose en un tipo de entrenamiento, sea aeróbico o anaeróbico, puede conducir a la inhibición del otro. Si dicha inhibición se vuelve demasiado importante, puede que el nadador no logre situar la capacidad aeróbica o la potencia anaeróbica en el nivel óptimo antes de las competiciones principales.

El plan de macrociclos mixtos, el de Salnikov presentado en la figura 17.4, también tiene distintas ventajas e inconvenientes. Una ventaja importante es que permite una mayor variedad en el entrenamiento y más períodos para descansar y para la supercompensación a lo largo del año de entrenamiento. El grado de intensidad siempre cambiante del entrenamiento debe permitir una mayor adaptación con menos riesgo de sobreentrenamiento con menos posibilidad de inhibir la capacidad aeróbica o la potencia anaeróbica hasta el punto en que no pueda optimizarse para el fin de la temporada.

En el lado negativo, el plan de macrociclos mixtos no incluye un período

de intensificación mantenida sobre ciertos aspectos metabólicos. Esta circunstancia no excluye la posibilidad de que pueda tener lugar una mejora que no sea óptima. Este plan también requiere que los nadadores se entrenen concienzudamente durante todo el año. El volumen total de entrenamiento aeróbico puede no ser suficiente para alcanzar el rendimiento pico si deciden saltarse uno o dos macrociclos o si se entrenan de forma errática durante uno o dos.

Creo que el plan que implica macrociclos mixtos, como el ilustrado en la figura 17.4, se adapta bien al entrenamiento de los velocistas. Disfrutan de la variedad y son más propensos al sobreentrenamiento que los nadadores especialistas en pruebas de fondo. Puede que sea menos probable que pierdan su potencia y velocidad anaeróbicas utilizando un plan como éste. Al mismo tiempo, puede que estén más motivados para entrenarse concienzudamente y con un mayor volumen o intensidad durante el período de 2 semanas precisamente porque es corto. El plan ilustrado en la figura 17.3 parece más apropiado para los mediofondistas y fondistas porque permite más tiempo para mejorar la resistencia aeróbica durante los períodos de preparación general y específica y más tiempo para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante las fases de preparación específica y preparación competitiva.

A pesar de lo que acabo de afirmar, con una planificación cuidadosa, cualquiera de los dos sistemas podría utilizarse efectivamente en el entrenamiento para cualquier tipo de prueba. Una planificación cuidadosa significa que se incluirán todos los tipos de entrenamiento durante cada semana del año, algunos al nivel de desarrollo y otros al nivel de mantenimiento.

Si un plan de macrociclos mixtos logra esto, habrá pocas posibilidades de reducir el desarrollo de un mecanismo fisiológico particular si se proporciona tiempo suficiente para este tipo de entrenamiento durante el macrociclo. De igual forma, habrá pocas posibilidades de inhibir la velocidad o la resistencia con el plan tradicional si se proporciona tiempo suficiente para un entrenamiento de mantenimiento de un tipo cuando el otro tipo está siendo el enfoque principal del entrenamiento.

Los mesociclos

Los macrociclos deben estar formados por mesociclos, fases más cortas dedicadas a la mejora progre-siva de los principales componentes de entrenamiento de un macrociclo particular. Los mesociclos proporcionan los ladrillos fundamentales de la sobrecarga progresiva. El aumento de la intensidad, volumen o enfoque del entrenamiento debe tener lugar dentro de cada nuevo mesociclo. Los mesociclos pueden durar entre 2 y 8 semanas. Entrenarse durante un período más largo sin un cambio significativo de intensidad puede causar la saturación. El potencial de mejora puede disminuir cuando el entrenamiento continúa demasiado tiempo al mismo nivel. Al mismo tiempo, la posibilidad de producir el aburrimiento y el sobreentrenamiento puede aumentar cuando los nadadores continúan un mesociclo particular sin cambiar.

Se deben elaborar los mesociclos con cuidado para tener en cuenta no sólo los objetivos de la temporada sino también los compromisos familiares, educativos y sociales que puedan tener los nadadores. Los objetivos de cada mesociclo con respecto al tipo de entrenamiento, volumen, e intensidad deben determinarse de acuerdo con los objetivos del macrociclo. La duración del mesociclo será determinada, en parte, por los mismos factores. El calendario de competiciones y el programa de actividades que posiblemente podrían distraer a los nadadores, tales como exámenes, vacaciones y otros acontecimientos, deben tenerse en cuenta cuando se planifica la duración de cada mesociclo. Por esta razón, los macrociclos pueden tener mesociclos de diferente duración, aunque no sea la óptima para el desarrollo fisiológico. El sistema de progresión que se utilizará y el grado de ésta de un mesociclo a otro también debe determinarse. Finalmente, se deben concretar también las pruebas que se utilizarán para evaluar la efectividad de cada mesociclo y macrociclo.

La ventaja del entrenamiento por ciclos con mesociclos es que los nadadores pueden mejorar con pasos manejables durante la temporada en lugar de hacerlo todo de una vez durante la puesta a punto al final de la

temporada. El corto período de recuperación al final de cada mesociclo proporciona un momento en el que el progreso de la adaptación fisiológica puede actualizarse de manera que los nadadores se acerquen al próximo mesociclo con una mayor capacidad para el trabajo. La teoría es que adaptarse periódicamente a lo largo de la temporada permite una mejora general mayor para cuando llegue el momento de las principales competiciones con menos posibilidad de sufrir sobreentrenamiento. Los períodos de recuperación programados a lo largo de la temporada permiten que tengan lugar las adaptaciones, haciendo posible que los nadadores se entrenen con un mayor volumen e intensidad, particularmente durante la segunda mitad de la temporada. Dicho aumento de la carga de trabajo debe a su vez permitirles lograr niveles más altos de acondicionamiento y por consiguiente un mejor rendimiento al final de la temporada.

Los mesociclos generalmente incluyen una fase de *trabajo* y una fase de *recuperación*. El aumento escalonado en la intensidad, el volumen o el enfoque tiene lugar en la fase de trabajo, que puede durar desde 1,5 a 6 semanas. Se puede elaborar la fase de trabajo de los mesociclos de dos maneras, en un patrón tipo *escalera* o en uno *constante*, como se ilustra en la figura 17.5. Se incluye la fase de recuperación al final de cada patrón de mesociclo.

Con el patrón de tipo escalera, la fase de trabajo, en este caso de 3 semanas de duración, se caracteriza por incrementos pequeños pero estables de la carga de trabajo de semana en semana. La figura 17.5 muestra que, en un mesociclo constante, la carga de trabajo permanece igual de semana a semana durante la fase de trabajo. No aumenta hasta que termina la fase de recuperación y empieza el próximo mesociclo.

Los mesociclos de tipo escalera son más apropiados para los períodos iniciales de cada nueva temporada cuando los nadadores están mejorando rápidamente. Su capacidad de trabajo estará aumentando con rapidez durante este tiempo, de manera que se necesitará un patrón de progresión tipo escalera para mantener una sobrecarga. Los mesociclos constantes funcionan mejor a mediados y particularmente a finales de una temporada cuando la tasa de mejora no es tan rápida. Proporcionan más tiempo para el desarrollo y la estabilización de los efectos deseados de entrenamiento, y reducen la

posibilidad de que los nadadores sufran un sobreentrenamiento al intentar progresar demasiado rápidamente.

Durante la fase de recuperación del mesociclo, que puede durar de 1/2 a 2 semanas, los nadadores tienen tiempo para recuperarse un poco de la fase de trabajo anterior. Pero el período de recuperación no debe ser un período de descanso absoluto. Se deben diseñar la intensidad y el volumen del entrenamiento para mantener el nivel de rendimiento alcanzado durante el mesociclo actual sin causar un aumento de la fatiga. El período de recuperación es un buen momento para realizar las evaluaciones, celebrar los acontecimientos especiales y ofrecer presentaciones sobre otros aspectos del entrenamiento tales como la nutrición, la competición y la motivación.

La mayoría de los expertos creen que las adaptaciones principales al entrenamiento que ocurren dentro de un mesociclo particular tienen lugar durante la fase de recuperación. Esta creencia está basada en una teoría ampliamente aceptada de la supercompensación propuesta por Yakolev (1967), ilustrada en la figura 17.6. Se ha utilizado un mesociclo con una fase de trabajo de 3 semanas y 1 semana para la recuperación para ilustrar la teoría de la supercompensación de Yakolev. El volumen y la intensidad de entrenamiento se indican en el diagrama de barras en la parte inferior de la figura 17.6. La línea sólida en la parte superior de la figura representa el ciclo de la fatiga y la supercompensación.

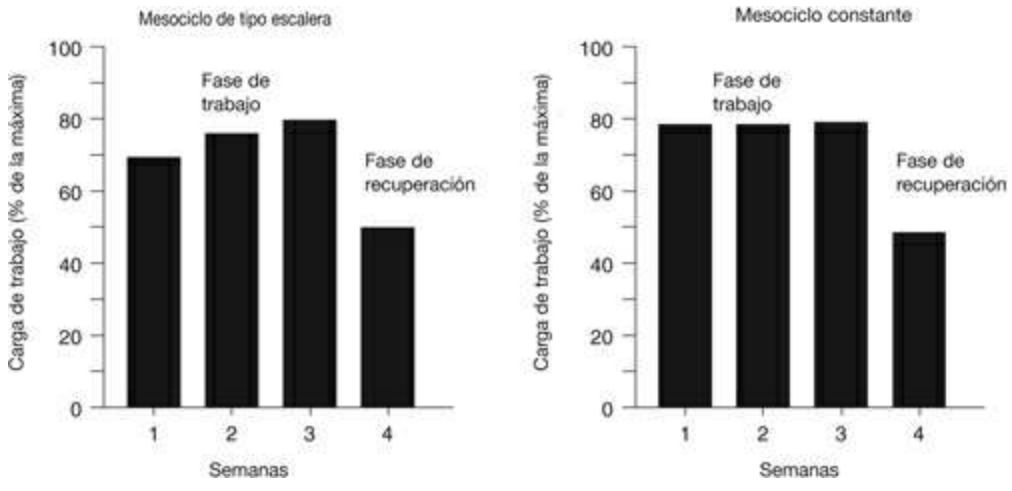


Figura 17.5. Configuraciones de mesociclos de tipo escalera y constante.

Según esta teoría, los efectos acumulativos del entrenamiento causan una fatiga progresiva y una pérdida de rendimiento durante la fase de trabajo, indicada en el declive de la línea que representa el nivel de entrenamiento del deportista. La recuperación será incompleta a causa del gran volumen e intensidad del entrenamiento diario; por lo tanto, el rendimiento del deportista puede disminuir durante este período. Se cree que dicha acumulación de fatiga proporciona el estímulo para las adaptaciones fisiológicas que necesitan de naturaleza tanto aeróbica como anaeróbica porque se agotan las fuentes energéticas y se dañan los tejidos durante esta fase. Aquellas adaptaciones no se realizan completamente hasta que una reducción de volumen e intensidad de entrenamiento, durante el período de recuperación permita la actualización del proceso de reposición y reparación. Según el principio de la especificidad del entrenamiento la mayor parte de estas adaptaciones deben ocurrir en la fase del proceso metabólico que era objeto del entrenamiento anterior.

Se pueden elaborar los mesociclos de mil maneras. Pueden variar desde un período de trabajo de entre 1 y 1 1/2 semanas con un período de recuperación de 1/2 semana hasta un período de trabajo de 5 semanas combinado con uno de recuperación de 2 semanas. Varios estudios han sugerido que de 2 a 7 semanas representan la duración óptima para el mesociclo.

Los mesociclos que fomentan la adaptación pueden elaborarse de muchas formas. Sin embargo, generalmente se dividen en tres categorías que he designado como *mesociclos largos*, *mesociclos cortos* y *mesociclos mixtos*.

Los mesociclos largos. Los mesociclos de este tipo son de 4 a 7 semanas de duración. El volumen, la intensidad y la frecuencia del entrenamiento que según se ha determinado producen una sobrecarga deben permanecer constantes durante la fase de trabajo de un mesociclo largo. Una fase de recuperación de 1 a 2 semanas debe seguir al período de trabajo. Las adaptaciones rápidas y muchas de las adaptaciones estabilizadoras tendrán lugar durante el período de recuperación. Una fase de supercompensación que permite que ocurran estas adaptaciones sigue durante el período de recuperación. Un mesociclo similar debe planificarse para inmediatamente

después de la fase de recuperación del anterior. Debe haber un aumento sustancial de la carga de trabajo durante este mesociclo, que se logra mediante el aumento del volumen, intensidad o frecuencia del entrenamiento.

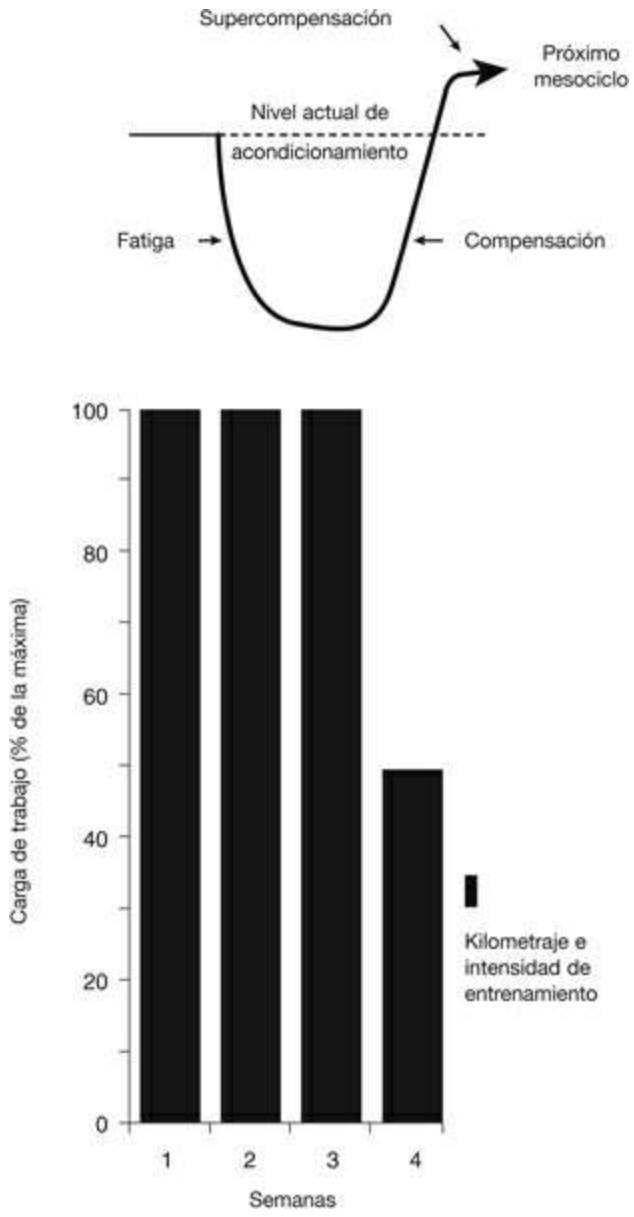


Figura 17.6. La teoría de la supercompensación de Yakolev.

Adaptada de Bompa, 1999.

Pruebas de evaluación realizadas durante el período de recuperación serán útiles para establecer un aumento de la carga de trabajo para el próximo mesociclo que proporcione una carga de trabajo suficiente pero no excesiva.

Generalmente el aumento de la carga del trabajo para el próximo mesociclo puede ser mayor cuando la fase de trabajo del mesociclo anterior fue más larga (de 3 a 5 semanas). Se recomiendan aumentos del 3% al 6% con cada mesociclo para nadadores que se entrenan todo el año. Este incremento proporciona una mejora duradera con pocas posibilidades de causar un sobreentrenamiento. Aumentos del 3% al 6% pueden parecer insignificantes pero se suman a lo largo de un año para representar una mejora sustancial del rendimiento de trabajo. Al mismo tiempo, el cambio modesto en cada etapa reduce el riesgo de lesiones y falta de adaptación. El aumento de la carga de trabajo debe ser aún más pequeño cuando la fase de trabajo del mesociclo anterior es corto (entre 1 1/2 y 2 semanas) o cuando los nadadores no están entrenándose todo el año. En estas circunstancias, los nadadores no han tenido la oportunidad de estabilizar sus adaptaciones. Se presenta en la figura 17.7 un ejemplo de progresión durante dos mesociclos consecutivos con configuraciones de 4 + 2. Obsérvese que la carga de trabajo aumenta durante el segundo mesociclo.

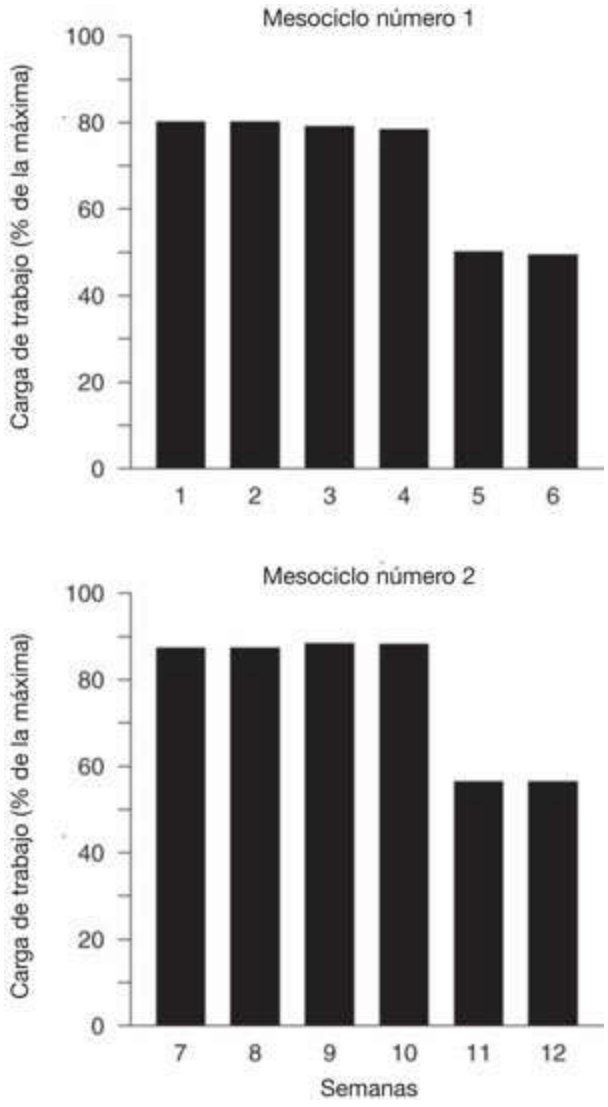


Figura 17.7. Dos mesociclos consecutivos con una configuración de 4 + 2.

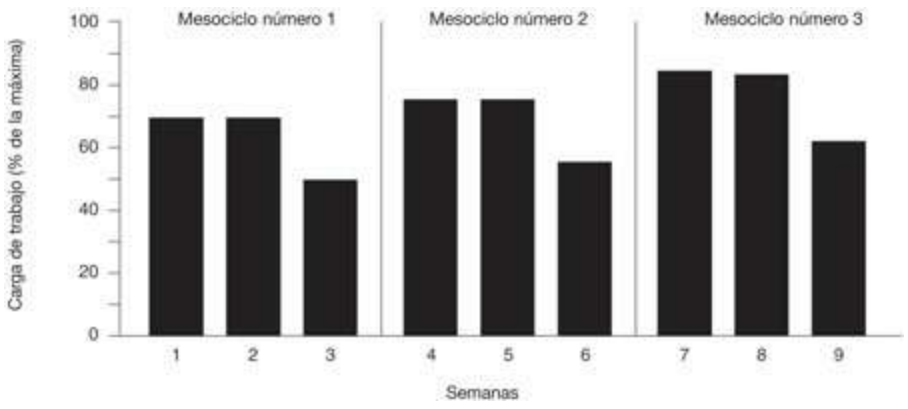


Figura 17.8. Tres mesociclos consecutivos con una configuración de 2 + 1.

Los mesociclos cortos. Según este método, el período de trabajo debe tener una duración de 1 1/2 a 3 semanas, seguido de un período de recuperación de 3 a 7 días. Como se indicó anteriormente, el aumento de la carga de trabajo debe ser más pequeño de mesociclo a mesociclo cuando el período de trabajo es corto. El aumento total de la carga de trabajo debe ser similar al de los mesociclos más largos; los aumentos ocurren simplemente más a menudo. Se muestran tres mesociclos cortos consecutivos con una configuración de 2 + 1 en la figura 17.8. Obsérvese que el aumento de la carga de trabajo de un mesociclo a otro es menor de lo que era en la figura 17.7.

Mesociclos mixtos. Las configuraciones de mesociclos que entran dentro de la categoría mixta son similares al plan de Salnikov ilustrado en la figura 17.4. Se estructura un gran macrociclo de varios mesociclos pequeños. Para los mediofondistas y fondistas, los macrociclos empiezan con una fase general de resistencia y velocidad y progresan a una fase de resistencia más intensa y específica. Debe seguir una fase de preparación a la velocidad competitiva, que a su vez debe ser seguida de un período de recuperación.

El objetivo durante la fase de resistencia general y velocidad es mejorar la capacidad aeróbica y mantener la capacidad amortiguadora y la velocidad de natación cerca de los niveles normales. Hacer hincapié en la resistencia básica, la producción de lactato y el entrenamiento de potencia logra este

objetivo. El entrenamiento debe ser general incluyendo una mezcla de los diversos estilos competitivos junto con ejercicios de sólo brazos y sólo piernas. La mayor parte del entrenamiento debe realizarse a una intensidad baja o a la velocidad de la resistencia básica, durante esta fase. Por lo tanto, los nadadores pueden progresar al próximo mesociclo sin un período de recuperación.

Se debe proporcionar un entrenamiento al nivel del umbral adicional y un poco de entrenamiento de resistencia con sobrecarga durante la fase de resistencia específica. Los nadadores deben realizar gran parte del kilometraje de resistencia en su estilo o estilos principales. Debe haber un corto período de recuperación de 3 a 7 días al final de la fase de trabajo de este mesociclo.

Se debe aumentar el entrenamiento de resistencia con sobrecarga y a la velocidad competitiva durante esta fase, con los nadadores de nuevo realizando gran parte del kilometraje en su estilo o estilos principales. Sigue un período de recuperación de 2 semanas al mesociclo de preparación a la velocidad competitiva. Esta fase puede servir el objetivo doble de un período de puesta a punto si se celebran competiciones principales durante su transcurso.

El plan para los velocistas también debe empezar con una fase de resistencia general y velocidad. Sin embargo, para éstos, la fase debe incluir hacer más hincapié en aumentar la velocidad. La mayor parte del entrenamiento de resistencia debe realizarse a los niveles de resistencia básica, con las series descendiendo hasta las velocidades al nivel del umbral y con sobrecarga en ocasiones. Para los velocistas el plan no incluye una fase de resistencia específica. El próximo mesociclo debe ser una fase de entrenamiento a la velocidad competitiva que hace hincapié en mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica con dicho entrenamiento y el de la tolerancia al lactato. Este entrenamiento también ayudará a mejorar la velocidad. Los velocistas deben mantener su resistencia aeróbica con el entrenamiento de resistencia básica. La fase de entrenamiento a la velocidad competitiva debe ir seguida de una fase de velocidad que hace hincapié en la producción de lactato y el entrenamiento de potencia e incluye sólo suficiente entrenamiento de resistencia y series a la velocidad competitiva para mantener las capacidades aeróbicas y de amortiguamiento. La fase final es

para la recuperación. Los diagramas de barras ilustrados en la figura 17.9 ilustran ejemplos de configuraciones de mesociclos mixtos para fondistas y velocistas.

¿Qué tipo de mesociclo es mejor? La ventaja evidente de los mesociclos más largos es que pueden estabilizarse las adaptaciones con un menor riesgo de sobreentrenamiento. Los aumentos de la carga de trabajo son menos frecuentes y por lo tanto es menos probable que interfieran con las adaptaciones que se están estabilizando. La principal desventaja es que la tasa de mejora puede ser más lenta durante cada temporada particular, aunque la mejora general puede finalmente ser mayor a lo largo de varios años de entrenamiento.

Los mesociclos más cortos ofrecen dos ventajas. La primera es que la tasa de mejora puede ser mayor dentro de cada temporada porque la carga de trabajo aumentará más a menudo. La segunda es que la posibilidad de un entrenamiento erróneo (perder velocidad o resistencia como resultado del entrenamiento que hace hincapié en la otra cualidad) será menor porque los períodos de recuperación serán más frecuentes. La desventaja principal de los mesociclos cortos es que los aumentos frecuentes de la carga de trabajo, si son excesivos, pueden causar una falta de adaptación.

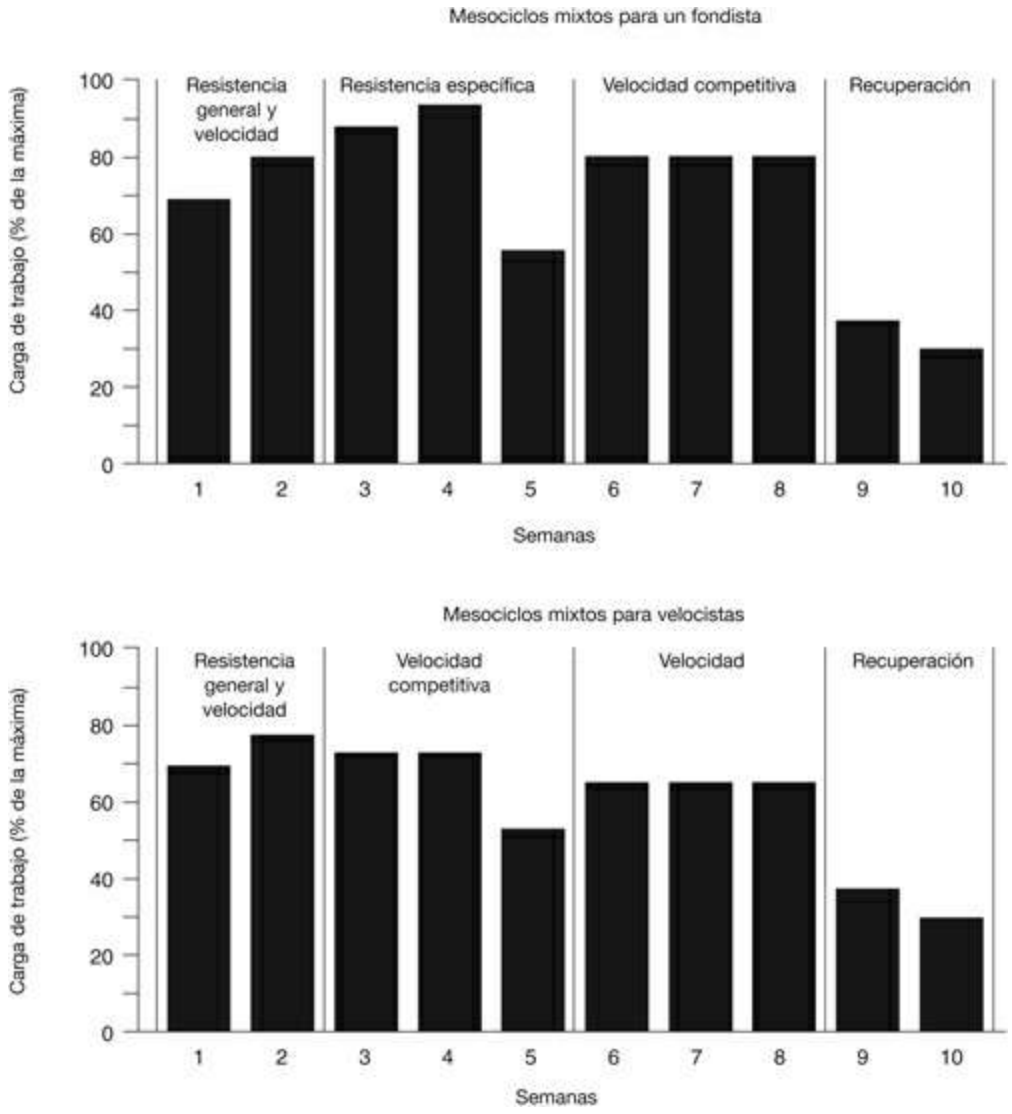


Figura 17.9. Configuraciones de mesociclos mixtos para fondistas y velocistas.

El punto fuerte que ofrecen los mesociclos es que reducen la posibilidad de un entrenamiento erróneo porque proporcionan variedad. La desventaja evidente es que para los fondistas el tiempo dedicado a mejorar la capacidad aeróbica es muy corta.

Basándose en estas observaciones, los mesociclos largos probablemente están mejor adaptados para mejorar la resistencia porque ofrecen una mayor oportunidad para la estabilización de varias adaptaciones aeróbicas. Al

mismo tiempo, los mesociclos más cortos están probablemente mejor adaptados para mejorar la velocidad y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica porque proporcionan períodos más frecuentes de recuperación. Los mesociclos mixtos también son apropiados para mejorar la velocidad por la misma razón. También son populares para muchos nadadores a causa del cambio frecuente que reduce el aburrimiento.

Otras consideraciones a la hora de planificar los mesociclos. Cuando se planifica una temporada, es importante considerar las respuestas fisiológicas a los varios tipos de mesociclo. Pero incluso la planificación científica más cuidadosa no será efectiva si los nadadores se están saltando entrenamientos. Por lo tanto, los entrenadores deben considerar otros aspectos de la vida de los nadadores durante el proceso de planificación. Los compromisos familiares, sociales y académicos deben recibir una ponderación igual o incluso mayor. Un plan que programa la fase de trabajo del mesociclo para una época en la que los nadadores faltarán mucho al entrenamiento a causa de las vacaciones o los exámenes es defectuoso. Por esta razón, se deben programar los mesociclos de manera que la fase de trabajo coincida con períodos en que se puede esperar que los nadadores asistan regularmente al entrenamiento y cuando están relativamente libres de distracciones que podrían inter-ferir con sus esfuerzos. Al mismo tiempo, los períodos de recuperación deben programarse para épocas en las que hay muchas distracciones y los nadadores faltan mucho al entrenamiento. A no ser que los entrenadores tengan un control absoluto sobre las actividades de sus nadadores (y ninguno lo tenemos), las consideraciones como éstas son probablemente más importantes para el éxito de un plan de entrenamiento que las de naturaleza fisiológica.

Otro aspecto a considerar es la programación de las competiciones que son lo bastante importantes como para necesitar un pequeño descanso o puesta a punto. Se deben elaborar los mesociclos para que los períodos de recuperación caigan dentro de las semanas en las que se celebrarán dichas competiciones. Planificar de esta forma permite a los nadadores el descanso que necesitan para estas competiciones sin interferir con sus períodos de trabajo.

Ejemplos de planes anuales de entrenamiento

La información sobre la planificación de la temporada que he presentado hasta ahora ha sido altamente teórica. Esta sección pone la teoría en práctica y proporciona varios ejemplos de planes de temporada. He desarrollado ejemplos de planes de entrenamiento de dos temporadas para cada una de las categorías siguientes de competidores: mediofondistas y fondistas, velocistas de las pruebas de 100 y 200, y velocistas de las pruebas de 50 y 100. También presento ejemplos de planes de entrenamiento de tres temporadas para las tres categorías de competidores. Finalmente presento algunos ejemplos de planes anuales de macrociclos mixtos para estos tres grupos de competidores. Quiero subrayar que estos planes sólo son ejemplos. No son plantillas para el entrenamiento anual. Aunque he tratado de hacerlos representativos de la cantidad, intensidad y tipos de entrenamiento que deben realizar los nadadores de cada categoría durante el año, los lectores necesitarán ajustar los planes generales como éstos a los entornos individuales de entrenamiento antes de poder utilizarlos con efectividad. He incluido el razonamiento que utilicé para desarrollar estos planes para que los entrenadores y nadadores puedan ajustarlos a su entorno particular de entrenamiento.

Los pasos a seguir para elaborar el marco de los planes anuales de entrenamiento

Sea cual sea el tipo de plan anual que se prefiere, sea de dos temporadas, de tres temporadas o anual con macrociclos mixtos, seguir unos pocos pasos generales puede ayudar a determinar la duración de cada temporada y la colocación de los macrociclos y los mesociclos dentro de ésta. Se enumeran los pasos en el orden en el que deben considerarse:

1. Seleccionar los componentes entrenables que deben incluirse durante el año de entrenamiento.

2. Determinar el número de temporadas preferidas y las fechas de comienzo y fin para cada una. Estas consideraciones principales son las fechas de las competiciones principales y la capacidad de los nadadores para tolerar grandes volúmenes de entrenamiento sin sufrir sobreentrenamiento. Una temporada debe extenderse desde el descanso que sigue a una competición importante hasta el final de la siguiente.

Evidentemente, la programación de menos competiciones importantes proporciona más tiempo para el entrenamiento. Este tipo de programa ofrece una ventaja clara para los nadadores que pueden soportar un gran volumen de entrenamiento. Estos nadadores suelen rendir mejor con planes anuales de dos temporadas. En cambio, temporadas más largas aumentan la posibilidad de que los nadadores que no toleran bien el entrenamiento sufran sobreentrenamiento. Estos nadadores a menudo rinden mejor con planes anuales de tres temporadas o de macrociclos mixtos.

3. El próximo paso es determinar el tipo, la duración y la programación de los macrociclos dentro de cada temporada. Se realiza esta tarea mejor contando hacia atrás. La duración de la fase de puesta a punto debe determinarse primero. Su duración dependerá de la importancia de la competición al final de una temporada particular y de la duración de la puesta a punto que necesita la categoría de los nadadores para los que está diseñado el plan, es decir, mediofondistas y fondistas, velocistas de las pruebas de 100 y 200, o velocistas de las pruebas de 50 ó 100. Luego debe determinarse la duración de los macrociclos específicos y de preparación competitiva. La duración de cada una de estas fases debe ser suficiente para producir los efectos deseados de entrenamiento, pero no tan grande que reduzca o interfiera con la fase de preparación general hasta el punto de que

sea mayormente ineficaz. Las duraciones máxima y mínima sugeridas son 2 y 8 semanas para la fase de preparación competitiva y entre 4 y 12 semanas para la fase de preparación específica.

La importancia del tipo de entrenamiento subrayado en cada una de estas fases de la temporada debe también considerarse cuando se selecciona la duración de la misma. Una fase de preparación específica de una duración razonable es particularmente importante para el éxito de los mediofondistas y fondistas. Una fase de preparación competitiva adecuada es igualmente importante para los velocistas de las pruebas de 100 y 200. La fase de preparación competitiva es importante para el éxito de los velocistas de las pruebas de 50 y 100, como lo es la fase de preparación general. Cuando sea necesario, se puede acortar la fase de preparación específica para los velocistas porque mejorar la capacidad aeróbica de sus fibras musculares de contracción rápida no es ni mucho menos tan importante para el éxito como mejorar su velocidad y aumentar la tasa de suministro de oxígeno a los músculos.

La fase de preparación general debe llenar el tiempo que queda en cada temporada. Con la excepción de los casos extremos, esta fase no debe ser menor de 3 semanas de duración. Se recomienda un período de 6 a 8 semanas para el mejor desarrollo del sistema del aporte de oxígeno. Se debe incluir una fase de preparación general de duración adecuada en, por lo menos, una de las temporadas durante cada año de entrenamiento para desarrollar una base aeróbica sólida de las adaptaciones circulatorias y respiratorias que son importantes para el aporte de oxígeno y de las sustancias químicas energéticas a los músculos, además de las sustancias proteicas que se necesitan para reparar los tejidos musculares. Esta fase puede ser más corta durante una temporada o temporadas posteriores una vez que los nadadores hayan establecido esta base.

4. Los objetivos de entrenamiento para cada macrociclo deben establecerse en este siguiente paso. Se deben incluir todos los componentes entrenables durante cada macrociclo; sólo diferirá el grado de énfasis. Por lo tanto, los entrenadores deben decidir qué componentes entrenables destacar dentro de un ciclo particular de

entrenamiento y cuáles entrenar en un nivel de mantenimiento.

5. Una vez desarrollada, cada fase de la temporada o macrociclo debe subdividirse en mesociclos que contienen períodos de trabajo y de recuperación. Para permitir la progresión dentro de cada macrociclo, cada uno de éstos debe incluir por lo menos dos mesociclos. Como se mencionó anteriormente, la duración de los macrociclos dependerá de varios factores, algunos de los cuales pueden relacionarse con la competición y muchos que no tendrán nada que ver. La fase de trabajo de estos mesociclos debe plani ficarse para los períodos en los que los nadadores probablemente estén relativamente libres de influencias externas para que puedan asistir regularmente al entrenamiento y trabajar concienzudamente cuando acuden. Los períodos de recuperación se deben programar durante las competiciones cuando se desea un buen rendimiento y durante las épocas en las que las influencias externas probablemente influirán en el entrenamiento.

6. El próximo paso es determinar el volumen de entrenamiento y los objetivos respecto a la intensidad del mismo para cada mesociclo.

7. La siguiente elección que debe hacerse se relaciona con la cantidad relativa de cada tipo de entrenamiento que se realice en cada mesociclo. Estas decisiones estarán determinadas por los objetivos del macrociclo que componen.

8. Una vez elegidos el tipo y el volumen de entrenamiento, se debe seleccionar un sistema o sistemas de progresión para cada mesociclo. El entrenamiento debe hacerse progresivamente más difícil de alguna forma desde el principio de la temporada hasta el período de puesta a punto.

9. El último paso de este procedimiento es establecer un sistema de evaluación para cada mesociclo y cada macrociclo.

Planes anuales de entrenamiento de dos temporadas

Los planes anuales de entrenamiento de dos temporadas para mediofondistas y fondistas, velocistas de las pruebas de 100 y 200 y velocistas de las pruebas de 50 y 100 se tratarán en esta sección. Cada uno de estos planes incluye temporadas de piscina corta y de piscina olímpica. En estos ejemplos, la temporada de piscina corta empieza a mediados de septiembre y continúa hasta finales de marzo, culminando con la competición o competiciones principales de la primavera. En Estados Unidos de América, las competiciones principales de la temporada de piscina corta son normalmente el Campeonato Universitario, los Campeonatos Nacionales, los campeonatos de los institutos o el campeonato de la YMCA. En otros países, esta competición final puede ser un campeonato nacional, un campeonato internacional o un campeonato mundial. El campeonato principal de la temporada de piscina corta puede ser una competición de conferencia, de la liga o una regional para los nadadores que no compiten a nivel nacional o internacional.

La temporada de piscina olímpica dura desde abril hasta finales de agosto. Para los nadadores de nivel nacional e internacional, la temporada normalmente termina con un campeonato internacional importante en el que participan varios países o un campeonato nacional. Para otros nadadores, la principal competición de la temporada de piscina olímpica puede ser otra competición de la liga o una regional.

El plan anual de entrenamiento de dos temporadas para mediofondistas y fondistas

Se ilustra en la figura 17.10 un ejemplo de un plan anual de entrenamiento para mediofondistas y fondistas de nivel internacional. La temporada de piscina corta duró 26 semanas desde septiembre hasta abril. Se escogió una

fase de preparación general de 8 semanas desde septiembre hasta mediados de noviembre para proporcionar una buena base aeróbica. Se utilizó un plan escalonado de mesociclos para las primeras 4 semanas porque los nadadores se adaptan al entrenamiento rápidamente durante este tiempo. Se utilizó un mesociclo constante de 3 + 1 durante las últimas 4 semanas de esta fase. Los aumentos de volumen representaban el método preferido para aplicar la sobrecarga progresiva para esta fase. El kilometraje semanal aumentó desde el 25% del máximo para el año hasta aproximadamente el 80% de este máximo.

La intensidad del entrenamiento era baja al comienzo del período de preparación general y aumentó hasta moderada para el final de ésta. El aumento de la intensidad no estaba realmente planificado. Ocurrió simplemente porque el nivel de acondicionamiento de los nadadores estaba mejorando rápidamente. Se aumentó el volumen semanal durante este período incrementando la frecuencia del entrenamiento semanal de una vez al día a dos veces al día, e incrementando el kilometraje por sesión de entrenamiento.

La mayor parte del kilometraje, entre el 60% y el 70%, se nadó al nivel de la resistencia básica (Re-1). Se incluyeron pequeños volúmenes de entrenamiento al nivel del umbral (Re-2) en las primeras 4 semanas. Se aumentó esta cantidad en aproximadamente el 10% del total durante las segundas 4 semanas de la fase de preparación general. También se incluyó un poco de entrenamiento con sobrecarga (Re-3) durante el segundo mesociclo de la fase de preparación general. Se mantuvo el entrenamiento de velocidad (producción de lactato y entrenamiento de potencia) en un nivel entre el 5% y el 7% del total a lo largo de toda la fase de preparación general, y se mantuvo el entrenamiento de recuperación en aproximadamente el 15% del total durante el mismo período.

Los umbrales aeróbico y anaeróbico de los nadadores deben haberse evaluado aproximadamente cada 3 ó 4 semanas, y su velocidad de entrenamiento debe haber aumentado al mejorar su velocidad de natación a nivel de dichos umbrales.

La fase de preparación específica de la temporada de piscina corta duró 12

semanas, desde mediados de noviembre hasta febrero. El kilometraje semanal se incrementó con cada nuevo mesociclo hasta que estaba entre el 5% y el 10% del máximo programado para el año (suponiendo que la competición más importante del año ocurriría durante la temporada de verano).

Se realizaba un mayor porcentaje del kilometraje total de natación en el estilo o los estilos principales de los nadadores durante este período. Los nadadores realizaban la mayor parte del entrenamiento de la resistencia al nivel del umbral (Re-2), y con sobrecarga (Re-3) y entrenamiento de velocidad con su estilo principal para que todas las fibras musculares que utilizan en estos estilos recibiesen una estimulación adecuada para desarrollarse aeróbica y anaeróbicamente.

Se utilizaron aumentos tanto del volumen como de la intensidad como métodos para aplicar la sobrecarga progresiva durante esta fase. La fase de preparación específica se elaboró con tres mesociclos constantes de 3 + 1 para que una gran parte de la fase de trabajo de los últimos dos mesociclos cayese en período de vacaciones. Se programaron las semanas de recuperación para la época de Navidad y al principio del segundo semestre para la mayoría de las universidades.

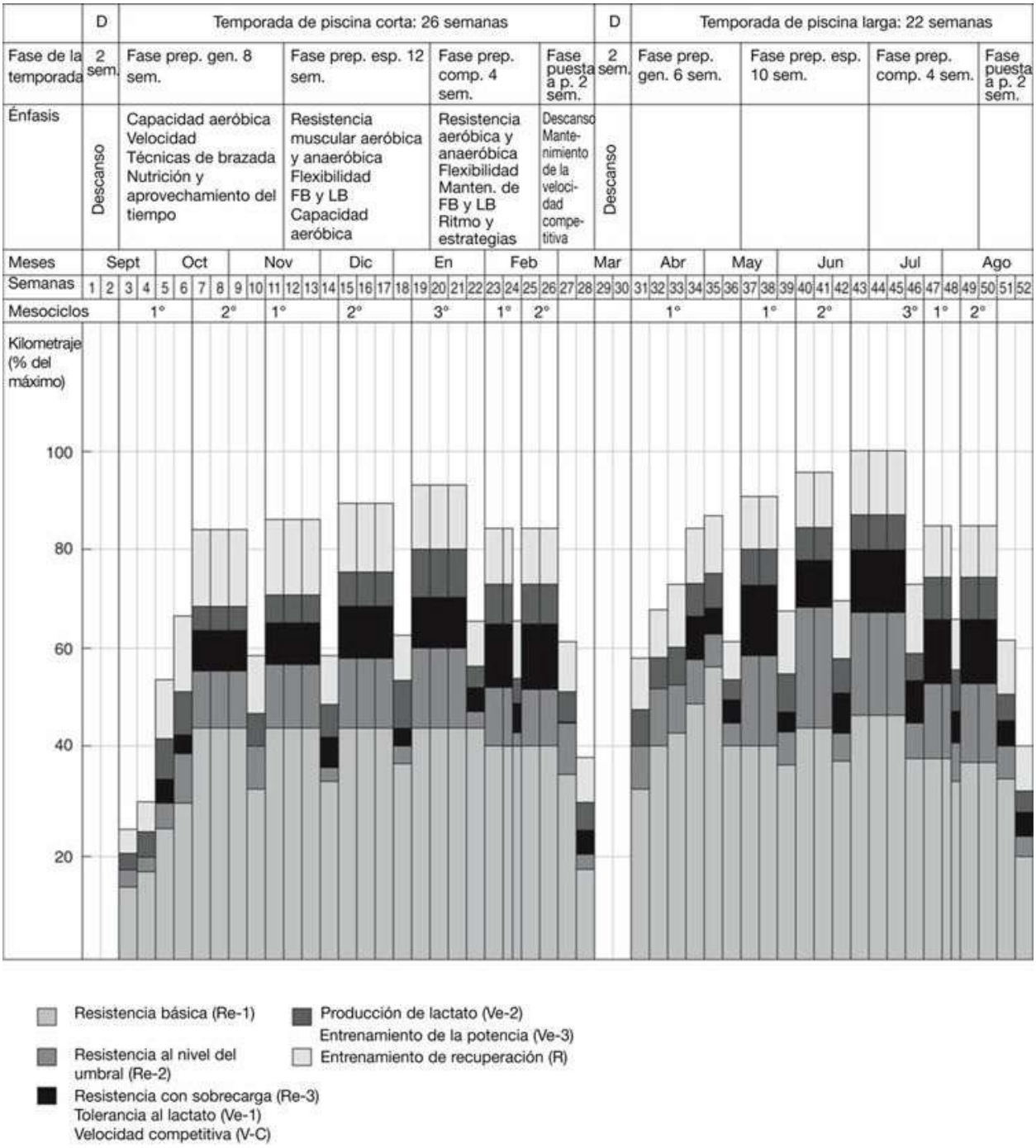


Figura 17.10. Un plan de entrenamiento de dos temporadas para mediofondistas y fondistas.

Los porcentajes de cada tipo de entrenamiento durante este período se basaron en un kilometraje medio semanal de 75 km. El entrenamiento de

resistencia básica (Re-1) siguió siendo la parte más importante, pero el volumen de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) aumentó de forma considerable, representando aproximadamente el 30% del kilometraje total. El entrenamiento de velocidad (Ve-2 y Ve-3) siguió al volumen de la fase anterior. El volumen del entrenamiento de recuperación permaneció aproximadamente en el mismo porcentaje del total que había ocupado en la fase anterior de la temporada. Sin embargo el volumen real de entrenamiento de recuperación aumentó un poco, a causa del mayor volumen de entrenamiento que estaban haciendo los nadadores. El volumen de entrenamiento debe alcanzar aproximadamente el 90% del kilometraje semanal máximo del año de entrenamiento durante el segundo mesociclo del período de preparación específica para piscina corta.

Se debe haber realizado una evaluación de los umbrales aeróbico y anaeróbico al final de cada mesociclo del período de preparación específica, con la velocidad de entrenamiento aumentando al incrementarse la velocidad a dichos umbrales. Se debe haber utilizado alguna medida de la resistencia aeróbica y anaeróbica (es decir, la prueba dV5-10 ó una serie normalizada de repeticiones) durante la fase de preparación específica. El entrenamiento debe seguir a una intensidad alta siempre que la resistencia aeróbica y anaeróbica de los nadadores mejore, pero se les debe permitir alguna recuperación si cualquiera de éstos disminuyese.

Se escogió una fase de preparación competitiva de sólo 4 semanas para la temporada de piscina corta. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3) y a la velocidad competitiva (V-C) fueron casi idénticos en cuanto a las adaptaciones fisiológicas que produjeron en los mediofondistas y fondistas, de manera que el objetivo principal de la fase de preparación competitiva era simplemente mejorar la sensibilidad de los nadadores para escoger la velocidad competitiva correcta. Los nadadores deben haber mejorado su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante la fase anterior de preparación específica y deben haber podido adaptarse rápidamente al entrenamiento a la velocidad competitiva. La fase de la preparación competitiva continuó durante febrero hasta que comenzó la puesta a punto para la competición principal de la primavera. El kilometraje semanal disminuyó entre el 10% y el 15% para permitir una mayor intensidad de entrenamiento durante el período de preparación competitiva.

La fase de preparación competitiva constó de dos mesociclos constantes cortos. El primero tenía una fase de trabajo de 1 1/2 semanas seguida de una fase de recuperación de 1/2 semana. Una de las competiciones más importantes de la temporada estaba programada para el final de esa semana, así que la fase de recuperación también sirvió como una minipuesta a punto. El segundo mesociclo tuvo una fase de trabajo de 2 semanas y la recuperación que lo siguió sirvió como puesta a punto.

La intensidad de entrenamiento aumentó hasta su nivel máximo de la temporada. Los volúmenes de entrenamiento de resistencia básica (Re-1) y al nivel del umbral (Re-2) disminuyeron a los niveles de mantenimiento durante esta fase. El entrenamiento a la velocidad competitiva (V-C) aumentó de forma considerable, con el objetivo de nadar series de resistencia significativas de menos distancia que la prueba, a la velocidad competitiva deseada para el final de la fase. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3) no era necesario porque las adaptaciones producidas por el entrenamiento a la velocidad competitiva eran idénticas a las que causa el primer tipo de entrenamiento. El entrenamiento de velocidad permaneció en el nivel de la fase anterior, y aumentó un poco el volumen del entrenamiento de recuperación porque los nadadores se entrenaban a una intensidad alta más a menudo. La mejor elección para aplicar la sobrecarga progresiva es aumentar la intensidad o la densidad durante esta fase. Los porcentajes para cada tipo de entrenamiento se basaron en un kilometraje semanal medio de 60 km.

Debe haberse evaluado el umbral anaeróbico y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante cada mesociclo de la fase de preparación competitiva. El umbral anaeróbico puede disminuir un poco, pero no debe preocupar si mejora la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Debe habérseles proporcionado un tiempo de recuperación adicional a los nadadores si no estaban mejorando su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.

La puesta a punto de 2 semanas que siguió a la fase de preparación competitiva se dedicó a preparar una competición importante a finales de marzo, o los campeonatos universitarios estadounidenses, o el campeonato nacional de un país particular, o un campeonato regional en alguna parte del

mundo. Se tratarán los detalles de la planificación del entrenamiento durante la puesta a punto en el capítulo 18.

A la puesta a punto le siguió un descanso de 2 semanas. Un período de descanso como éste puede faltar en la programación de muchas temporadas a causa de la proliferación de las competiciones inter-nacionales importantes que se ha visto en los últimos años. A menudo se exige a los nadadores extender su puesta a punto durante 2 semanas o más para participar en dichas competiciones.

La temporada de piscina olímpica de 22 semanas empezó en abril y terminó con la competición más importante del año de entrenamiento. En este caso se escogió un período de 6 semanas desde abril hasta mediados de mayo para la fase de preparación general. Esta fase era 2 semanas más corta que la fase correspondiente de la temporada anterior porque la temporada entera de piscina olímpica era más corta y porque los nadadores ya debían tener una fuerte base aeróbica adquirida durante la temporada de piscina corta. Los objetivos de esta fase de la temporada eran los mismos que los del período de preparación general de la temporada de piscina corta.

Se elaboró la fase de preparación general para piscina olímpica como un mesociclo escalonado con un período de trabajo de 5 semanas y un período de recuperación de 1 semana. El kilometraje semanal inicial y final era mayor para esta fase de la temporada de piscina olímpica que en la de piscina corta porque, como ya se ha mencionado, los nadadores ya debían tener una fuerte base aeróbica.

El kilometraje semanal de entrenamiento empezó aproximadamente al 60% del máximo para el año de entrenamiento y progresó más allá del 80% de este máximo para el final de la fase. De nuevo se utilizaron aumentos del volumen como método de aplicación de la sobrecarga progresiva. Los nadadores estaban probablemente aplicando una sobrecarga también al aumentar su velocidad de natación al recuperar rápidamente una buena forma física después del breve descanso que siguió a la temporada anterior.

Los porcentajes para cada tipo de entrenamiento fueron los mismos que para la fase de preparación general de la temporada de piscina corta. Sin

embargo, el kilometraje semanal de entrenamiento era un poco mayor porque los nadadores no tenían clases y tenían más tiempo para entrenarse y descansar.

El período de preparación específica fue de 10 semanas de duración para la temporada de piscina olímpica. Otra vez se utilizaron aumentos de volumen y de intensidad como método de aplicar la sobrecarga progresiva. Debido a su duración, la fase de resistencia específica para la temporada de piscina olímpica se elaboró con tres mesociclos. Los primeros dos tuvieron una configuración de 2 + 1, y el restante tuvo una fase de trabajo de 3 semanas seguida de 1 semana de recuperación (3 + 1).

El kilometraje de entrenamiento semanal aumentó gradualmente con cada mesociclo de la fase de preparación específica de piscina olímpica hasta que durante el tercer mesociclo estuvo en el 100% del máximo escogido para el año de entrenamiento. Los porcentajes de cada tipo de entrenamiento y los métodos de evaluación eran los mismos que los descritos para la temporada de piscina corta.

La fase de la preparación competitiva duró 4 semanas durante la temporada de piscina olímpica, al igual que la de la temporada de piscina corta. Constó de dos mesociclos. El primero tuvo una fase de trabajo de 1 1/2 semanas y un período de recuperación de 1/2 semana, y el segundo tuvo una fase de trabajo de 2 semanas con una puesta a punto que sirvió de fase de recuperación para este mesociclo. El kilometraje semanal se redujo entre el 15% y el 20% durante la fase de preparación competitiva.

Los tipos y porcentajes de entrenamiento, los métodos utilizados para aplicar la sobrecarga progresiva y el kilometraje semanal fueron iguales a los de la temporada de piscina corta. Sin embargo, la intensidad de natación debe estar en su nivel más alto del año de entrenamiento durante el período de preparación competitiva de piscina olímpica. Los nadadores deben estar realizando las repeticiones más rápidas de todo el año en este momento.

El período de puesta a punto duró 2 semanas, al igual que el mismo período en la temporada de piscina corta. El período de puesta a punto culminó con la competición más importante del verano y del año entero de

entrenamiento. La puesta a punto fue seguida de un período de descanso de 2 semanas antes del comienzo del próximo año académico y año de entrenamiento.

Un plan anual de dos temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200

Se presenta en la figura 17.11 un ejemplo de un plan anual de entrenamiento de dos temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200. Este plan muestra varias diferencias con el plan para los mediofondistas y fondistas ilustrado en la figura 17.10, además de algunas similitudes. Las primeras dos diferencias se relacionan con la duración de las fases de preparación específica y de preparación competitiva. La fase de preparación específica fue más corta, y la de preparación competitiva, más larga. Esta programación ofreció a los velocistas de las pruebas de 100 y 200 la oportunidad de realizar más entrenamientos de velocidad y de amortiguamiento. Al acortar la fase de preparación específica, era menos probable que los velocistas perdiesen una cantidad significativa de velocidad y potencia en sus fibras musculares de contracción rápida porque el volumen de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga que habían realizado no había aumentado de forma importante

Una diferencia final en la planificación para los velocistas de las pruebas de 100 y 200 era el volumen de entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1), producción de lactato (Ve-2) y potencia (Ve-3) que realizaron. Los velocistas nadaron más repeticiones de estos tipos porque la velocidad y la capacidad amortiguadora eran mucho más importantes para el éxito en sus competiciones.

Como se ve en la figura 17.11, el período de preparación general duró 9 semanas durante la temporada de piscina corta. Se hizo así para proporcionar a los nadadores una buena oportunidad para mejorar los mecanismos circulatorio y respiratorio responsables del suministro del oxígeno a los

músculos y para mejorar la utilización del oxígeno por las fibras musculares de contracción lenta. El kilometraje de entrenamiento semanal empezó aproximadamente al 30% del máximo para el año de entrenamiento y terminó en más del 80% del máximo durante la fase de preparación general de piscina corta.

Se elaboró la fase de preparación general con dos mesociclos. El primero era de tipo escalonado, y duró 4 semanas. No tuvo fase de recuperación a causa de la progresión gradual que se había producido desde el inicio de la temporada. El segundo mesociclo tenía una fase de trabajo de 4 semanas seguida de una semana de recuperación. El kilometraje de entrenamiento llegó al 80% del máximo planificado para la temporada durante este mesociclo. Hubo un desplazamiento gradual hacia un mayor volumen de entrenamiento de resistencia en el estilo o los estilos principales de cada nadador durante este mesociclo para prepararles para el entrenamiento más específico de la siguiente fase de la temporada.

Aproximadamente el 50% del kilometraje total semanal se dedicó al entrenamiento de resistencia básica (Re-1) durante la fase de preparación general. La producción de lactato y el entrenamiento de potencia representaron aproximadamente el 10% del total. El entrenamiento de recuperación representó aproximadamente el 15% del total. Se introdujo el entrenamiento al nivel del umbral durante la tercera semana de la fase de preparación general y aumentó aproximadamente al 10% del kilometraje total durante el segundo mesociclo de esta fase. El entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3) se introdujo durante la cuarta semana y representó aproximadamente el 5% del kilometraje total para el resto de la fase de preparación general. Los porcentajes de entrenamiento sugeridos para estos nadadores durante la fase de preparación general se basan en un kilometraje medio semanal de 50 km. El método preferido para aplicar la sobrecarga progresiva durante esta fase de la temporada fue aumentar el volumen, aunque los nadadores también estaban aumentando la velocidad de las repeticiones al mejorar su condición física.

Con sus 8 semanas, la fase de preparación específica para los velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200 era más corta que la fase correspondiente para mediofondistas y fondistas. Se acortó esta fase para

reducir el volumen de entrenamiento de resistencia de alta intensidad y el efecto inhibidor que pudiera tener en la velocidad máxima de los nadadores. Sin embargo, los nadadores que realizan las pruebas de 200 necesitan incluir un volumen razonable de entrenamiento de resistencia de intensidad alta en su programa durante esta fase de la temporada porque deben mejorar sus tasas de consumo de oxígeno y de eliminación de lactato en sus fibras musculares de contracción rápida para tener éxito más adelante. Pero deben lograrlo sin causar una alteración significativa y duradera de su velocidad y potencia. Los nadadores deben realizar la mayor parte del entrenamiento de resistencia de alta intensidad y el de velocidad en su estilo o estilos principales durante esta fase de la temporada. El kilometraje semanal de entrenamiento debe aumentar a hasta el 90% y el 95% del máximo anual durante el segundo mesociclo del período de preparación específica de la temporada de piscina corta.

Se dividió el período de preparación específica en dos mesociclos de 4 semanas, cada una con una configuración de 3 + 1. El kilometraje máximo planificado para esta temporada se alcanzó durante el segundo de estos mesociclos. Se utilizaron aumentos de volumen e intensidad de entrenamiento como método para aplicar la sobrecarga progresiva durante esta fase.

Obsérvese que los volúmenes de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2), con sobrecarga (Re-3) y tolerancia al lactato (Ve-1) aumentaron de forma considerable durante el segundo mesociclo de la fase de preparación específica. El entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga representaron aproximadamente el 30% del kilometraje semanal total en este momento. Aunque se hizo hincapié en ellos, el volumen de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) no era tan elevado comparado con los mediofondistas y fondistas porque los nadadores de las pruebas de 100 y 200 estaban nadando menos metros cada semana. Se hizo una parte del entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga en series continuas, pero las series no eran tan largas como las de los mediofondistas y fondistas. Sin embargo, la mayor parte de su entrenamiento de resistencia de alta intensidad se realizaba al final de las series descendentes.

También se incluyeron pequeñas cantidades de entrenamiento de tolerancia al lactato para los velocistas de las pruebas de 100 y 200 durante esta fase porque ese entrenamiento hace hincapié en la capacidad amortiguadora. Al igual que la fase anterior, se incluyeron cantidades adicionales de entrenamiento de velocidad para esta categoría de competidores. Aumentó el volumen de entrenamiento de potencia. El porcentaje del entrenamiento de velocidad quedó en aproximadamente el 10% del total durante la fase de preparación específica, pero el volumen total del entrenamiento de velocidad era mayor porque el kilometraje semanal aumentó durante esta fase de la temporada.

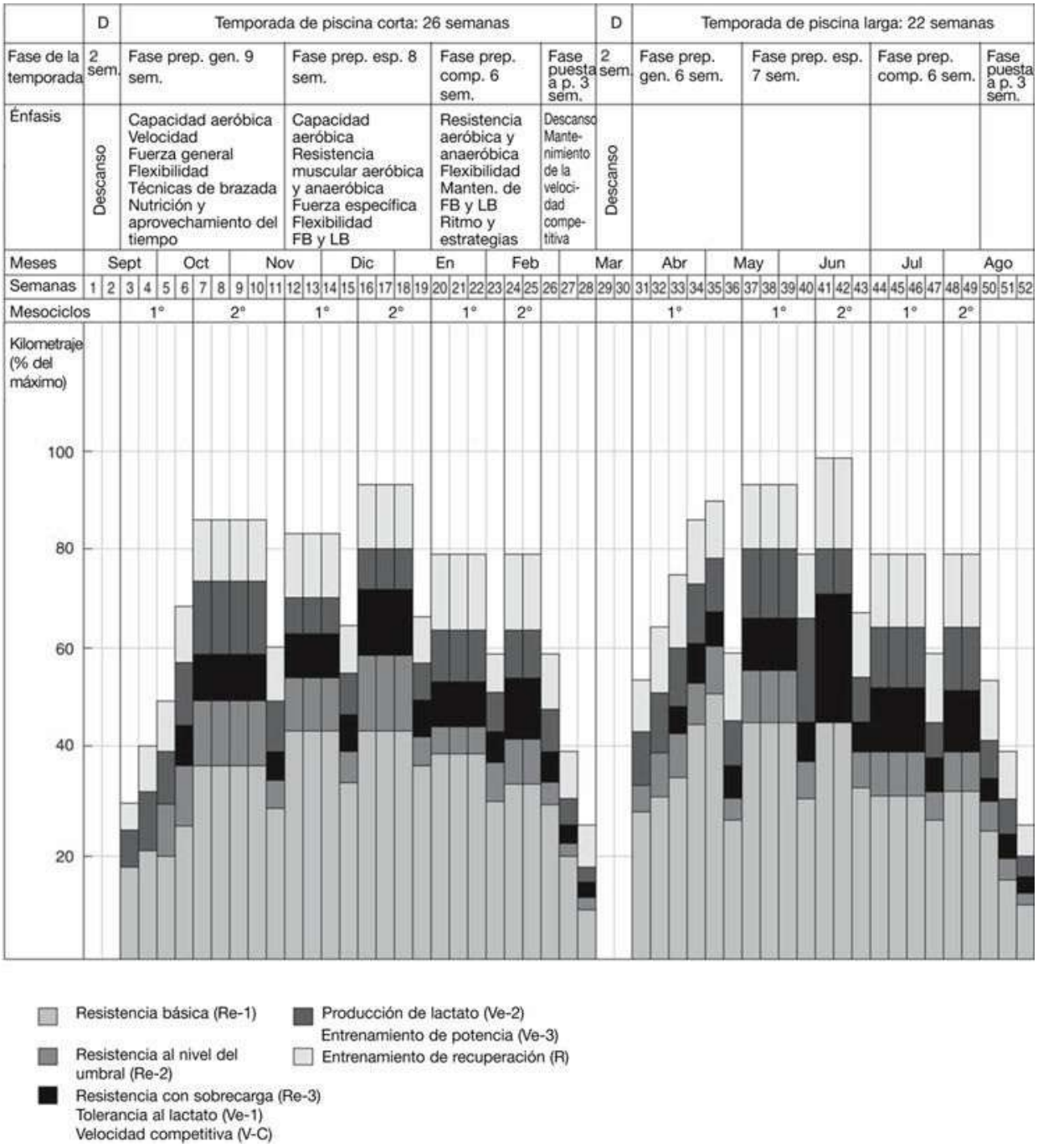


Figura 17.11. Un plan anual de entrenamiento de dos temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200.

El entrenamiento de resistencia básica permaneció en aproximadamente el

50% del total semanal, y el porcentaje de entrenamiento de recuperación quedó en aproximadamente el 15% del total. Los porcentajes de cada tipo de entrenamiento durante la fase de preparación específica se basaron en un kilometraje medio semanal de 60 km.

La fase de preparación competitiva se fijó en 6 semanas para los velocistas de las pruebas de 100 y 200 para darles más tiempo para mejorar su resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y su capacidad amortiguadora en condiciones similares a las de la competición. Se programó una fase de preparación competitiva más larga porque los velocistas generalmente tienen una mayor potencia anaeróbica innata que requiere más tiempo para desarrollarse. En este sentido, gran parte del entrenamiento a la velocidad competitiva que realizaron los nadadores durante este período también contribuyó a mejorar su potencia anaeróbica porque se realizaba a velocidades rápidas y en distancias cortas. Por lo tanto, el porcentaje de entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) que hicieron los nadadores disminuyó entre el 5% y el 7% del total durante la fase de preparación competitiva a causa del solapamiento con el entrenamiento de tolerancia al lactato y a la velocidad competitiva. Sin embargo, el volumen de entrenamiento de potencia (Ve-3) aumentó. La disminución del entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) no se reflejó en los porcentajes citados en la figura 17.11 porque se basaron en el kilometraje semanal total que estaba por debajo del máximo de la temporada, en el 20% al 25%.

El porcentaje de entrenamiento de resistencia básica disminuyó a aproximadamente el 40% del kilometraje medio semanal y el porcentaje de entrenamiento al nivel del umbral disminuyó a niveles de mantenimiento durante la fase de preparación competitiva. El porcentaje de entrenamiento de recuperación aumentó hasta aproximadamente el 20% del total porque los nadadores trabajaron a intensidad alta más a menudo. Por lo tanto, necesitaban más tiempo para reparar los tejidos musculares y reponer el glucógeno muscular.

El período de preparación competitiva para estos nadadores se dividió en dos mesociclos. El primero tuvo una fase de trabajo de 3 semanas y una fase de recuperación de 1 semana. El segundo tuvo una fase de trabajo de 2

semanas, y el período de recuperación fue la primera semana de la puesta a punto que la siguió. Se aplicó la sobrecarga progresiva aumentando la intensidad o la densidad del entrenamiento durante la fase de preparación competitiva de la temporada de piscina corta.

Se deben haber realizado evaluaciones de los umbrales aeróbico y anaeróbico durante los períodos de preparación general y específica de la temporada de piscina corta, aumentando las velocidades de entrenamiento al incrementarse las velocidades correspondientes a dichos umbrales. También se debe haber utilizado alguna medida de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante el período de preparación específica y el de preparación competitiva que lo siguió para evaluar los cambios de este mecanismo fisiológico. La resistencia aeróbica y anaeróbica deben mejorar considerablemente durante ambas fases. Si no fuera así, puede que los nadadores estuviesen realizando las repeticiones con demasiada intensidad demasiado a menudo. En este caso, se deben reducir los volúmenes de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2), con sobrecarga (Re-3) y de tolerancia al lactato (Ve-1), y se debe sustituirlos con más entrenamiento de resistencia básica y de recuperación.

Se debe evaluar la velocidad máxima y, si es posible, los valores pico del lactato sanguíneo durante el período de preparación específica de la temporada de piscina corta para determinar si las mejoras de los umbrales aeróbico y anaeróbico de los nadadores se debían a un aumento de la capacidad aeróbica o en su lugar fueron causadas por una disminución de la potencia anaeróbica. Se deben reducir los volúmenes de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) si se sospecha este último efecto.

También se deben efectuar evaluaciones de la velocidad máxima y de la potencia de natación durante las fases de preparación general de la temporada, pero sólo para asegurarse de que la potencia muscular y la tasa de metabolismo anaeróbico de los nadadores no hayan disminuido demasiado.

Las evaluaciones de la velocidad máxima y de la potencia de natación también deben continuar durante la fase de preparación competitiva y ambas deben mejorar considerablemente durante esta época. Si no lo hacen, la razón

podría ser que los nadadores están realizando demasiadas series de tolerancia al lactato o demasiado entrenamiento de resistencia de intensidad alta.

Se ha extendido la puesta a punto de la temporada de piscina corta a 3 semanas para los nadadores de las pruebas de 100 y 200 porque normalmente necesitan un período más largo de recuperación para rendir a su nivel máximo. La puesta a punto puede ir seguida de un descanso o un período ampliado de otras 2 semanas de puesta a punto cuando se participa en competiciones adicionales antes del comienzo de la temporada de piscina olímpica.

La temporada de piscina olímpica para los nadadores especialistas en las pruebas de 100 y 200 duró 22 semanas. Se acortó la fase de preparación general a 6 semanas porque los nadadores deben haber retenido una base aeróbica razonable de la temporada de piscina corta anterior. Con 7 semanas de duración, la fase de preparación específica también fue más corta que la de la temporada de piscina corta. La fase de preparación competitiva duró 6 semanas al igual que la de la temporada de piscina corta.

Los kilometrajes inicial y final eran un poco mayores para los períodos de preparación general y específica durante la temporada de piscina olímpica de lo que habían sido en la temporada anterior. Los nadadores no asistían a clases durante los meses de verano, de manera que tenían más tiempo para entrenarse y descansar. El kilometraje de entrenamiento empezó en aproximadamente el 50% del máximo semanal para la temporada y progresó hasta 90% del máximo anual para finales del período de preparación general de piscina olímpica. El kilometraje semanal de entrenamiento aumentó al 100% del máximo anual durante el segundo mesociclo del período de preparación específica para piscina olímpica. El kilometraje de entrenamiento disminuyó hasta aproximadamente el 80% del máximo de la temporada durante la fase de preparación competitiva de la temporada de piscina olímpica, al igual que durante la misma fase de la de piscina corta.

Se escogió un largo mesociclo escalonado, con un período de trabajo de 5 semanas y un período de descanso de 1 semana para el período de preparación general de la temporada de piscina olímpica para asegurar la recuperación de la capacidad aeróbica. Se elaboró el período de preparación

específica con dos mesociclos. El primero tuvo una configuración de 3 + 1, y el segundo tuvo una fase de trabajo de 2 semanas seguida de un período de recuperación de 1 semana. La fase de preparación competitiva también se elaboró con dos mesociclos. El primero tuvo una configuración de 3 + 1 y el segundo tenía una fase de trabajo de 2 semanas con la primera semana de la puesta a punto sirviendo como período de recuperación para este mesociclo.

El período de puesta a punto duró 3 semanas, al igual que en la temporada de piscina corta. Siguió un descanso de 2 semanas antes del comienzo del próximo año de entrenamiento.

Los porcentajes de cada tipo de entrenamiento, los sistemas de sobrecarga progresiva y los métodos de evaluación deben ser los mismos para la temporada de piscina olímpica que para la de piscina corta. Como ya se ha mencionado, el kilometraje semanal de entrenamiento debe ser un poco mayor durante la temporada de piscina olímpica si la competición del final del verano es la más importante del año. La intensidad de natación también debe estar en su nivel más alto del año de entrenamiento durante la temporada de piscina olímpica, por la misma razón.

Un plan anual de entrenamiento de dos temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100

Se presenta en la figura 17.12 un ejemplo de un plan de entrenamiento para velocistas que se especializan en las distancias de 50 y 100. La principal diferencia entre este plan y los dos anteriores es que el entrenamiento de velocidad fue una prioridad durante cada fase de cada temporada. Otra diferencia fue que el volumen semanal de kilometraje de resistencia debe disminuir comparado con el de los nadadores que compiten en pruebas más largas para reducir el efecto de este entrenamiento sobre la velocidad máxima.

Quizá la diferencia mayor del plan para los velocistas de 50 y 100 comparado con los otros dos planes fue que los mesociclos de la fase de preparación específica se elaboraron para mejorar la capacidad aeróbica y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica sin causar una reducción significativa de la velocidad máxima.

Los velocistas que se especializan en las pruebas de 50 y 100 necesitan mejorar su capacidad aeróbica pero no a expensas de su velocidad máxima. Se puede lograr la mayor parte de esta mejora con la natación de resistencia básica, que no debe influir en la velocidad y potencia de contracción de las fibras musculares de contracción lenta. Pero deben invertir algún tiempo nadando a las velocidades correspondientes al umbral y más rápidas para mejorar tanto el consumo de oxígeno como la eliminación de lactato de sus fibras musculares de contracción rápida. Un aumento de la capacidad aeróbica de las fibras de contracción rápida es esencial para que naden bien distancias de 100 m o yardas, particularmente cuando se compite en estas últimas pruebas en piscinas olímpicas. Sin embargo, al mismo tiempo no pueden permitirse simplemente mantener su velocidad y potencia anaeróbica; deben mejorarlas. Por estas razones, los mesociclos del período de preparación específica se han diseñado para hacer hincapié en la capacidad aeróbica y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica durante 2 semanas y luego para hacer hincapié en la velocidad máxima durante 2 semanas para que se pueda mejorar la resistencia con menos riesgo de perder velocidad máxima. Para lograr este objetivo, la fase de preparación específica se ha hecho considerablemente más larga que las otras fases de la temporada.

Al igual que los planes para otras categorías de nadadores, la duración de cada temporada ha sido planificada para coincidir con las competiciones principales de la primavera y del verano. Se ha fijado el período de preparación general en 7 semanas durante la temporada de piscina corta. Sin embargo, sólo se asignaron 4 semanas a esta fase durante la temporada de piscina olímpica para que hubiera tiempo suficiente para las fases de preparación específica y competitiva.

Durante la temporada de piscina corta la fase de preparación general consistió en un mesociclo escalonado de 7 semanas. El kilometraje semanal de entrenamiento progresó de aproximadamente el 30% a más del 80% del

máximo de la temporada durante esta fase. Entre el 50% y el 60% del kilometraje de entrenamiento se dedicó al entrenamiento de resistencia básica. Se añadieron pequeñas cantidades de entrenamiento al nivel del umbral y con sobrecarga a este total durante las últimas 4 semanas de dicha fase. Aproximadamente el 10% del kilometraje se dedicó al entrenamiento de producción de lactato y al entrenamiento de potencia durante cada una de estas semanas, y el entrenamiento de recuperación representó aproximadamente el 20% del kilometraje semanal total. Aproximadamente el 8% del kilometraje semanal se realizó como entrenamiento de tolerancia al lactato durante las últimas 4 semanas de este mesociclo. Los porcentajes de cada tipo de entrenamiento se basaron en un kilometraje medio semanal de 40 km. Se utilizaron aumentos de volumen como la sobrecarga progresiva.

El período de preparación específica, como se indicó, era la fase más larga durante las temporadas de piscina corta y olímpica. Una duración de 9 semanas en ambas temporadas proporcionó tiempo para el doble objetivo de mejorar la resistencia y la velocidad. El período de preparación específica se dividió en dos mesociclos mixtos tanto durante la temporada de piscina corta como durante la de piscina olím-pica. Cada mesociclo duró 4 semanas. El primer período de 2 semanas se dedicó al entrenamiento de velocidad. En particular, el kilometraje dedicado a la producción de lactato (Ve-2), tolerancia al lactato (Ve-1) y entrenamiento de potencia (Ve-3) aumentó aproximadamente al 12% del total en este momento. El aumento del kilometraje total era mayor que el indicado por el porcentaje de incremento porque el kilometraje semanal también aumentó durante la fase de preparación específica. El kilometraje semanal medio era aproximadamente el 80% del máximo para la temporada durante la fase de velocidad de cada mesociclo mixto.

El porcentaje de entrenamiento de resistencia básica permaneció en aproximadamente el 45% del total, y el porcentaje de entrenamiento de recuperación permaneció en aproximadamente el 20% del total durante este mesociclo de velocidad. El volumen de entrenamiento al nivel del umbral disminuyó durante estas 2 semanas para reducir su efecto inhi-bidor sobre la potencia anaeróbica. La intensidad representó el sistema de sobrecarga progresiva utilizado durante la parte de estos mesociclos mixtos dedicada a la velocidad.

El segundo período de 2 semanas de cada mesociclo mixto del período de preparación específica se dedicó a mejorar la capacidad aeróbica y la eliminación de lactato de las fibras musculares de contracción rápida. Se hizo esto para preparar a los nadadores para competir bien en sus pruebas de 100 y para ampliar el volumen de trabajo de velocidad a intensidad alta que podrían realizar durante la fase de preparación competitiva que siguió. Pero para lograr este objetivo, los nadadores no utilizaron series continuas de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral o con sobrecarga. Lo lograron aumentando el número y la longitud de sus series de resistencia básica y descendiendo el último tercio o mitad de dichas series hasta la velocidad correspondiente al entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y sobrecarga (Re-3) y en ocasiones a la de la tolerancia al lactato (Ve-1). El porcentaje combinado de entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1), resistencia al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) aumentó a aproximadamente el 20% durante esta fase.

El porcentaje de entrenamiento de resistencia básica y de velocidad no cambió durante la fase de resistencia de este mesociclo mixto, pero el porcentaje de entrenamiento de recuperación aumentó a aproximadamente 25% porque los mayores volúmenes de entrenamiento de resistencia y de velocidad de alta intensidad requerían más tiempo de recuperación.

El kilometraje semanal máximo programado para la temporada debe alcanzarse durante la fase de resistencia del segundo mesociclo de resistencia durante la fase de preparación específica. Durante ambas temporadas, el período de preparación específica terminó con una semana de recuperación antes de pasar a la fase de preparación competitiva. Un aumento del volumen de entrenamiento fue el sistema principal de sobrecarga progresiva utilizado durante la fase de resistencia de cada mesociclo mixto de la fase de preparación específica.

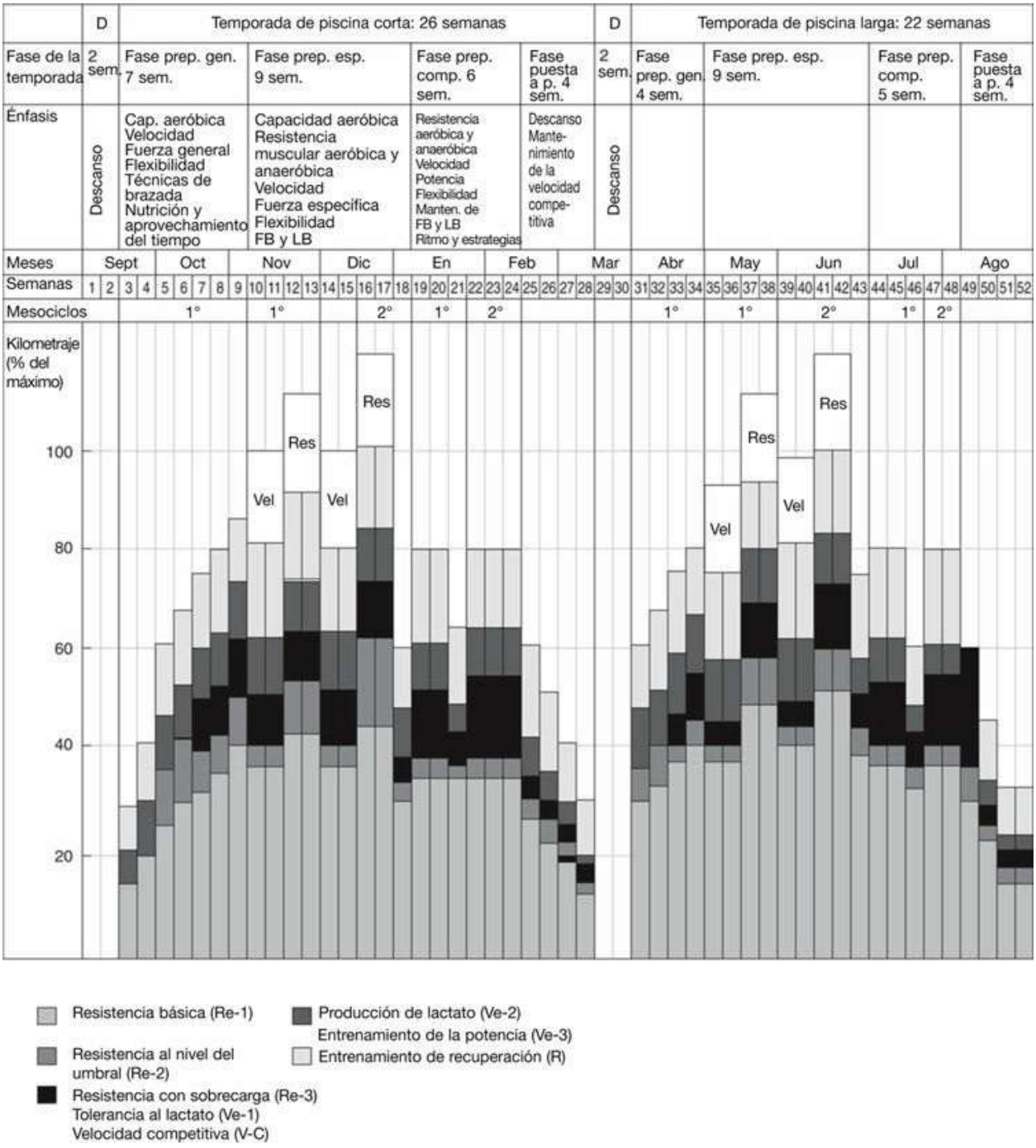


Figura 17.12. Un plan anual de entrenamiento de dos temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100.

El período de preparación competitiva duró 6 semanas durante la

temporada de piscina corta y sólo 5 semanas en la de piscina olímpica. Sin embargo, el tiempo dedicado a ambos tipos de entrenamiento era casi idéntico en las dos.

La fase de preparación competitiva estuvo formada por dos mesociclos durante ambas temporadas. En la de piscina corta, el primer mesociclo tuvo una configuración de 2 + 1, y el segundo mesociclo duró 3 semanas con una puesta a punto sirviendo como el período de recuperación para éste. El primer mesociclo también tuvo un período de trabajo de 2 semanas y uno de recuperación de 1 semana durante la temporada de piscina olímpica. El segundo mesociclo sólo duró 2 semanas. La fase de puesta a punto sirvió como período de recuperación para el segundo mesociclo de la fase de preparación competitiva de la temporada de piscina olímpica.

Durante la fase de preparación competitiva se hizo hincapié en mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y la velocidad máxima. Se utilizó el entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1) en lugar del entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3) porque el primer tipo de entrenamiento era más efectivo para mejorar la capacidad amortiguadora. Por esta razón, el entrenamiento de tolerancia al lactato aumentó a su mayor volumen, aproximadamente el 20% del kilometraje total. El entrenamiento de velocidad permaneció en el 8% al 10% del total, y el entrenamiento al nivel del umbral disminuyó mucho. El porcentaje de entrenamiento de resistencia básica también disminuyó, pero sólo ligeramente. Sin embargo, el volumen de entrenamiento de resistencia básica disminuyó de forma considerable porque los nadadores estaban entrenándose con menos kilometraje semanal durante esta fase de la temporada. El porcentaje de cada tipo de entrenamiento durante este período se basó en un kilometraje semanal medio de entrenamiento de entre 40 y 45 km. El kilometraje semanal de entrenamiento disminuyó a aproximadamente el 80% del máximo para la temporada durante la fase de preparación competitiva de ambas temporadas. Aumentos de intensidad y densidad del entrenamiento fueron los sistemas utilizados para aplicar la sobrecarga progresiva durante esta fase de la temporada.

Hubo que realizar evaluaciones de capacidad aeróbica, resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y velocidad máxima aproximadamente cada 3 semanas durante los períodos de preparación general y específica. Los

nadadores debieron mejorar su capacidad aeróbica sin perder mucha velocidad ni potencia. La velocidad del entrenamiento de resistencia de los nadadores debe haberse basado en los resultados de las pruebas de capacidad aeróbica. La resistencia muscular aeróbica y anaeróbica puede haber disminuido un poco durante la fase de preparación general, pero debe aumentar durante el período de preparación específica.

Se deben realizar mediciones de la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, la velocidad máxima y la potencia muscular aproximadamente cada 3 semanas durante la fase de preparación competitiva. La resistencia muscular aeróbica y anaeróbica debe mejorar de forma destacada. Si no fuera así, puede que los nadadores hayan estado nadando con demasiada intensidad, demasiado a menudo. En este caso, debe disminuir el volumen de entrenamiento de tolerancia al lactato y aumentar el de resistencia básica. Se deben realizar evaluaciones de capacidad aeróbica, resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, y velocidad máxima al final de cada mesociclo de 4 semanas. La capacidad aeróbica y la velocidad máxima pueden haber disminuido un poco durante esta fase, pero la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica debe haber aumentado.

Evaluaciones de la velocidad máxima y la potencia de natación deben indicar grandes mejoras durante la fase de preparación competitiva. Si no es así, puede que los nadadores estén haciendo demasiado entrenamiento de tolerancia al lactato, demasiado entrenamiento de resistencia de alta intensidad o ambos. Se debe identificar la causa y corregirla.

Se amplió la fase de puesta a punto a 4 semanas durante ambas temporadas del año porque los velocistas que se especializan en las pruebas más cortas normalmente necesitan un mayor período de recuperación para rendir a su mejor nivel. La fase de puesta a punto fue seguida por un descanso o período extendido de puesta a punto de 2 semanas después de cada temporada.

Planes anuales de entrenamiento de tres temporadas

Los planes anuales de tres temporadas se subdividen generalmente en temporadas de invierno, primavera y verano. La temporada de invierno empieza en septiembre y normalmente termina con una competición principal regional, nacional o internacional a principios o a mediados de diciembre que se celebra en una piscina corta. La temporada de primavera empieza en enero y termina con otra competición importante regional, nacional o internacional celebrada entre finales de marzo y principios de abril. La temporada de verano empieza en abril y termina con una competición importante normalmente celebrada entre mediados y finales de agosto.

Las fases de cada temporada deben ser las mismas que para los planes anuales con dos temporadas, excepto que generalmente cada fase será más corta. Por consiguiente, estas fases deben solaparse. Para lograrlo, el tipo de entrenamiento que será intensificado en la fase de la próxima temporada debe aumentar un poco durante las últimas 2 semanas de la fase precedente para proporcionar suficiente tiempo para producir los efectos deseados de entrenamiento. Los tipos de entrenamiento en los que se debe hacer hincapié durante cada fase de temporada, los porcentajes de cada tipo de entrenamiento y los métodos para hacer las evaluaciones son los mismos que los descritos para los planes anuales de dos temporadas, por lo que no se tratarán en esta sección. Se presentará a continuación la duración de las tres temporadas y la duración de cada fase de entrenamiento dentro de una temporada particular. También trataré de qué forma se pueden elaborar los mesociclos para cada fase de un año de tres temporadas.

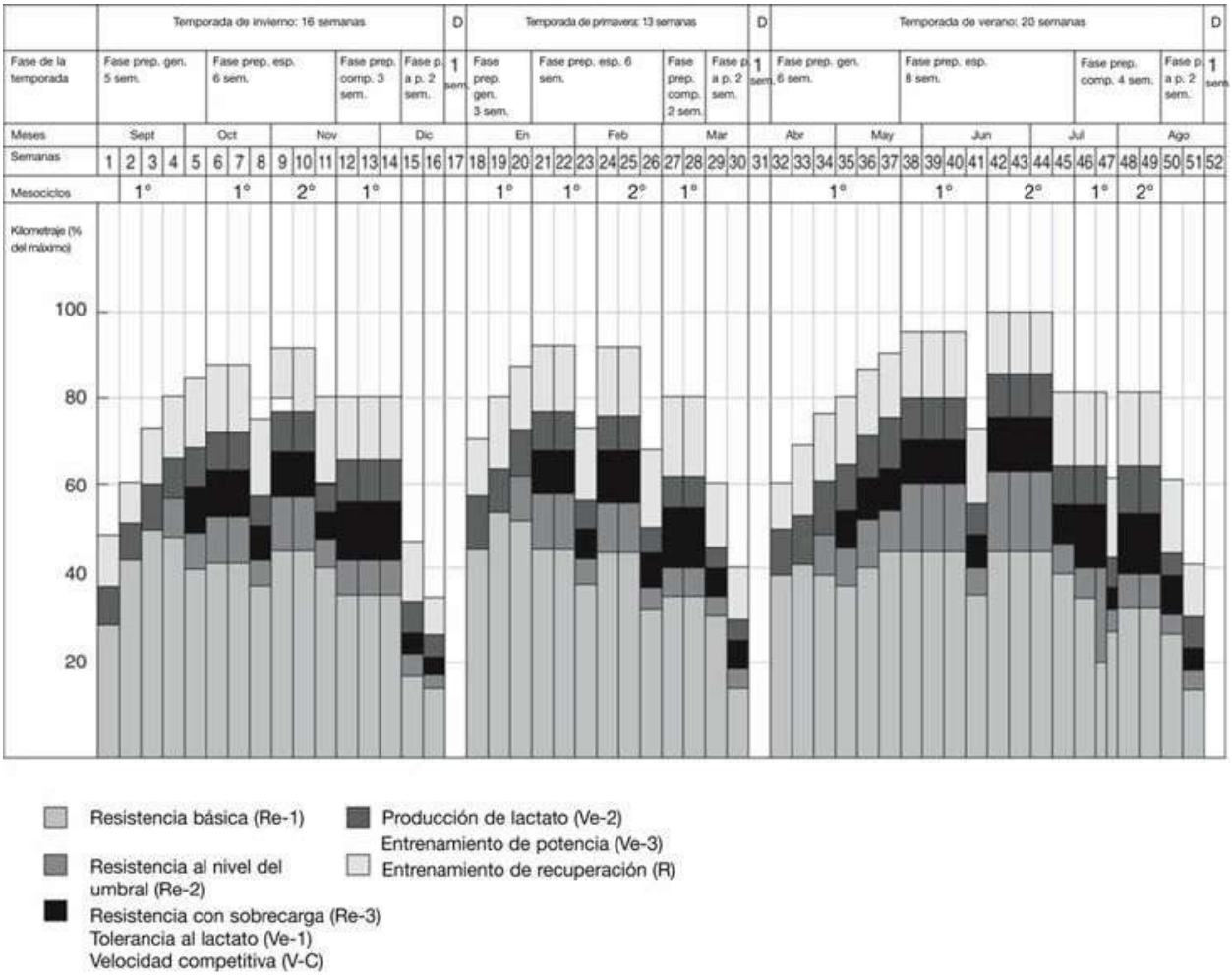


Figura 17.13. Un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para mediofondistas y fondistas.

Un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para mediofondistas y fondistas

Se ilustra en la figura 17.13 un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para mediofondistas y fondistas. La temporada de invierno duró 16 semanas, desde septiembre a mediados de diciembre. Siguió un descanso

de una semana para las vacaciones de Navidad. La temporada de primavera duró 13 semanas. Empezó en enero y siguió hasta finales de marzo, cuando los nadadores tuvieron una semana de descanso. La temporada de verano, la más larga de las tres, empezó en abril y continuó hasta finales de agosto. Los nadadores tomaron entonces otro descanso de 1 semana, después del cual empezaron su nuevo año de entrenamiento.

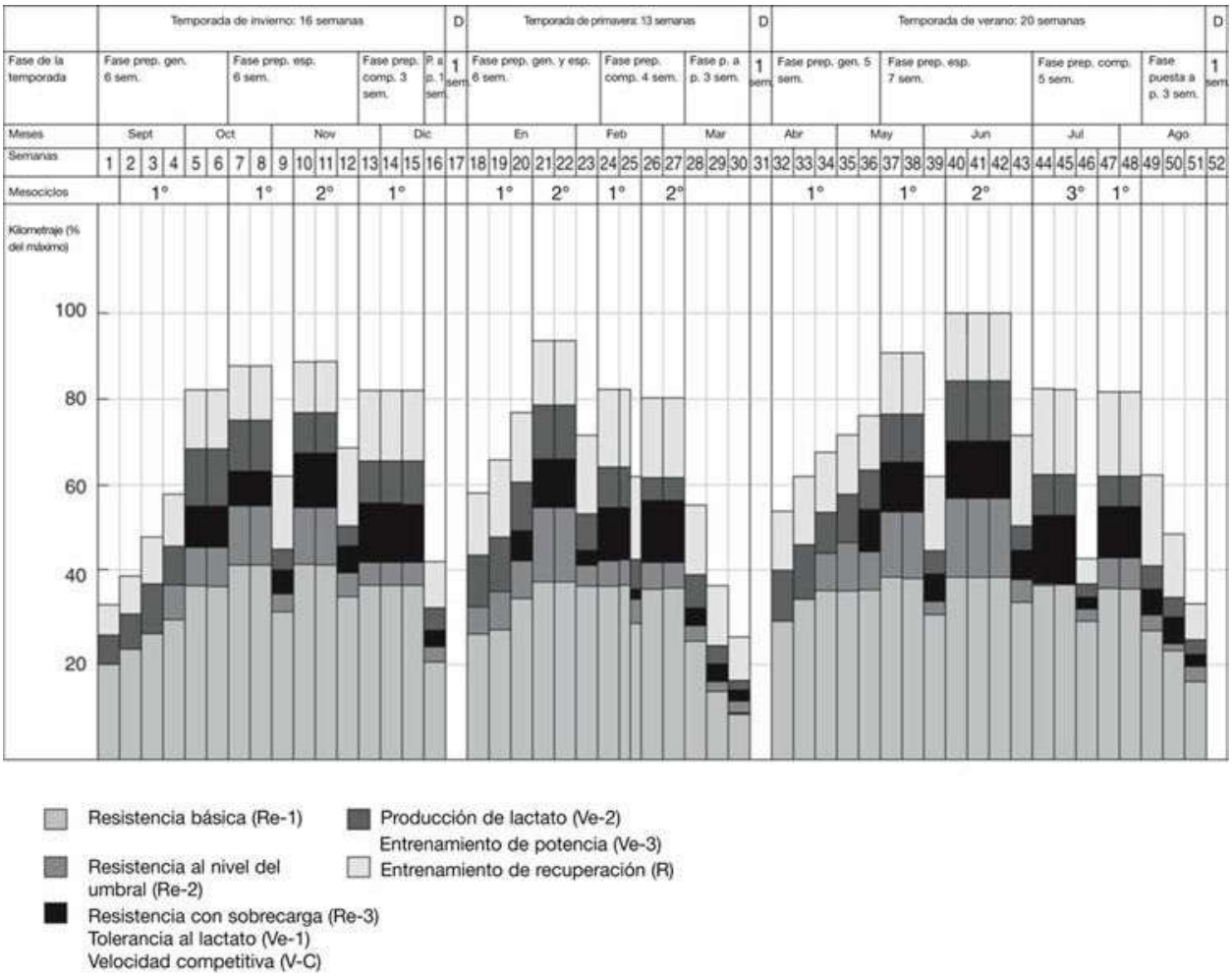


Figura 17.14. Un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para velocistas de las pruebas de 100 y 200.

Un plan anual de entrenamiento de tres

temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200

Se ilustra en la figura 17.14 un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200. La principal diferencia entre este plan y el plan de tres temporadas para los mediofondistas y fondistas fue que se dedicó más tiempo a la preparación competitiva en las temporadas de primavera y verano cuando se celebraron las competiciones más importantes. El entrenamiento a la velocidad competitiva de los velocistas es sustancialmente menos aeróbico y más anaeróbico que el de los mediofondistas y fondistas, por lo que los primeros necesitaron más tiempo para mejorar su capacidad amortiguadora. Acortar los períodos de preparación general y específica dejó más tiempo para una fase de preparación competitiva más larga.

Un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100

Se ilustra en la figura 17.15 un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para velocistas especialistas en las pruebas cortas. Al igual que en el plan de dos temporadas para esta categoría de velocistas, los mesociclos durante los períodos de preparación específica se dividieron en semanas que hicieron hincapié en el entrenamiento de velocidad y semanas que hicieron hincapié en el de resistencia. Esta organización reduce la posibilidad de que los nadadores pierdan velocidad y potencia mientras que trabajan la resistencia. Los períodos de preparación general se han acortado un poco para dejar sitio a unas fases de preparación específica más largas durante todo el año de entrenamiento.

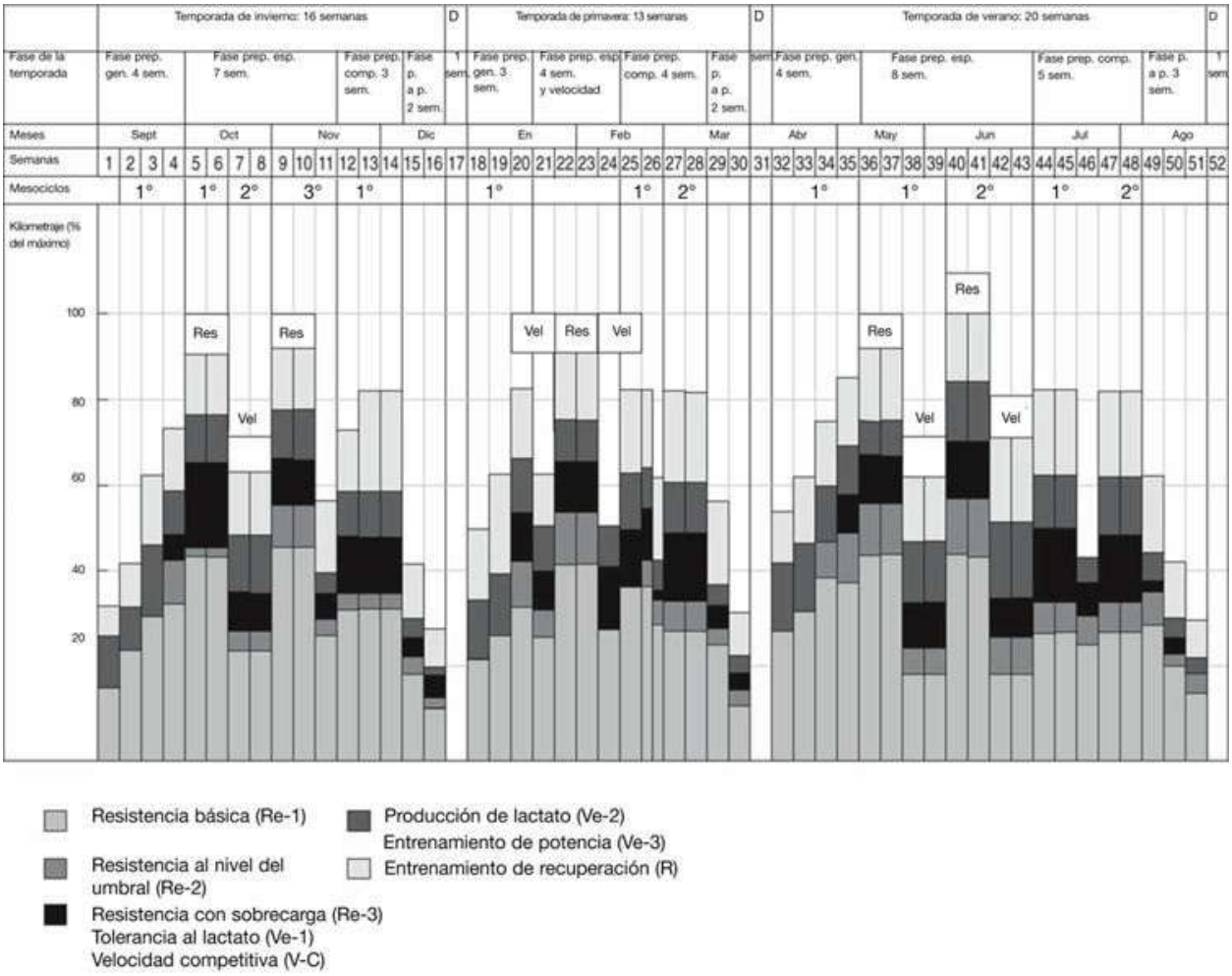


Figura 17.15. Un plan anual de entrenamiento de tres temporadas para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100.

Planes anuales de entrenamiento de macrociclos mixtos

Con planes de este tipo, el año entero de entrenamiento se estructura en varios macrociclos. A su vez, cada macrociclo es configurado con varios mesociclos, cada uno haciendo hincapié en un entrenamiento diferente. Sería fácil elaborar los programas si estos planes pudiesen formarse con macrociclos y mesociclos como el plan de Salnikov descrito anteriormente en

este capítulo. Sin embargo, en la mayo-ría de las circunstancias es casi imposible desarrollar planes en los que los macrociclos y los mesociclos duren lo mismo a causa del calendario de las competiciones importantes a lo largo del año de entrenamiento. Por consiguiente, los planes descritos en esta sección a menudo tendrán macrociclos de diferentes duraciones. Los mesociclos que los componen también variarán en duración. Pero cada macrociclo incluirá cuatro mesociclos que abarcan las cuatro fases de la temporada: la fase de preparación general, la fase de preparación específica, la fase de preparación competitiva y la puesta a punto o el período de recuperación. Los objetivos de cada una de estas fases o mesociclos, el porcentaje de cada tipo de entrenamiento, el sistema de progresión utilizado y los métodos de evaluación serán similares a los descritos para los años de entrenamiento de dos y tres temporadas.

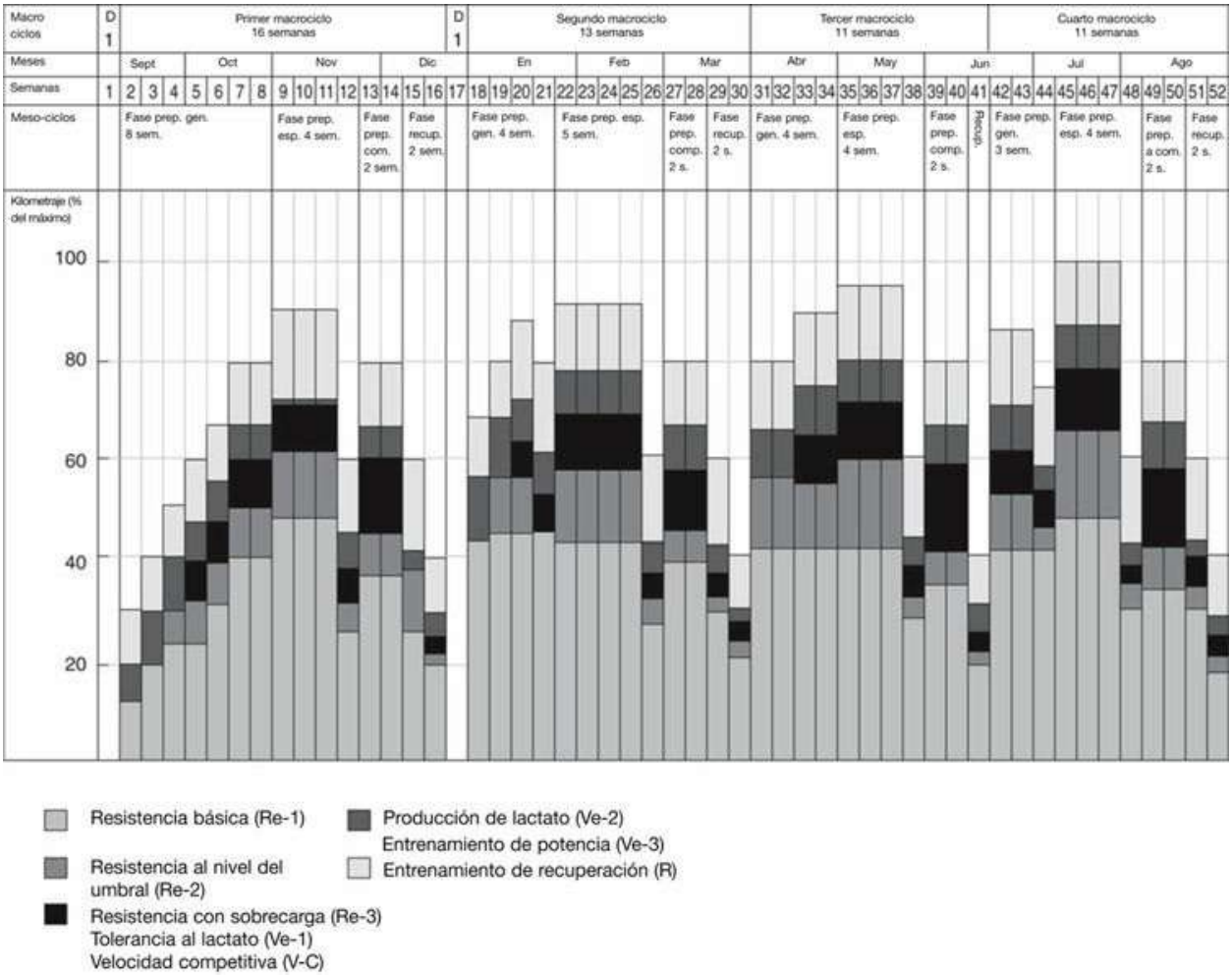


Figura 17.16. Un plan anual de entrenamiento de macrociclos mixtos para mediofondistas y fondistas.

Un plan anual de entrenamiento de macrociclos mixtos para mediofondistas y fondistas

Se ilustran en la figura 17.16 los puntos específicos de un plan de macrociclos mixtos para mediofondistas y fondistas. El plan anual consta de cuatro macrociclos.

Los mesociclos dentro de cada uno de estos macrociclos duraron generalmente 4 semanas o más durante los períodos de preparación general y específica. Esta duración se utilizó para dar tiempo a desarrollar la capacidad aeróbica. También se proporcionaron semanas de recuperación al final de los mesociclos específicos y de preparación competitiva para fomentar la superadaptación.

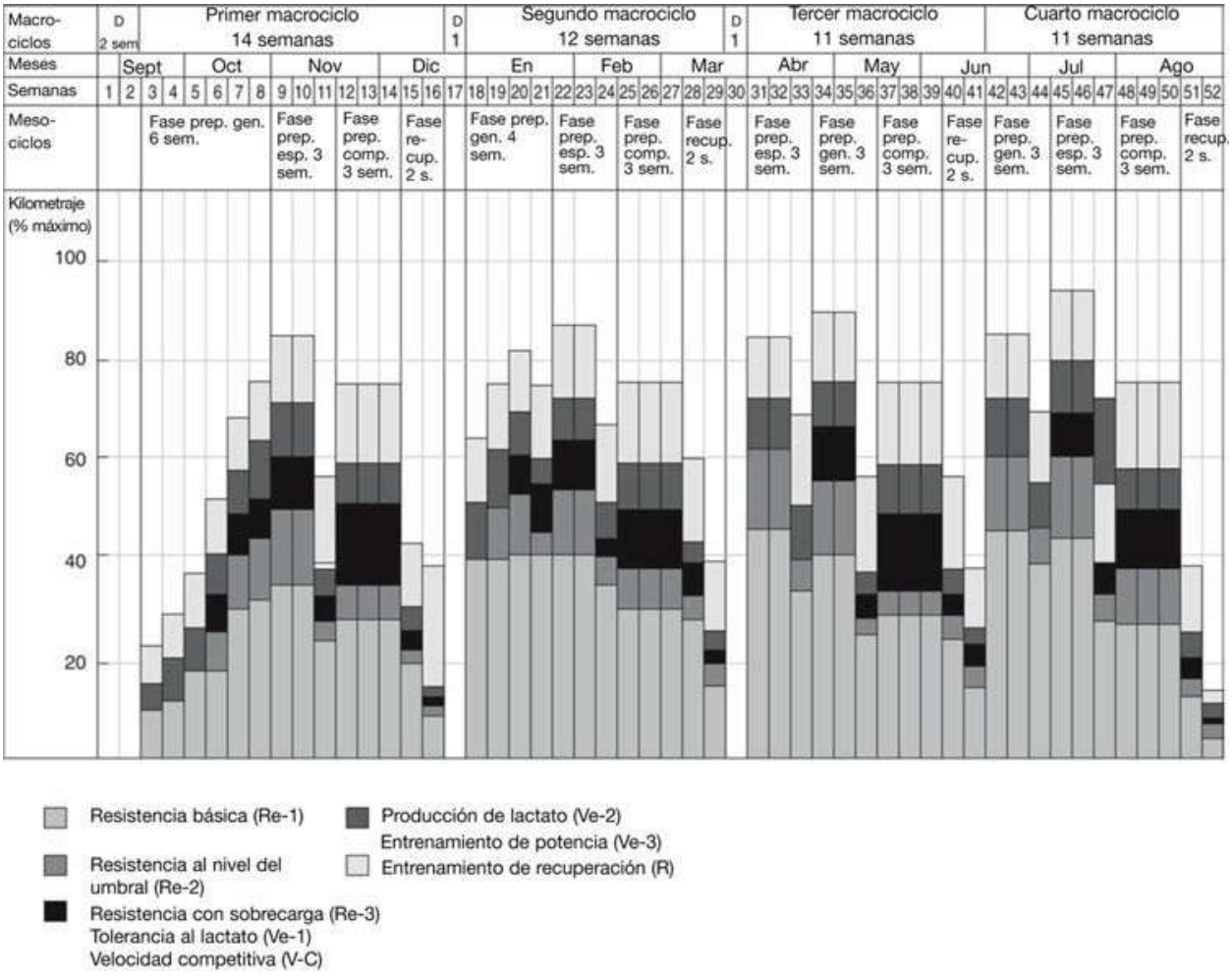


Figura 17.17. Un plan anual de macrociclos mixtos para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200.

Un plan anual de entrenamiento de macrociclos mixtos para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200

Se muestra en la figura 17.17 un plan anual de entrenamiento para velocistas especialistas en las pruebas de velocidad más largas. El plan consta de cuatro

macrociclos. El primero duró 14 semanas, empezando a mediados de septiembre y terminando a finales de diciembre. El segundo macrociclo duró 12 semanas, extendiéndose de enero a abril. El tercer macrociclo duró 11 semanas empezando en abril y terminando a mediados de junio. El último macrociclo, también de 11 semanas, duró de mediados de junio a septiembre.

Un plan anual de entrenamiento con macrociclos mixtos para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100

La plantilla presentada en la figura 17.18 es un ejemplo de un programa anual de entrenamiento que podría utilizarse con los nadadores que compiten en las pruebas de velocidad más cortas. Al igual que el plan de macrociclos mixtos para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200, incluye cuatro macrociclos. La principal diferencia entre los dos es que el de los velocistas de las pruebas de 50 y 100 tiene dentro de cada macrociclo un mesociclo de velocidad que dura 2 semanas. Esta configuración hace mayor hincapié en el desarrollo de la velocidad máxima.

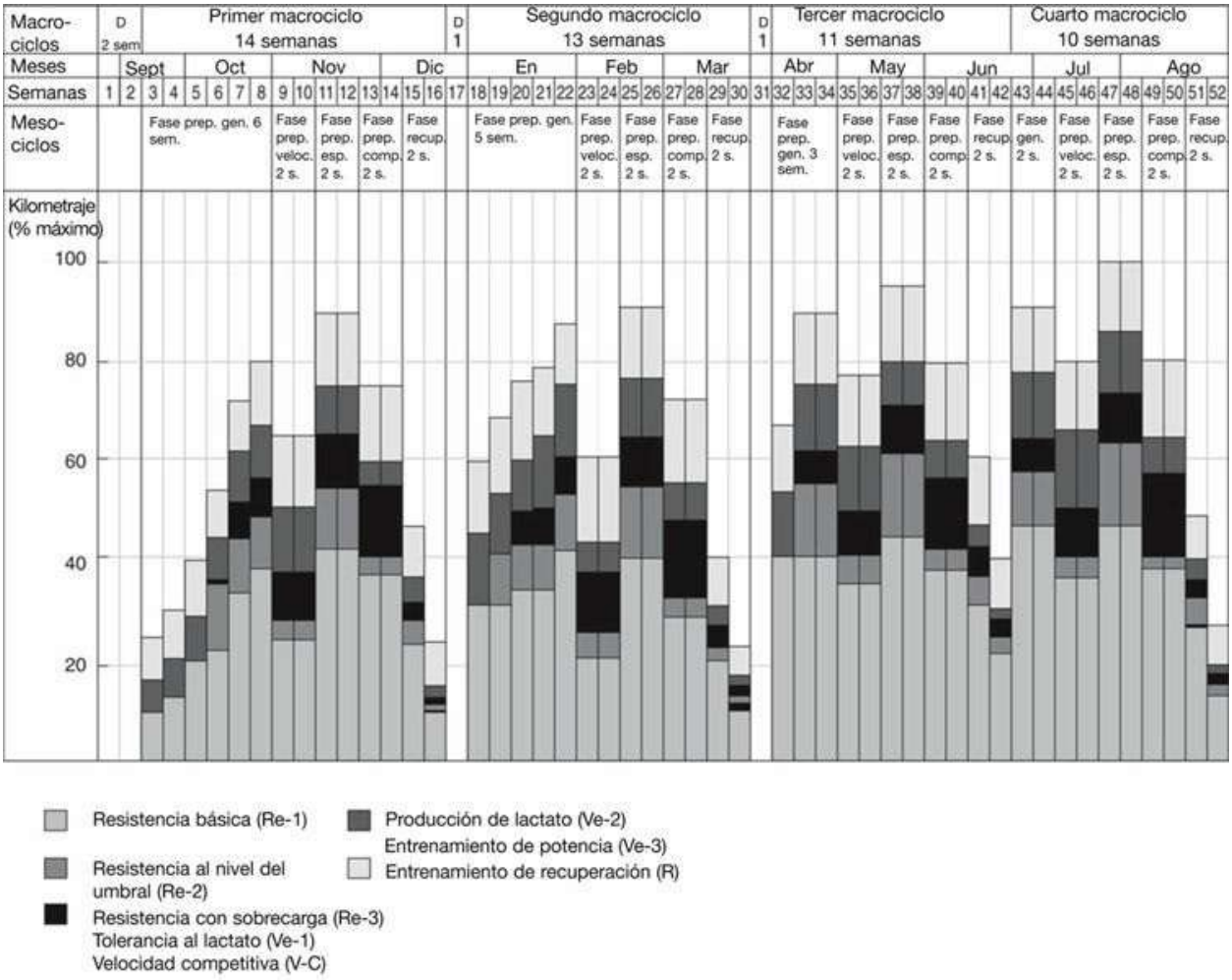


Figura 17.18. Un plan anual de entrenamiento de macrociclos mixtos para velocistas especialistas en pruebas de 50 y 100.

El primer macrociclo duró 14 semanas y se extendió desde mediados de septiembre hasta finales de diciembre. El segundo duró 13 semanas, desde enero hasta abril. El tercer macrociclo duró 11 semanas empezando en abril y terminando a mediados de junio. El macrociclo final abarcó el período entre mediados de junio y septiembre y duró 10 semanas.

La planificación de

temporadas muy cortas

Los entrenadores de los equipos de natación de los institutos estadounidenses y los que entrenan equipos de las ligas veraniegas y de recreación normalmente disponen de temporadas muy cortas y trabajan con nadadores que no compiten durante más de algunos meses al año. A menudo preguntan cómo pueden estructurar una temporada de sólo 8 a 12 semanas para proporcionar algún beneficio a sus nadadores. Con el fin de ofrecer algunas sugerencias para la planificación de las temporadas cortas, utilizaré un ejemplo de una temporada que tiene 12 semanas de duración. El plan ilustrado en la figura 17.19 se diseñó para los nadadores que se especializan en la distancia de 100 y 200 m o yardas.

El primer paso del proceso de planificación, determinar la duración de la temporada, ya ha sido decidido. El segundo paso es determinar la duración de la puesta a punto. Cuando la temporada entera es corta, la puesta a punto puede ser corta, probablemente de 1 ó 2 semanas. El próximo paso es establecer las fases de preparación competitiva y de preparación específica con una duración razonable. Si se escogió un período de puesta a punto de 2 semanas, quedan 10 semanas. Se pueden asignar 3 semanas para la preparación competitiva y 4 semanas para la preparación específica. Quedan 3 semanas para la preparación general, un período adecuado si los nadadores se han entrenado en otro lado antes de incorporarse al equipo. Pero si no han estado entrenándose, los períodos de preparación general y específica necesitarán solaparse. Esto se debe lograr combinando estos dos períodos en una fase de 7 semanas de duración. La razón de combinar estas dos fases es proporcionar más tiempo para que los nadadores dominen las técnicas de la natación competitiva. Tres semanas es sencillamente un tiempo demasiado corto para que los nadadores sin experiencia lo hagan. Por esta razón, los objetivos de la fase de preparación general deben extenderse durante esta fase combinada para que los nadadores puedan invertir más tiempo aprendiendo las brazadas, salidas, virajes y otras técnicas competitivas. En el plan ilustrado en la figura 17.19, las fases de preparación general y específica se solapan.

Planes de temporada personalizados

Los entrenadores deben estar dispuestos a modificar cualquier plan cuando la situación y las necesidades legítimas de ciertos nadadores requieren cambiarlo.

Fase de la temporada	Fase prep. gen. y esp. 7 sem.							Fase prep. comp. 3 sem.			Puesta a p. 2 sem.	
Énfasis	Capacidad aeróbica Resistencia muscular aeróbica y anaeróbica Velocidad Fuerza general Flexibilidad Técnica de brazada Nutrición y aprovechamiento del tiempo							Resistencia muscular aeróbica y anaeróbica Potencia Flexibilidad FB y LB Ritmo y estrategias			Descanso Mantenimiento de velocidad competitiva	
Semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Mesociclos	1°				2°			1°				
Kilometraje (% del máximo)	100 80 60 40 20											

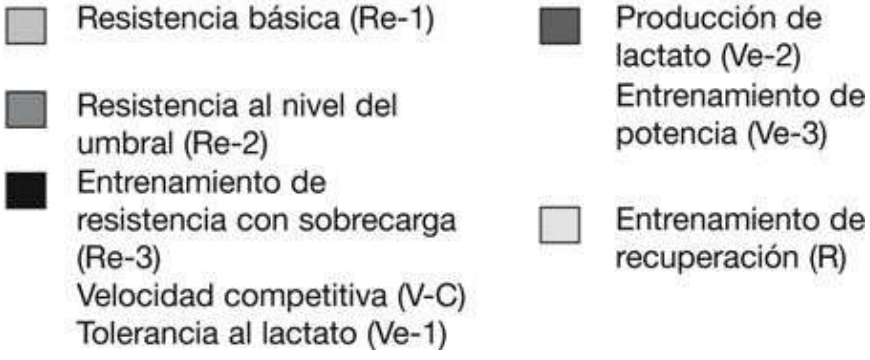


Figura 17.19. Un ejemplo de un plan para una temporada que duró 12 semanas.

Por ejemplo, las diferencias individuales en la manera en que ciertos nadadores responden al entrenamiento a menudo harán necesario cambiar el programa para una cierta fase de la temporada. Las vacaciones familiares, los compromisos académicos y de otra índole, enfermedades y lesiones también pueden hacer que los nadadores estén ausentes en momentos en los que hay una sobrecarga significativa en el entrenamiento. Como resultado habrá que ajustar su plan para compensar por el entrenamiento importante que perdieron.

Las evaluaciones del progreso

Aumentará la motivación de los nadadores si tienen objetivos fijados para cada mesociclo de la temporada y se evalúa su progreso hacia dichos objetivos. La siguiente lista contiene algunas pruebas que pueden utilizarse en cada categoría de evaluación. Se presenta una descripción más completa de muchas de estas pruebas en el capítulo 16.

- *Fuerza.* Levantamientos y ejercicios que simulan la brazada de una repetición máxima en un banco biocinético son excelentes para evaluar los cambios de fuerza. También se puede utilizar el progreso en ejercicios estándar de entrenamiento de fuerza para este propósito.
- *Potencia.* Ejercicios que simulan la brazada realizados en un banco biocinético, nadar contra una resistencia en el agua y el tiempo tardado en nadar 10 a 25 m o yardas a velocidad pueden utilizarse para este propósito. Se deben realizar las repeticiones de velocidad de 10 a 12,5 m o yardas entre las banderas para dar a los nadadores la oportunidad

de acelerar hasta su velocidad máxima antes de cronometrarles.

- *Composición corporal y flexibilidad.* Se deben utilizar las mediciones de composición corporal para evaluar los cambios del tejido muscular. No deben utilizarse para medir el porcentaje de grasa corporal.
- *Capacidad aeróbica.* Se pueden utilizar los análisis de sangre o cualquiera de los otros métodos incruentos descritos en el capítulo 16 para evaluar la capacidad aeróbica. También se puede utilizar el tiempo medio de series de repeticiones normalizadas. El capítulo 16 proporciona ejemplos de éstas.
- *Resistencia muscular aeróbica y anaeróbica.* Los desplazamientos de la curva lactato-velocidad que se producen por encima de los 5 mmol/l son excelentes para evaluar los cambios de resistencia a este nivel de intensidad. Los tiempos medios en series de repeticiones normalizadas que reflejan este tipo de resistencia también son excelentes para este propósito. Se describieron algunos ejemplos de este tipo de series en el capítulo 16.
- *Potencia anaeróbica.* Las mediciones de los valores pico de lactato sanguíneo son excelentes para evaluar los cambios de la tasa de metabolismo anaeróbico.
- *Velocidad.* Las repeticiones de 25 a 50 m o yardas representan el medio más directo de evaluar la velocidad máxima.
- *Mecánica de brazada.* Filmaciones repetidas de vídeo son una buena manera de evaluar los cambios de la brazada. Otro buen método es realizar un gráfico con los cambios de la longitud de brazada a la velocidad competitiva. El capítulo 20 describirá los procedimientos para medir la frecuencia y la longitud de brazada.
- *Salidas y virajes.* Se pueden evaluar las técnicas de salida y viraje de los nadadores mediante las filmaciones de vídeo. Su velocidad correspondiente a las salidas y virajes puede evaluarse cronometrando varios aspectos de estas técnicas, tal como el tiempo tardado desde la señal de salida hasta una distancia de 5 m.
- *Elección del ritmo apropiado.* Los nadadores pueden completar series rotas o repeticiones de distancias menores que las de la competición a

varias velocidades para comprobar su intuición en este aspecto.

No es necesario evaluar todos estos componentes después de cada mesociclo. Sólo se deben medir los que se están trabajando o los que se consideran extremadamente importantes en un momento particular de la temporada.

Los descansos del entrenamiento

Los descansos del entrenamiento proporcionan tiempo para que los nadadores reposen y se recuperen de las exigencias de la temporada anterior. Estos descansos son a menudo más importantes para el bienestar emocional de los nadadores que para su estado físico. Generalmente, los nadadores se sienten agotados emocionalmente después de las competiciones importantes de la temporada, y desean tener algún tiempo libre de entrenamientos para descansar, dedicarse a otros intereses y "cargar las pilas" para la próxima temporada. Un descanso de 1 ó 2 semanas es suficientemente largo para recuperarse física y emocionalmente, pero no tan largo para que los nadadores pierdan una cantidad significativa de su acondicionamiento.

Los problemas surgen cuando los nadadores toman descansos del entrenamiento que duran de 4 semanas a 9 meses. Descansos tan largos no son infrecuentes en los nadadores recreativos del verano y en algunos nadadores de instituto o universitarios. Los nadadores que seriamente quieren rendir a su nivel máximo no pueden permitirse descansos tan largos del entrenamiento porque todas las adaptaciones de entrenamiento que ganaron durante la temporada anterior se disiparán antes del comienzo de la próxima. Como resultado, tendrán que pasar la mayor parte de su tiempo recuperando estas adaptaciones en lugar de aumentar sus distintas capacidades fisiológicas.

Los nadadores deben comprender el marco temporal implicado en la pérdida de algunos mecanismos fisiológicos para que puedan evitar perder lo que han ganado. Varios investigadores han medido la duración del período en el que los deportistas pierden y readquieren varios mecanismos fisiológicos. Los resultados de algunos de estos estudios se presentan en la tabla 17.1.

Los nadadores competidores nunca deben dejar de nadar totalmente durante más de 1 ó 2 semanas consecutivas si quieren mantener seriamente un alto nivel de acondicionamiento físico de temporada en temporada. Pueden reducir el volumen, la intensidad y la frecuencia del entrenamiento durante un tiempo corto, pero no deben dejar de entrenarse del todo. Los nadadores que interrumpen su entrenamiento durante un largo tiempo por voluntad propia o por las circunstancias deben hacer lo siguiente para reducir las pérdidas de entrenamiento durante estos períodos. Deben nadar por lo menos 3 ó 4 días a la semana, y con una duración e intensidad adecuadas. Los estudios realizados por Houmard y colaboradores (1989) y Hickson y colaboradores (1982) indican que el kilometraje diario de entrenamiento debe mantenerse por encima del 50% de los niveles normales de entrenamiento. La intensidad del entrenamiento debe mantenerse dentro del 70% de los niveles normales para la temporada (Hickson *et al.,* 1985). Sería conveniente que los nadadores nadasen en sus estilos principales durante estos períodos de entrenamiento reducido para ayudar a prevenir las pérdidas de resistencia en las fibras musculares que son las más importantes para su rendimiento. Deben realizar también un entrenamiento de fuerza y de flexibilidad en seco durante este período. El entrenamiento de fuerza prevendrá la pérdida de tejido muscular y los ejercicios de estiramiento prevendrán disminuciones en el rango y la facilidad de movimiento.

Tabla 17.1. Los efectos del desentrenamiento sobre varias medidas fisiológicas de capacidad aeróbica, resistencia aeróbica y anaeróbica, potencia anaeróbica y potencia muscular

MEDIDA	% PERDIDO CON EL DESENTRENAMIENTO	TIEMPO PARA LA PÉRDIDA EN SEMANAS	FUENTES
Capacidad aeróbica (VO_2 máx)	7%	2	Coyle, Martin y Holloszy, 1983
	16%	12	Drinkwater y Horvath, 1972
Umbral anaeróbico	17%	12	Coyle *et al.*, 1985
	8-10%	4	Costill *et al.*, 1985
Capacidad amortiguadora	25%	3	Costill *et al.*, 1985
Glucógeno muscular	39%	4	Costill *et al.*, 1985
Enzimas aeróbicas	10-50%	2-6	Wilmore y Costill, 1988
	40%	6	Coyle *et al.*, 1985
Glucógeno muscular	40%	4	Costill *et al.*, 1985
Volumen sistólico	12%	4	Coyle, Martin y Holloszy, 1983
Capilarización	14-25%	1-7	Klausen, Andersen y Pelle, 1981
Volumen sanguíneo	9%	4	Coyle, Hammert y Coggan, 1986
Resistencia aeróbica/ anaeróbica	50%	3	Troup, 1989
Enzimas anaeróbicas	0	4	Costill *et al.*, 1985
	0	12	Coyle *et al.*, 1985
Fuerza y potencia	7-13%	1-4	Costill *et al.*, 1985
Flexibilidad	100%	4	Maglischo, 1990
Rendimiento	2-3 s por 200 m	1	Troup, 1989
	6-8 s por 200 m	3	Troup, 1989

Se deben calcular las necesidades calóricas del entrenamiento reducido, y los nadadores deben recibir algún asesoramiento nutricional para ayudarles a disminuir su ingesta calórica a los nuevos niveles de gasto durante los descansos del entrenamiento regular. Comprobaciones periódicas de la composición corporal ayudarán a estimar el grado de pérdida muscular y la ganancia de tejido adiposo.

A pesar de lo que acabo de decir, algunos nadadores escogerán no realizar ningún entrenamiento de natación durante los descansos. Dichos nadadores pueden realizar otras actividades vigorosas de resistencia y potencia durante este período, pero deben comprender que el grado de pérdida de acondicionamiento implicada en realizar actividades ajenas a la natación dependerá de la similitud en la utilización de los músculos comparada con la natación competitiva. Glina y colaboradores (1984) demostraron lo rápido que disminuyen los efectos de entrenamiento cuando las actividades realizadas durante un descanso no implican los mismos músculos que se utilizan durante el entrenamiento regular. En la primera parte de su estudio, entrenaron las piernas de un grupo de sujetos con ejercicios en un cicloergómetro. Después, asignaron a los sujetos a un grupo de ejercicio de

sólo piernas o sólo brazos durante 4 semanas de entrenamiento continuado. El grupo de ejercicio de sólo piernas siguió en el cicloergómetro mientras que el grupo de sólo brazos se entrenaron con un ergómetro de brazos. Como se podría esperar, el grupo que sólo entrenó las piernas siguió mejorando la capacidad aeróbica de los músculos de las piernas. El grupo que entrenó sólo los brazos perdió casi el 3% de la capacidad aeróbica de las piernas durante las pruebas en el cicloergómetro. Estos resultados sugieren que ocurriría probablemente lo contrario con los nadadores que utilizaron la carrera o el ciclismo u otra actividad dominada por las piernas como su medio de ejercicio durante los descansos del entrenamiento de natación. Dichos nadadores perderían resistencia en los músculos de los brazos, hombros y tronco.

El mejor sustituto para el entrenamiento de los nadadores es el waterpolo, una actividad que mantendrá muchas adaptaciones anaeróbicas y aeróbicas. Se recomienda a los nadadores que no desean entrenarse en el agua durante los descansos que participen en programas de ejercicio mixto que incluyen actividades para la resistencia de las piernas como correr, ciclismo o esquiar, y actividades para la resistencia de los brazos tales como remar o trepar por cuerdas. Además, deben participar en actividades que requieren potencia y capacidad anaeróbica. Deportes como baloncesto, tenis, voleibol, balonmano y *raquetball* son excelentes para estos fines, al igual que el entrenamiento de circuitos. Deben dedicar por lo menos 3 días a la semana a realizar actividades que estén orientadas a la resistencia y una cantidad igual de tiempo realizando actividades que impliquen potencia y velocidad. Como se mencionó anteriormente, estos nadadores también deben continuar con el entrenamiento tanto con pesas como de flexibilidad.

La planificación semanal

Los macrociclos (las fases de la temporada) están compuestos de mesociclos. Cada mesociclo, a su vez, está compuesto de varios microciclos, que son los

planes semanales de entrenamiento. Una vez establecidos los macrociclos y mesociclos del plan para una temporada, el próximo paso es planificar los programas de entrenamiento semanal y diario.

La planificación semanal implica dos consideraciones principales. La primera es incluir todos los tipos necesarios de entrenamiento con su volumen apropiado en la semana de entrenamiento. El segundo es distribuir estos tipos de entrenamiento durante la semana de la forma que sea más beneficiosa para el proceso de entrenamiento. Los objetivos del macrociclo y del mesociclo en vigor durante una semana particular de entrenamiento determinarán el volumen semanal de cada tipo de entrenamiento. La programación de varios tipos de entrenamiento debe basarse en gran parte en el tiempo necesario para reponer el glucógeno muscular y reparar los daños en los tejidos.

La importancia de la reposición energética y la reparación de los tejidos

La tasa de utilización energética y el tiempo requerido para reponer el glucógeno, además del marco temporal para la reparación de los tejidos, son factores que afectan la capacidad de los nadadores tanto para rendir como para adaptarse a las cargas de trabajo. Quiero hablar del papel de la utilización y reposición energéticas primero. La fuente energética más importante que hay que considerar es el glucógeno muscular.

La utilización y la reposición del glucógeno muscular

El glucógeno es una fuente energética importante para el entrenamiento porque está fácilmente disponible en los músculos y porque puede

metabolizarse para proporcionar energía mediante los procesos tanto anaeróbico como aeróbico. Varios estudios han demostrado que la capacidad de trabajo de los deportistas aumenta cuando tienen una provisión adecuada de glucógeno en sus músculos y que disminuye cuando el glucógeno muscular está completa o parcialmente agotado (Bergstrom *et al.,* 1967; Costill *et al.*, 1971; Kirwan *et al.,* 1988). Esto ocurre porque, como se explicó en un capítulo anterior, los nadadores deben depender de las grasas y las proteínas para obtener energía cuando sus depósitos de glucógeno están bajos. El problema de utilizar las grasas para estos propósitos es que la energía sólo puede liberarse aeróbicamente, a una tasa que es demasiado lenta para sostener la natación veloz. Ocurre el mismo problema cuando se utilizan las proteínas para obtener energía. Sólo se puede liberar la energía lentamente de las proteínas a causa de los pasos adicionales requeridos para convertirlas en sustancias que pueden ser metabolizadas. Surge un problema adicional si se metaboliza demasiada proteína para obtener energía. Si esto ocurre, los nadadores perderán algunas de las estructuras proteicas de sus músculos que les proporcionan fuerza y resistencia. Por consiguiente, para poder realizar la planificación semanal, es extremadamente importante tener en cuenta las siguientes dos consideraciones:

1. Hasta qué punto el glucógeno será agotado en los músculos como consecuencia de ciertos tipos de entrenamiento.
2. El tiempo necesario para reponer el glucógeno en dichos músculos.

Armados con esta información, los entrenadores pueden planificar los ciclos semanales de entrenamiento para asegurar que los nadadores tengan un alto nivel de glucógeno muscular cuando lo necesitan para las series principales de entrenamiento intenso aeróbico y anaeróbico. La información presentada en la tabla 17.2 muestra los resultados de varios estudios en los que se midió la tasa de agotamiento del glucógeno muscular durante algunos tipos comunes de entrenamiento aeróbico y anaeróbico.

Estos datos muestran claramente que los músculos pueden perder entre el 50% y el 85% de su glucógeno después de 30 a 90 min de ejercicio intenso

de resistencia. También pueden perder hasta un 40% de su glucógeno después de sólo 6 a 30 min de entrenamiento anaeróbico. Estos datos también sugieren que los nadadores generalmente perderán del 70% al 85% de su glucógeno muscular durante una sesión típica de entrenamiento de 2 horas en la que realizan de 6.000 a 8.000 m a un rango de velocidades entre lenta y rápida.

¿Qué pasa con la tasa de reposición de glucógeno una vez que se ha perdido de los músculos durante el entrenamiento? El gráfico presentado en la figura 17.20 proporciona un ejemplo del marco temporal para la reposición del glucógeno muscular después del entrenamiento. Se tomaron los datos de un estudio de Costill y colaboradores (1988).

Se utilizaron biopsias musculares para medir la cantidad de glucógeno muscular en los deltoides de nadadores después de unos pocos días de descanso. El valor medio para los nadadores fue 160 mmol por kilogramo de tejido muscular húmedo, que es un nivel muy alto de almacenamiento de glucógeno. Este valor indica que estos nadadores estaban bien entrenados. Luego se les pidió que nadasen una serie de 40 x 100 yardas libres con 15 s de descanso entre las repeticiones. Se les pidió que nadasen dichas repeticiones a la mayor velocidad media para la serie entera. También se tomaron biopsias musculares después de que los nadadores terminasen la serie. Los resultados presentados en la figura 17.20 muestran que los nadadores perdieron como promedio más de la mitad de sus depósitos de glucógeno cuando nadaron la serie. Se tomaron otra vez biopsias musculares después de que los nadadores descansasen durante 24 horas para determinar la cantidad de glucógeno muscular que había sido repuesta. Como muestra la figura, los nadadores sólo pudieron reponer aproximadamente la mitad de la cantidad de glucógeno perdido de sus músculos después del período de 24 horas.

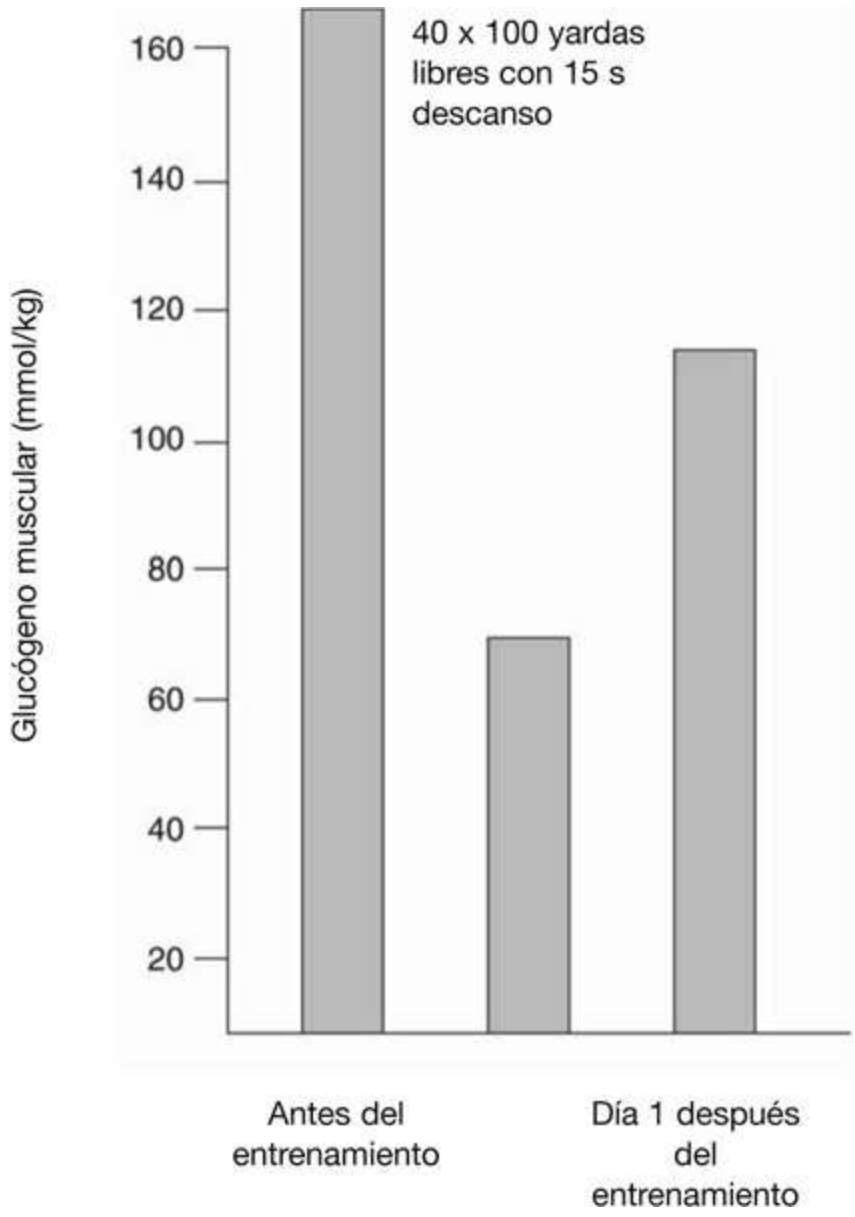


Figura 17.20. La utilización y la reposición de glucógeno en el deltoides de nadadores.

Adaptada de Costill *et al.,* 1988.

Tabla 17.2. El agotamiento del glucógeno muscular durante ejercicios de duración, tipo e intensidad diferentes

TIPO DE EJERCICIO	% DEL GLUCÓGENO MUSCULAR AGOTADO	FUENTES
Ejercicio anaeróbico		
1. 1 x 30 s esfuerzo máximo en cicloergómetro	25%	Jacobs *et al.*, 1983
2. 1 x 30 s carrera máxima	25%	Cheetham *et al.*, 1986
3. 6 x 1 min esfuerzos máximos en cicloergómetro	40%*	Gollnick *et al.*, 1973
4. 2.200 m reps. de natación de 25 y 100 m de intensidad alta	35%**	Houston, 1978
Ejercicio aeróbico		
1. 6 x 500 reps. de natación con 1 min descanso entre ellas	54%	Costill *et al.*, 1988
2. 30 x 100 reps. de natación con 20 s descanso entre ellas	69%	Costill *et al.*, 1988
3. 12 x 500 reps. de natación con 1 min descanso entre ellas	62%	Costill *et al.*, 1988
4. 60 x 100 reps. de natación con 20 s descanso entre ellas	85%	Costill *et al.*, 1988
5. 9.000 m de reps. de carrera de 50 a 400 m con descansos cortos	62%	Houston, 1978
6. Una carrera de 30 km	60% ***	Costill y cols., 1973
7. 2 horas de ciclismo	75%	Boven, Kaizer y Kuipers, 1985

* Aproximadamente el 50% de las fibras musculares ROG y RG tenían el glucógeno completamente agotado y el 20% el glucógeno parcialmente agotado. Sólo el 25% de las fibras musculares CL tenían el glucógeno agotado y el 5% parcialmente agotado.
** Aproximadamente el 25% de las fibras musculares ROG y RG tenían el glucógeno completamente agotado y el 70% parcialmente agotado. El 10% de las fibras CL tenían el glucógeno completamente agotado y el 85% parcialmente agotado.
*** Aproximadamente el 70% de las fibras musculares CL tenían el glucógeno completamente agotado y el 25% parcialmente agotado. El 40% de las fibras CR tenían el glucógeno parcialmente agotado.

A causa de resultados como los que se muestran en la figura 17.20, la mayoría de los expertos creen que se requieren entre 24 y 48 horas para reponer el glucógeno muscular que se pierde normalmente durante sólo una sesión de entrenamiento de 2 horas. El problema de la reposición es exacerbado por el hecho de que la mayoría de los nadadores júnior y absolutos de nivel nacional se entrenan dos veces al día. Por lo tanto, pocas veces tienen más de 12 horas entre las sesiones de entrenamiento para reponer el glucógeno. Los diagramas de barras presentados en la figura 17.21 ilustran el patrón probable de utilización y reposición de glucógeno muscular que los nadadores revelan a lo largo de 2 días de entrenamiento.

Se supone que los nadadores representados en el diagrama se entrenan dos veces al día, por la mañana y por la tarde. El diagrama empieza con la sesión de entrenamiento de lunes por la mañana. Normalmente, los niveles de glucógeno muscular de los nadadores estarán muy altos en este momento porque han tenido un día y medio de descanso. Las sesiones de la mañana no suelen ser intensas, así que he mostrado sólo una pérdida de glucógeno

muscular del 20% para finales de la sesión de 2 horas. Los nadadores han repuesto aproximadamente la mitad de la cantidad para cuando empieza la sesión de entrenamiento de la tarde aproximadamente 6 horas más tarde el lunes. Los datos presentados en la figura 17.21 sugieren una reducción del 70% y 80% en el glucógeno muscular después de una sesión típica de 2 h de entrenamiento. Por consiguiente, en la figura 17.21 he mostrado una reducción del 70% del glucógeno muscular después de la sesión de la tarde del lunes. Los datos de la tabla 17.2 sugieren una tasa de reposición aproximadamente del 50% al 60% en 24 horas, del cual alrededor del 35% será repuesto durante las primeras 12 horas. Por lo tanto, el diagrama muestra a los nadadores con aproximadamente el 60% de su glucógeno muscular repuesto antes de entrenarse el martes por la mañana. De nuevo, suponiendo una sesión de entrenamiento de intensidad baja, los nadadores pierden sólo el 20% de esta cantidad, del cual el 10% es repuesto para el comienzo de la sesión de entrenamiento de la tarde del martes. Esto significa que los nadadores empiezan la sesión de entrenamiento de la tarde del martes con sólo la mitad del glucógeno muscular que tenían el lunes. Es probable que esta cantidad se agote antes de terminar la sesión si ésta es tan intensa como la de la tarde del lunes. La capacidad del nadador para entrenarse a velocidad alta probablemente necesitará limitarse la tarde del martes y durante por lo menos un día.

El patrón ilustrado en la figura 17.21 es sólo una estimación de las tasas de utilización y reposición durante sesiones típicas de entrenamiento. Explica por qué los nadadores no pueden realizar grandes volúmenes de natación intensa día tras día sin agotar sus depósitos de glucógeno muscular. Realmente muchos factores, aparte de la intensidad de entrenamiento, determinan las tasas de agotamiento y reposición de glucógeno muscular entre los nadadores. Uno de éstos es la dieta. Los nadadores que consumen una dieta alta en hidratos de carbono podrán reponer el glucógeno muscular más rápidamente que los que siguen una dieta alta en grasas o alta en proteínas. Los nadadores repondrán su glucógeno muscular más rápidamente si su dieta contiene al menos 500 gr de hidratos de carbono al día. Puede que sean capaces de reponer todo el glucógeno muscular utilizado durante una sesión de entrenamiento a lo largo de 24 horas. En cambio, la dieta típica de los nadadores generalmente contiene demasiadas grasas y demasiado pocos hidratos de carbono. Por consiguiente, la mayoría de los nadadores necesitan

de 36 a 48 horas para reponer todo el glucógeno que utilizaron en una sesión de entrenamiento.

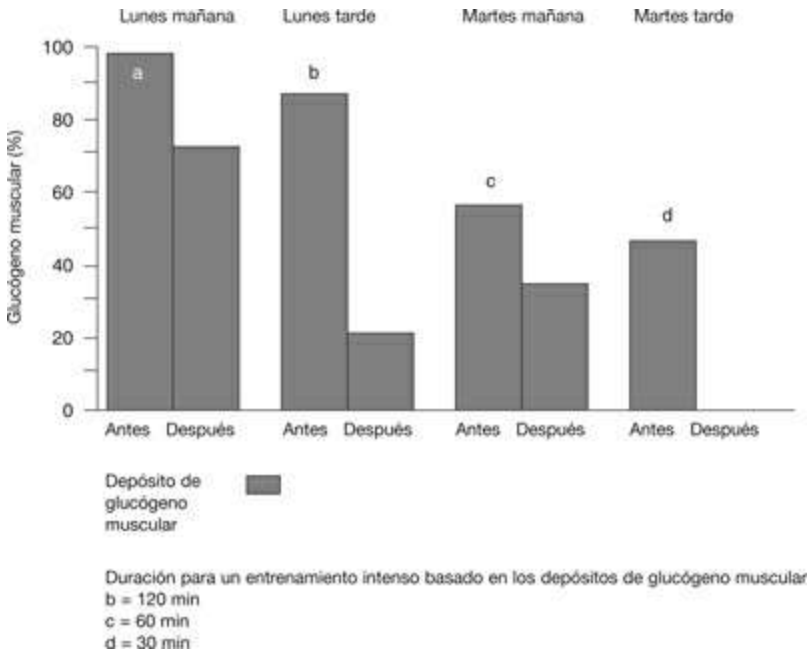


Figura 17.21. Un patrón estimado de la utilización y reposición de glucógeno muscular durante 2 días de entrenamiento.

Otro factor que influye en las tasas de utilización y reposición de glucógeno es el porcentaje de fibras musculares de contracción rápida y de contracción lenta que existe en los músculos utilizados para nadar. Los fondistas utilizarán generalmente menos glucógeno muscular durante el entrenamiento porque en general tienen más fibras musculares de contracción lenta, y lo repondrán más rápidamente durante el período de recuperación. En cambio los velocistas perderán más glucógeno muscular durante el entrenamiento porque generalmente tienen más fibras musculares de contracción rápida y lo repondrán a un ritmo más lento.

Una vez que se ha agotado en su mayor parte el glucógeno muscular, el entrenamiento no será efectivo para mejorar el rendimiento porque los nadadores necesariamente desacelerarán hasta una velocidad de entrenamiento que puede ser proporcionada principalmente por el

metabolismo de las grasas y las proteínas. El entrenamiento a estas velocidades tan lentas no sólo es menos efectivo para mejorar la capacidad aeróbica sino también en general ineficaz para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica y absolutamente ineficaz para mejorar la potencia anaeróbica. Por esta razón, los deportistas deben encontrar la manera de reponer el glucógeno muscular mientras se entrenan. Pueden lograrlo aplicando ciclos de los diferentes tipos e intensidades de entrenamiento durante la semana. Intercalan sesiones de entrenamiento muy intenso que utilizan el glucógeno muscular a una tasa rápida con períodos de menor intensidad que utilizan sólo pequeñas cantidades de glucógeno muscular para obtener energía.

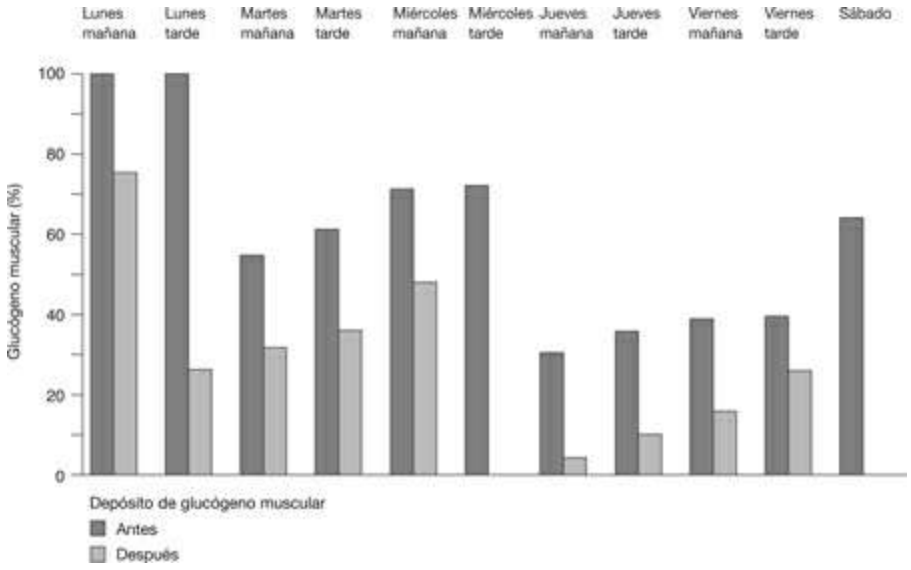


Figura 17.22. La utilización y reposición de glucógeno muscular con la intensidad del entrenamiento aplicada por ciclos a lo largo de la semana.

Debo aclarar que los nadadores no pueden permitirse descansar suficientemente después de una sesión de entrenamiento para reponer completamente su glucógeno muscular. Lograrían entrenarse poco si lo hicieran. Lo que deben hacer en lugar de esto es alternar los varios tipos y estilos de entrenamiento a lo largo de la semana para permitir la restauración parcial del glucógeno muscular para los momentos en los que lo necesitarán para entrenarse.

Muchos entrenadores, por experiencia, han optado por un sistema en el que sus nadadores realizan la mayoría de las sesiones de entrenamiento matutinas a una intensidad baja para reducir el agotamiento del glucógeno. La disparidad entre las tasas de utilización y reposición de glucógeno es también la razón principal por la que muchos expertos del entrenamiento sugieren que cada semana de entrenamiento contenga sólo dos o tres sesiones en las que el volumen y la intensidad del entrenamiento sean muy altos (Bompa, 1999). Este tipo de programa permite de 36 a 48 horas de entrenamiento de baja intensidad después de cada sesión de alta intensidad para la reposición del glucógeno muscular. El gráfico ilustrado en la figura 17.22 es un ejemplo del patrón probable de utilización y reposición de glucógeno muscular a lo largo de una semana cuando se incluye un período de recuperación de 48 horas después de cada sesión principal de entrenamiento.

El diagrama de barras ilustrado en esta figura muestra que los nadadores probablemente no pueden programar más de tres sesiones principales de entrenamiento por semana y tener todavía tiempo para una reposición adecuada del glucógeno muscular. La figura 17.22 representa un programa en el que estas sesiones principales de entrenamiento, llamadas sesiones *pico* de entrenamiento, tuvieron lugar el lunes por la tarde, el miércoles por la tarde y el sábado por la mañana. Los objetivos del mesociclo y el macrociclo actuales deben destacarse en esas sesiones pico de entrenamiento. Por ejemplo, si el objetivo es mejorar la capacidad aeróbica, las sesiones pico de entrenamiento deben incluir series principales de entrenamiento de resistencia básica (Re-1), al nivel del umbral (Re-2) o de sobrecarga (Re-3). Cuando el objetivo es mejorar la potencia anaeróbica, las sesiones pico de entrenamiento deben incluir series principales de producción de lactato. Cuando la meta es mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, las sesiones pico de entrenamiento deben incluir un volumen grande de entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3), a la velocidad competitiva (VC) o de tolerancia al lactato (Ve-1) según, por supuesto, las pruebas competitivas para las que se está entrenando el nadador.

Un objetivo de las restantes sesiones de entrenamiento durante la semana es reponer el glucógeno muscular perdido durante las sesiones más intensas. Estos días de recuperación deben estar dedicados mayormente al entrenamiento de resistencia básica (Re-1) y de recuperación (R). El volumen

de cada uno dependerá del grado deseado de reposición de glucógeno. Evidentemente, durante la natación de recuperación y de la resistencia básica de baja intensidad, las grasas proporcionarán más energía, y el glucógeno muscular, menos. Por consiguiente, los nadadores repondrán más glucógeno de lo que utilizan, lo que resultará en una ganancia neta de esta sustancia al final del día. Dicha ganancia debe ser especialmente pronunciada en las fibras musculares de contracción rápida, que no se utilizarán tanto los días de recuperación.

Lo que acabo de decir no significa que las sesiones de recuperación deban constar solamente de entrenamiento de recuperación. Incluso los días señalados para la recuperación, el entrenamiento puede realizarse de muchas formas que beneficiarán el rendimiento. Una forma de mejorar la reposición de glucógeno mientras que mejora la capacidad aeróbica es nadar una parte del kilometraje diario en otros estilos durante los días de entrenamiento menos intensos. Así se permitirá una mayor tasa de reposición de glucógeno en muchas de las fibras que los nadadores utilizan especialmente en su estilo principal pero menos en los otros estilos. Otro método es hacer mayor hincapié en el trabajo de las piernas, lo que aumentará la reposición del glucógeno muscular en los brazos y el tronco mientras siguen mejorando los mecanismos del suministro de oxígeno. La inclusión de más ejercicios de sólo piernas en las sesiones de entrenamiento menos intensas seguirá estimulando los mecanismos del suministro de oxígeno de los sistemas circulatorio y respiratorio mientras que al mismo tiempo permite un mayor porcentaje de reposición de glucógeno en los músculos de los brazos, hombros y tronco porque serán menos activos.

Los nadadores también pueden realizar períodos cortos de entrenamiento al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3), incluso en su estilo o estilos principales, durante algunas de las sesiones menos intensas de cada semana. Aunque estos tipos de entrenamiento requieren una mayor tasa de metabolismo anaeróbico, la cantidad total de glucógeno utilizado puede mantenerse en un nivel mínimo limitando el volumen de entrenamiento. Realizar un volumen relativamente pequeño de trabajo no interferirá en la reposición de glucógeno si al final del día la ganancia neta de dicha sustancia ha estado muy por encima de su utilización. Se pueden programar series de entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1) y a la velocidad competitiva (V-

C) en los días menos intensos si son cortas (de 100 a 300 m o yardas). La tasa de utilización del glucógeno es alta durante estos tipos de entrenamiento, pero la utilización será modesta si se acorta la longitud de las mismas. También se puede incluir el entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) y de potencia (Ve-3). Estos tipos de entrenamiento también implican una alta tasa de utilización de glucógeno, pero las distancias de las repeticiones son normalmente tan cortas que la cantidad total de glucógeno perdido de los músculos durante un entrenamiento de este tipo será relativamente pequeña en comparación con la cantidad que se repondrá a lo largo del día.

También se debe considerar el tipo de fibra muscular que se utiliza en los días intensos y menos intensos cuando se planifica el entrenamiento semanal. Por ejemplo, las sesiones menos intensas son un momento ideal para que los mediofondistas y fondistas hagan un poco de entrenamiento de velocidad máxima. Ellos dependen más de sus fibras musculares de contracción lenta durante las sesiones intensas, de manera que pueden permitirse agotar las fibras de contracción rápida en mayor grado los días menos intensos.

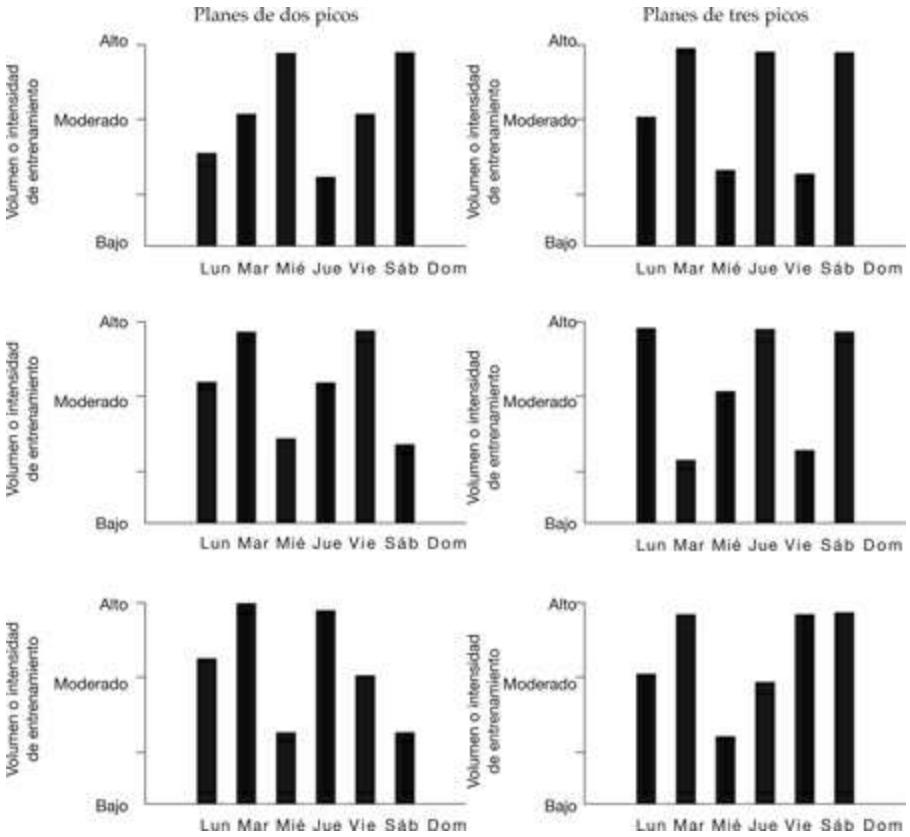


Figura 17.23. Ejemplos de la planificación con microciclos de dos y tres picos.

La situación es la contraria para los velocistas cuando están realizando un gran volumen de entrenamiento a la velocidad competitiva y de velocidad máxima durante las sesiones pico. Necesitarán descansar sus fibras musculares de contracción rápida más durante las sesiones menos intensas. Por lo tanto, deben nadar a velocidad máxima mucho menos estos días y dedicarse a la recuperación y al entrenamiento de resistencia básica de baja intensidad.

En la figura 17.23 se ilustran diversos ejemplos de planes semanales de entrenamiento de dos y de tres picos.

Las semanas de entrenamiento de dos picos, como indica su nombre, tienen dos días intensos de entrenamiento cada semana. Los días intensos de entrenamiento son normalmente seguidos de un día en el que el volumen o la intensidad está en su nivel mínimo. Estos días incluyen mucho entrenamiento de recuperación (R) y de resistencia básica (Re-1) con quizá períodos cortos de velocidad máxima y de entrenamiento de resistencia más intensa. Los restantes 2 días se programan como sesiones de entrenamiento intermedio en los que el volumen y la intensidad son moderados. Se puede programar más trabajo de velocidad en estos días. También se puede programar un volumen un poco mayor de entrenamiento de resistencia intenso, particularmente en los estilos que no sean los principales del nadador.

También es apropiado planificar sesiones de recuperación de bajo volumen y baja intensidad después de cada sesión intensa en las semanas con tres picos. Este plan sólo deja un día de la semana para los entrenamientos de volumen o intensidad moderados.

Los planes de dos y tres picos en los que los días intensos de entrenamiento se programan para dos de los días entre lunes y jueves son ideales para las semanas en las que se celebran las competiciones el fin de semana porque se puede programar una sesión de entrenamiento de menor intensidad o volumen el viernes.

La reparación de los tejidos

El entrenamiento, especialmente el entrenamiento intenso, causa la metabolización o la degradación de algunos componentes estructurales. Durante la recuperación, se transportan nutrientes en la sangre a estos tejidos y se utilizan para la reparación, la sustitución o incluso la mejora durante los períodos de recuperación. La mejora de los tejidos, por supuesto, es una de las principales formas de producirse la adaptación y el perfeccionamiento del rendimiento. Nuestros conocimientos acerca del marco temporal en el que se realiza la reparación y mejora de los tejidos son, desafortunadamente, muy limitados. No obstante, se debe considerar este proceso si la condición física de los nadadores va a mejorar en lugar de deteriorarse a causa del entrenamiento.

Varios aspectos de este proceso son cruciales para la planificación del entrenamiento. ¿Cuál es el marco temporal probable para la reparación, reconstrucción y mejora de los tejidos? ¿Se debe completar el proceso después de cada sesión de entrenamiento? ¿O puede quedar el proceso de la reparación de los tejidos por detrás de su degradación durante la fase de trabajo del mesociclo? Si la reparación de los tejidos puede ir por detrás de la degradación, el período de recuperación se convierte en el momento en el que el proceso de reparación la alcanza y quizás incluso la supercompensa para mejorar la estructura y la función de dichos tejidos.

Con respecto a este primer aspecto, parece ser que la reparación de los tejidos puede tardar varios días, mientras que el proceso de mejora puede tardar varias semanas. Por lo tanto, una suposición razonable sería que el proceso de degradación de los tejidos debe necesariamente exceder la tasa de reparación y reconstrucción durante el entrenamiento. Esto no significa que los nadadores pueden entrenarse intensamente día tras día sin pensar en asignar tiempo para una reparación parcial de los tejidos. Si lo hacen, el grado de degradación podría llegar a ser tan intenso que se deteriorarían hasta alcanzar un estado no entrenado. Por esta razón, parece razonable programar varios días para la recuperación al final de cada período principal de

entrenamiento (mesociclo) para permitir a los procesos de reparación y mejora completarse. Varios días de recuperación también pueden fomentar una superadaptación (una mejora de dichos tejidos).

La teoría de la supercompensación de Yakolev, presentada anteriormente en este capítulo, se basa en la premisa de que permitir que el proceso de degradación exceda la tasa de reparación durante un corto período de tiempo produce adaptaciones de mayor magnitud cuando se introduce un período extendido de recuperación. Aunque la teoría sigue sin haberse probado, la apoya alguna evidencia. Una cantidad considerable de datos científicos indican que ocurre una supercompensación después de períodos extendidos de privación con respecto a la carga de hidratos de carbono y creatina. El procedimiento para aplicar la carga de hidratos de carbono y creatina es producir una necesidad de dichos nutrientes a lo largo de varios días agotándolos sin permitir que haya una reposición adecuada. Luego, cuando la tasa de utilización disminuye y se introduce una provisión adecuada, las personas suelen acumular en sus músculos mucho más de dichas sustancias de lo que harían normalmente. Quizá, de forma similar, cuando la provisión de nutrientes es inadecuada durante un período, los tejidos absorberán más, y cuando se les permite recuperarse irán más allá de la mera reparación y se harán más grandes, más numerosos y más eficaces que antes.

Desafortunadamente, la información disponible no me permite ofrecer recomendaciones específicas con respecto a la programación de los ciclos de entrenamiento para la reparación de los tejidos. Pero puedo hacer dos recomendaciones generales. La primera es que los nadadores deben tomarse de 24 a 72 h de tiempo de recuperación siempre que realizan una o dos series en las que han provocado una acidosis significativa y consecuentes daños en los tejidos. La segunda es que se debe incluir algún tiempo de recuperación adicional en su entrenamiento siempre que persisten signos de una falta de adaptación durante varios días. Los signos comunes de falta de adaptación son disminución del rendimiento, pérdida de peso, falta de apetito, insomnio, irritabilidad y depresión. Se tratará la falta de adaptación o el sobreentrenamiento con detalle en el capítulo 19.

Sugerencias para la planificación del entrenamiento semanal

Mi objetivo en esta sección es reunir toda la información acerca de la planificación semanal presentada hasta ahora y ofrecer una serie de sugerencias concretas para la planificación de los microciclos.

• *Todos los tipos de entrenamiento (resistencia, velocidad y recuperación) deben estar incluidos en cada plan semanal*. El objetivo del macrociclo o mesociclo actual determinará el volumen relativo de cada uno.

• *Se deben programar series de entrenamiento principalmente de resistencia o de velocidad intensas por lo menos dos veces a la semana durante los mesociclos cuando no son el enfoque más importante, y tres o cuatro veces por semana durante los mesociclos destinados a su desarrollo máximo.* Estas series principales deben programarse a lo largo de la semana para que haya tiempo adecuado para la reposición del glucógeno muscular y la reparación de los tejidos musculares.

Es fácil interpretar la intención de esta sugerencia de forma equivocada, por lo que quiero explicarla con más detalle. Lo que he dicho no significa que se deben incluir dos o más series de cada uno de los ocho tipos de entrenamiento de resistencia y de velocidad en cada semana de entrenamiento. Incluir tantas series no sería aconsejable y resultaría prácticamente imposible; no sería aconsejable porque varios de estos tipos de entrenamiento producen efectos de entrenamiento similares e imposible porque el tiempo dedicado a la reposición de la energía y la reparación de los tejidos sería inadecuado.

Los diversos tipos de entrenamiento intenso deben considerarse en sólo cuatro categorías para facilitar la planificación semanal. La primera categoría es el entrenamiento de la capacidad aeróbica, que incluye las series de repeticiones de resistencia básica (Re-1), por ejemplo, 6 a 10 x 400, y series

de entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2). La segunda categoría se refiere al entrenamiento que está diseñado para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Esta categoría incluye el entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3), el de tolerancia al lactato (Ve-1) y a la velocidad competitiva (V-C). La tercera categoría es el entrenamiento diseñado para mejorar la potencia anaeróbica. El entrenamiento de producción de lactato (Ve-2) y de potencia (Ve-3) son los dos tipos incluidos en este grupo. La cuarta categoría es el entrenamiento de recuperación (R). Se utilizaron estas categorías anteriormente para planificar los mesociclos en este capítulo.

• *Aunque una sesión particular de entrenamiento debe hacer hincapié en sólo una o dos de estas categorías de entrenamiento, cada sesión debe incluir un período corto de una o dos de las categorías restantes*. Se puede lograr este objetivo programando series cortas de un tipo particular de entrenamiento los días en los que éste no está incluido en una serie principal o haciendo series descendentes de repeticiones de intensidad menor para que terminen con unas pocas repeticiones de categorías más intensas de entrenamiento. Por ejemplo, una serie de resistencia básica de 20 x 100 puede descenderse a la velocidad al nivel del umbral (Re-2), con sobrecarga (Re-3) o de tolerancia al lactato (Ve-1) durante las últimas repeticiones (entre 5 y 1) de la serie. Otra manera de hacerlo sería nadar las repeticiones de resistencia básica como 4 series x 5 x 100 con la última o las últimas dos repeticiones de cada serie a una velocidad mayor.

• *El entrenamiento de resistencia básica debe incluirse en casi cada sesión de entrenamiento de la semana*. Este tipo de entrenamiento generalmente representará el mayor volumen de entrenamiento durante la mayoría de las sesiones, aunque puede que no sea el enfoque principal.

• *Series cortas de entrenamiento de recuperación deben incluirse en el programa diario después de cada serie principal de natación anaeróbica intensa*. Además, una o dos sesiones de entrenamiento deben dedicarse principalmente al entrenamiento de recuperación cada semana.

Ejemplos de planes semanales de entrenamiento

Teniendo en cuenta las sugerencias de la sección anterior, se presentan los pasos siguientes para planificar un microciclo semanal de entrenamiento.

1. Escoger un ciclo semanal de dos o tres picos.
2. Determinar la programación de las sesiones pico de entrenamiento a lo largo de la semana. Deben programarse de manera que no se realicen más de dos sesiones intensas en días sucesivos. Una sesión intensa debe ir seguida de 1 1/2 a 3 días de entrenamiento menos intenso. Se deben programar las sesiones intensas en días sucesivos sólo cuando no exista otra opción para organizarlas durante la semana. A veces se necesitan sesiones consecutivas de entrenamiento intenso debido a factores tales como competiciones los fines de semana, vacaciones y exámenes. Sin embargo, cuando sea posible, las sesiones intensas deben estar separadas por 24 a 72 h de entrenamiento menos intenso.
3. Determinar los tipos de entrenamiento en los que se hará hincapié durante estas sesiones intensas.
4. Situar los tipos de entrenamiento en los que se está haciendo hincapié en momentos durante la semana en los que es más probable que los nadadores estén motivados y físicamente preparados para realizarlos correctamente.
5. Incluir algún entrenamiento de resistencia básica (Re-1) y recuperación (R) en casi todas las sesiones de entrenamiento.

En las secciones siguientes se describirán algunos ejemplos de programas de entrenamiento para mediofondistas y fondistas, velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200, y especialistas en las pruebas de 50 y 100. He proporcionado la explicación de la colocación de los varios tipos de

entrenamiento de resistencia a lo largo de la semana para ofrecer a los entrenadores y a los nadadores ideas para estructurar los microciclos para su propio programa de entrenamiento.

El plan de entrenamiento semanal para mediofondistas y fondistas

El patrón ilustrado en la figura 17.24 es una forma de planificar un ciclo de entrenamiento semanal para mediofondistas y fondistas. Este plan semanal es para el período de preparación específica.

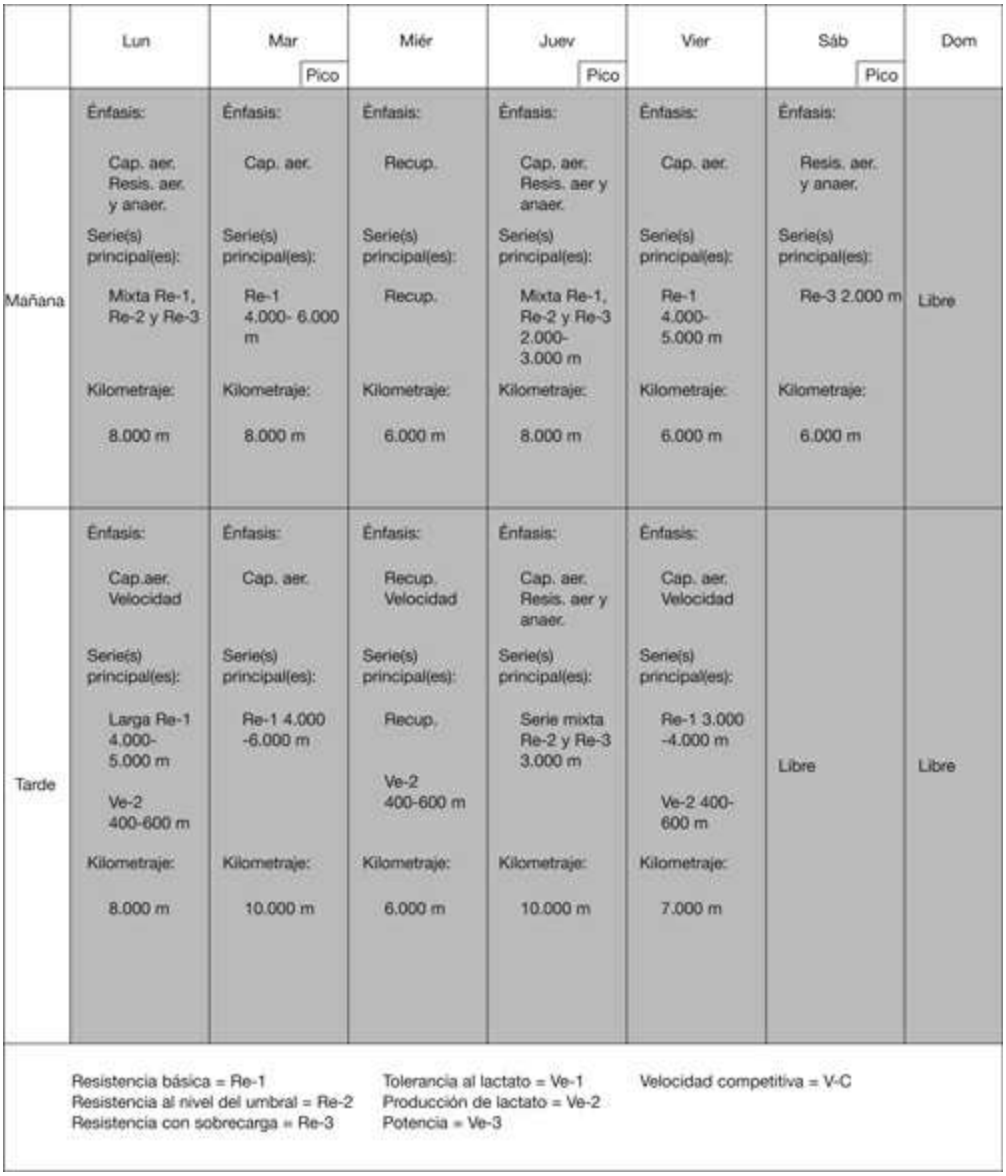
La semana incluía tres sesiones de entrenamiento intensas, programadas para el martes por la tarde, el jueves por la tarde y el sábado por la mañana. La serie principal para el martes era una extralarga de resistencia básica (Re-1). Su objetivo era sobrecargar la capacidad aeróbica. Las fibras de contracción lenta deben haber hecho la mayor parte del trabajo ese día, aunque algunas fibras musculares de contracción rápida también deben haber sido reclutadas porque la serie era tan larga que algunas fibras de contracción lenta deben haber agotado casi todo su glucógeno.

La segunda serie principal de resistencia se programó para el jueves por la tarde, proporcionando así 48 h para reponer el glucógeno muscular utilizado el martes. La natación principal de resistencia del jueves se estructuró como una serie descendente que combinó el entrenamiento de resistencia al nivel del umbral (Re-2) y de sobrecarga (Re-3). Los objetivos eran mejorar la tasa de consumo de oxígeno y eliminar el lactato tanto de las fibras musculares de contracción rápida como de las de contracción lenta y mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de las mismas. La última serie principal de la semana se programó 36 h más tarde para el sábado por la mañana. Esta serie de resistencia con sobrecarga (Re-3) se diseñó para mejorar la capacidad aeróbica y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, particularmente en las fibras musculares de contracción rápida. Se nadaban las series de resistencia con sobrecarga como una serie continua en el estilo principal de cada nadador. La mayor parte del kilometraje restante durante las sesiones de

entrenamiento intensas se enfocó a mejorar la capacidad aeróbica, con sólo brazos, sólo piernas y repeticiones nadadas a la velocidad correspondiente a la resistencia básica (Re-1). Estas series se realizaban en el estilo principal del nadador o como estilos mixtos. Las sesiones matinales de martes y jueves se componían de los mismos tipos de entrenamiento de resistencia básica (Re-1).

También se programaron tres series de velocidad para la semana con el fin de reducir el efecto desacelerador del entrenamiento de resistencia sobre la tasa de metabolismo anaeróbico de los nadadores. Estas series de producción de lactato (Ve-2) se programaron para las sesiones de tarde del lunes, miércoles y viernes. Se situaron las series de velocidad de esta forma por dos razones. La primera era para reducir cualquier interferencia que pudieran tener sobre la reposición del glucógeno muscular colocándolas por lo menos 24 horas después de las series principales de resistencia. La segunda razón era darles a los nadadores la oportunidad de nadar series de velocidad de calidad los días en los que el volumen y la intensidad del entrenamiento de resistencia eran menores.

Se programó un día completo de entrenamiento de recuperación (R) los miércoles para permitir una mayor reposición del glucógeno muscular en medio de la semana cuando probablemente estaría en un nivel bajo. El entrenamiento de recuperación constaba de ejercicios de estilo, sólo piernas, sólo brazos y natación de estilos mixtos, todo a una intensidad baja. También se programó un pequeño volumen de entrenamiento de velocidad para el miércoles, pero este pequeño volumen no debe haber interferido con la tasa de reposición de glucógeno de ese día.



	Lun	Mar (Pico)	Miér	Juev (Pico)	Vier	Sáb (Pico)	Dom
Mañana	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer. y anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Cap. aer. Serie(s) principal(es): Re-1 4.000- 6.000 m Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Recup. Serie(s) principal(es): Recup. Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer y anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 2.000-3.000 m Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Cap. aer. Serie(s) principal(es): Re-1 4.000-5.000 m Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Resis. aer. y anaer. Serie(s) principal(es): Re-3 2.000 m Kilometraje: 6.000 m	Libre
Tarde	Énfasis: Cap.aer. Velocidad Serie(s) principal(es): Larga Re-1 4.000-5.000 m; Ve-2 400-600 m Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Cap. aer. Serie(s) principal(es): Re-1 4.000 -6.000 m Kilometraje: 10.000 m	Énfasis: Recup. Velocidad Serie(s) principal(es): Recup.; Ve-2 400-600 m Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer y anaer. Serie(s) principal(es): Serie mixta Re-2 y Re-3 3.000 m Kilometraje: 10.000 m	Énfasis: Cap. aer. Velocidad Serie(s) principal(es): Re-1 3.000 -4.000 m; Ve-2 400-600 m Kilometraje: 7.000 m	Libre	Libre

Resistencia básica = Re-1
Resistencia al nivel del umbral = Re-2
Resistencia con sobrecarga = Re-3
Tolerancia al lactato = Ve-1
Producción de lactato = Ve-2
Potencia = Ve-3
Velocidad competitiva = V-C

Figura 17.24. Ejemplo de un plan de entrenamiento semanal para mediofondistas y fondistas. Este plan es para el período de preparación específica.

Se situaron a lo largo de la semana dos series descendentes que combinaban el entrenamiento de resistencia básica (Re-1) al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) para estresar las tasas de consumo de oxígeno y eliminación de lactato en las fibras musculares de contracción rápida. Dado que dichas series reducirían el glucógeno muscular tanto en las fibras de contracción rápida como en las de contracción lenta, se realizaban el lunes

por la mañana, después de que los nadadores hubieran descansado durante un día y medio, y para el jueves por la mañana, después del día de natación de recuperación del miércoles. Estas series descendentes deben nadarse en el estilo o los estilos principales de los nadadores.

Se programaron cuatro series adicionales de resistencia básica (Re-1) la mañana y la tarde del martes y la mañana y la tarde del viernes. Dichas series debían completarse a una intensidad baja utilizando una variedad de estilos. También deben incluirse ejercicios de estilos y repeticiones de sólo brazos y sólo piernas. Este tipo de trabajo mejoraría el suministro de oxígeno a los músculos sin reducir excesivamente la provisión de glucógeno muscular.

El plan de entrenamiento semanal para los velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200

Se presenta en la figura 17.25 un ejemplo de un plan de entrenamiento semanal para los velocistas de 100 y 200. Este plan es también para la fase de preparación específica. Hubo dos días de entrenamiento pico durante la semana, el primero el martes y el segundo el sábado. No se habían definido las sesiones de entrenamiento intensas para los velocistas de la misma manera que para los mediofondistas y fondistas; no eran las sesiones con el mayor volumen de entrenamiento de resistencia. En su lugar, dichas sesiones contenían el mayor volumen de entrenamientos largos anaeróbicos, tales como el entrenamiento de resistencia con sobrecarga (Re-3), el de tolerancia al lactato (Ve-1) y a la velocidad competitiva (V-C). El kilometraje era menor durante estas sesiones, pero el grado de acidosis y daños musculares era más alto. El kilometraje de entrenamiento puede ser más alto durante las otras sesiones de entrenamiento, pero dichas sesiones incluirían un entrenamiento menos intenso de resistencia básica (Re-1) y al nivel del umbral (Re-2) además del de producción de lactato (Ve-2) y de potencia (Ve-3).

La sesión intensa de la tarde del martes incluía una serie de resistencia con sobrecarga (Re-3) que los nadadores realizaban en su estilo o estilos

principales. Esta serie se diseñó para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica de los nadadores, con un mayor énfasis en la parte aeróbica de la ecuación. Se programaba una serie principal a la velocidad competitiva para la segunda sesión intensa el sábado por la mañana. Aquí el objetivo era también mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, haciendo hincapié en la parte anaeróbica de la ecuación. La colocación de estas series proporcionaba a los nadadores de 72 a 80 h después de cada una para reparar los posibles daños sufridos por los tejidos.

También se programaron tres series de producción de lactato (Ve-2) durante la semana, las tardes del lunes, miércoles y viernes. El principal objetivo de estas series de velocidad era, por supuesto, mejorar la velocidad de natación.

Se programaron cuatro series mixtas de entrenamiento de resistencia, combinando la básica (Re-1), al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3), para la mañana y tarde del lunes y la mañana y tarde del jueves. Éstas no se diseñaron para ser particularmente largas, y la mayor parte de la distancia total tenía que realizarse a la velocidad correspondiente a la resistencia básica (Re-1). Se indicaba a los nadadores que descendiesen las series al nivel del umbral (Re-2), con sobrecarga e incluso a la velocidad competitiva en los últimos 400 a 800 m de éstas, y se requería que nadasen estas repeticiones rápidas en su estilo o estilos principales. El objetivo al incluir estas series descendentes era mejorar la capacidad aeróbica y la tasa de eliminación de lactato de todos los tipos de fibras musculares, particularmente las fibras musculares de contracción rápida.

Se dedicaban dos sesiones al entrenamiento de recuperación. La primera el miércoles por la mañana y la segunda el viernes por la mañana. La primera seguía los dos días de entrenamiento al principio de la semana, y la segunda seguía la sesión intensa de entrenamiento del jueves.

Se programaron series de resistencia básica (Re-1) con el objetivo combinado de mejorar la capacidad aeróbica y proporcionar tiempo para la reposición del glucógeno muscular y la reparación de los tejidos la mañana del martes, la tarde del miércoles y la tarde del viernes. Dichas series proporcionaban un poco de tiempo de recuperación para preparar a los

nadadores para el entrenamiento intenso programado para la tarde del martes, para ambas sesiones del jueves y para el sábado por la mañana. Dichas series debían nadarse al extremo bajo del rango de intensidad para el entrenamiento de resistencia básica en una variedad de estilos y con una variedad de ejercicios.

	Lun	Mar (Pico)	Miér	Juev	Vier	Sáb (Pico)	Dom
Mañana	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer. y anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 2.000-3.000 m Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Serie(s) principal(es): Re-1 Kilometraje: 5.000 m	Énfasis: Recup. Serie(s) principal(es): Recup. Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer y anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 3.000-4.000 m Kilometraje: 5.000 m	Énfasis: Recup. Serie(s) principal(es): Recup. Kilometraje: 5.000 m	Énfasis: Resis. aer. y anaer. Serie(s) principal(es): VC 800-1.200 m Kilometraje: 6.000 m	Libre
Tarde	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer. y anaer. Velocidad Serie(s) principal(es): Ve-2 1.000-1.500 m Serie mixta Re-1, Re-2 y Re-3 3.000-4.000 m Kilometraje: 5.000 m	Énfasis: Res. aer. y anaer. Serie(s) principal(es): Re-3 1.500 m Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Velocidad Serie(s) principal(es): Re-1 Ve-2 800-1.200 m Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Resis. aer y anaer. Serie(s) principal(es): Serie mixta Re-1, Re-2 y Ve-1 Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Cap. aer. Velocidad Serie(s) principal(es): Re-1 Ve-2 1.000-1.500 m Kilometraje: 6.000 m	Libre	Libre

Resistencia básica = Re-1
Resistencia al nivel del umbral = Re-2
Resistencia con sobrecarga = Re-3
Tolerancia al lactato = Ve-1
Producción de lactato = Ve-2
Potencia = Ve-3
Velocidad competitiva = V-C

Figura 17.25. Ejemplo de un plan de entrenamiento semanal para velocistas de 100 y 200 durante el período de preparación específica.

Un plan de entrenamiento semanal para los velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100

El plan de entrenamiento semanal para los velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100 debe incluir más trabajo de velocidad y menos entrenamiento de resistencia de alta intensidad porque, como se indicó anteriormente, es más importante para ellos mejorar su velocidad máxima mientras adquieren un grado razonable de resistencia que ganar un grado alto de resistencia a expensas de su velocidad máxima. Se ilustra en la figura 17.26 un ejemplo de una semana de entrenamiento para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100. Esta semana de entrenamiento también se diseñó para el período de preparación específica.

Se programaron dos días de entrenamiento intenso por semana. El primero se hacía el miércoles por la tarde y el segundo se llevaba a cabo el sábado por la mañana para que los nadadores tuviesen de 60 a 72 h después de cada uno para la recuperación y la reparación de los tejidos. La tarde del miércoles se hacía hincapié en mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Esto se logró con una serie de tolerancia al lactato (Ve-1). La serie realizada el sábado por la mañana era a la velocidad competitiva. Los nadadores debían nadar estas series en su estilo o estilos principales. Quiero mencionar que se podrían haber intercambiado las dos series principales en el programa semanal sin cambiar el efecto de entrenamiento. También se podrían haber programado series de tolerancia al lactato tanto para el miércoles como para el sábado en este momento de la temporada y haberse dejado la natación a la velocidad competitiva para más adelante en la misma.

Se situó una serie principal de producción de lactato (Ve-2) en la tarde del lunes y otra en la del viernes. También se planificaron dos series adicionales de velocidad de tipo potencia (Ve-3) para cada semana. Se programaron para la tarde del martes y la mañana del jueves. Las series Ve-2 y Ve-3 se programaron para sesiones en las que el resto del kilometraje de entrenamiento era de intensidad baja para que fuera más probable que los

nadadores realizasen sus repeticiones de velocidad con esfuerzo máximo. Los nadadores debían realizar éstas en su estilo o estilos principales.

Se programaron dos series descendentes de resistencia, combinando la básica (Re-1), al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) y unas repeticiones finales a la velocidad de entrenamiento de tolerancia al lactato (Ve-1) durante la semana para proporcionar algún estímulo para mejorar el consumo de oxígeno y la eliminación de lactato de las fibras musculares de contracción rápida de los nadadores. Dichas series se programaron para el lunes por la mañana y la tarde del jueves. Los nadadores debían realizar la parte rápida de éstas en su estilo o estilos principales. Se podrían haber programado las series descendentes en otro punto durante la semana sin interferir con la recuperación. Sin embargo, programarlas justo antes o después de las series principales de tolerancia al lactato o a la velocidad competitiva de la semana no hubiera sido recomendable.

Se programaron las sesiones de recuperación para la mañana del martes, la mañana del jueves y la mañana del viernes. Su programación en esos momentos ayudaría a reponer el glucógeno muscular y a reparar los daños sufridos por los tejidos después del entrenamiento intenso que había tenido lugar durante las sesiones anteriores. Los nadadores habían realizado una serie descendente intensa el lunes por la mañana y una serie larga de velocidad el lunes por la tarde. Nadaron una serie intensa de tolerancia al lactato (Ve-1) la tarde del miércoles y otra serie descendente intensa la tarde del jueves.

Se combinó el entrenamiento de resistencia básica con el de velocidad las tardes del lunes, martes y viernes, y fue el tipo principal de entrenamiento los miércoles por la mañana. Estas series de entrenamiento de resistencia básica debían realizarse al extremo más bajo del rango de intensidad. También debían haber sido no específicas, incluyendo una variedad de estilos, ejercicios y repeticiones de sólo brazos y sólo piernas.

Las excepciones a los planes generales semanales

Se deben utilizar los planes cíclicos de entrenamiento semanales como los que se acaban de describir durante la temporada porque están estructurados principalmente teniendo en cuenta la reposición de la energía y la reparación de los tejidos. Sin embargo, en ocasiones dichos planes deben modificarse para preparar a los nadadores para las competiciones que se desarrollan a lo largo de varios días y las que están organizadas de forma que las eliminatorias preliminares son seguidas de las finales más tarde el mismo día. Por ejemplo, los mediofondistas y fondistas en ocasiones deben nadar dos series de resistencia con sobrecarga (Re-3) o a la velocidad competitiva (V-C) durante sesiones consecutivas con el fin de prepararse para nadar las eliminatorias y las finales el mismo día. También deben programar dos series de sobrecarga (Re-3) o a la velocidad competitiva (V-C) en días consecutivos para prepararse para las competiciones que duran varios días. De igual forma, los velocistas deben nadar dos series consecutivas de tolerancia al lactato (Ve-1) o a la velocidad competitiva (V-C) cuando se están preparando para nadar eliminatorias y finales el mismo día o en competiciones que duran varios días.

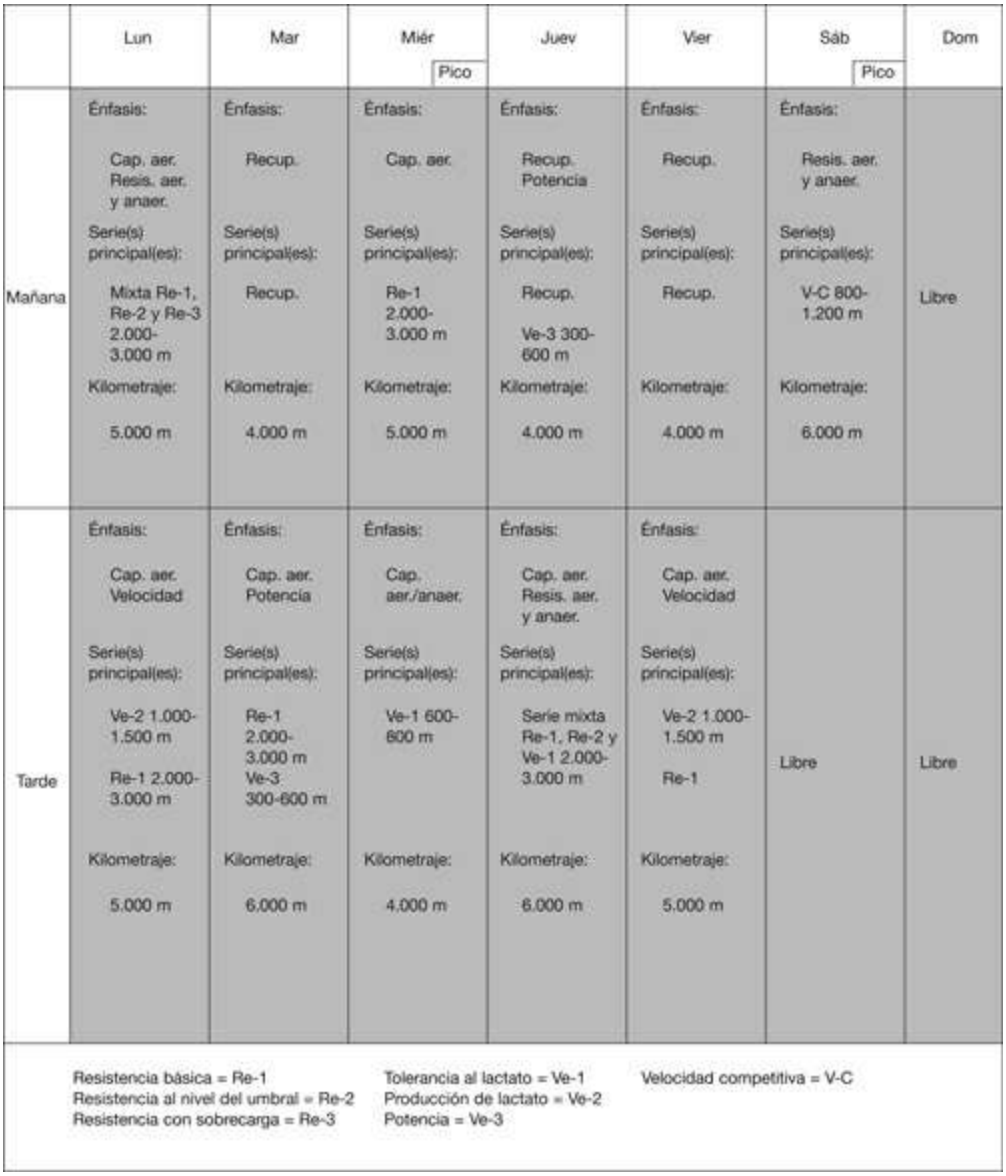


Figura 17.26. Ejemplo de un plan de entrenamiento semanal para velocistas especialistas en las pruebas de 50 y 100 durante el período de preparación específica.

Excepciones como éstas deben programarse con poca frecuencia porque no son la mejor manera de entrenarse para conseguir una mejora fisiológica. La actitud mental, la confianza y la robustez psíquica requeridas para competir bien en múltiples pruebas a lo largo de varios días pueden desarrollarse rápidamente. Por lo tanto, los resultados deseados pueden lograrse programando series de la forma descrita en el párrafo anterior una

vez cada semana durante las últimas 3 ó 4 semanas de la fase de preparación competitiva.

	Lun	Mar (Pico)	Miér	Juev (Pico)	Vier	Sáb (Pico)	Dom
	Énfasis: Cap. aer. Res. aer./anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Res. aer./anaer. Velocidad Serie(s) principal(es): Ve-2, 600-800 m Re-3 1.500 m Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Recup. Serie(s) principal(es): Recup. Kilometraje: 6.000 m	Énfasis: Res. aer./anaer. Velocidad Serie(s) principal(es): Ve-2, 600-800 m Re-3 1.500 m Kilometraje: 8.000 m	Énfasis: Cap. aer. Res. aer./anaer. Serie(s) principal(es): Mixta Re-1, Re-2 y Re-3 Kilometraje: 7.000 m	Énfasis: Res. aer./anaer. Velocidad Serie(s) principal(es): Ve-2 400-600 m V-C 800-1.200 m Kilometraje: 6.000 m	Libre
	Resistencia básica = Re-1 Resistencia al nivel del umbral = Re-2 Resistencia con sobrecarga = Re-3		Tolerancia al lactato = Ve-1 Producción de lactato = Ve-2 Potencia = Ve-3		Velocidad competitiva = V-C		

Figura 17.27. Ejemplo de un plan de entrenamiento semanal para los nadadores que se entrenan una vez al día. Este plan particular fue diseñado para velocistas especialistas en las pruebas de 100 y 200 durante la fase de preparación específica de la temporada.

La planificación semanal para una sesión de entrenamiento al día

Probablemente, los nadadores que se entrenan una vez al día no lleguen a agotar su glucógeno muscular porque tienen aproximadamente 22 h de recuperación después de cada sesión de entrenamiento. Su problema será hacer caber todos los diversos tipos de entrenamiento en seis sesiones por semana. El plan ilustrado en la figura 17.27 es un ejemplo de cómo los diversos tipos de entrenamiento podrían programarse a lo largo de la semana cuando el nadador se entrena una vez al día.

La planificación diaria

Los tipos de series principales de entrenamiento que deben incluirse en un día específico de entrenamiento estarán establecidos bastante bien una vez que el plan haya sido formulado, pero cada plan de entrenamiento diario debe también incluir series de menor importancia y otras actividades de entrenamiento.

Se presenta a continuación una lista de los tipos de series y actividades de entrenamiento que deben incluirse en la mayoría de las sesiones de entrenamiento.

- Ejercicios en seco para mejorar la fuerza, resistencia y flexibilidad muscular o las destrezas.
- Un calentamiento adecuado nadando.
- Instrucciones y ejercicios.
- Una serie principal diseñada para mejorar la capacidad aeróbica, la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, la potencia anaeróbica o alguna combinación de estos tres componentes de entrenamiento.
- Series secundarias adicionales diseñadas para mejorar las debilidades fisiológicas o biomecánicas, es decir, con sólo brazos o sólo piernas.
- Series secundarias adicionales diseñadas para trabajar algunas destrezas competitivas como, por ejemplo, el batido de delfín subacuático.
- Varias series secundarias diseñadas para mejorar la capacidad aeróbica, la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, y la potencia anaeróbica.
- Entrenamiento de recuperación.
- Una vuelta a la calma nadando.

Después de las diversas series y actividades que han sido seleccionadas para un día de entrenamiento, su colocación es la próxima tarea en la planificación diaria. Aunque la colocación de las series y actividades debe cumplir generalmente sólidos principios fisiológicos, a veces hay que considerar otros factores cuando se realiza la planificación diaria. Dichas excepciones sirven al objetivo de preparar a los nadadores para las situaciones competitivas. En esta sección se describirán tanto las reglas generales de la planificación del entrenamiento diario como cuándo y dónde se deben hacer excepciones.

Las sesiones de entrenamiento matinales, por regla general, deben ser menos intensas que las vespertinas. Las sesiones matinales deben incluir el entrenamiento de resistencia básica, ejercicios de técnica y ejercicios de sólo brazos y sólo piernas. Sin embargo, deben incluirse algunos entrenamientos de resistencia rápidos y repeticiones de velocidad en algunas sesiones matinales de cada semana de entrenamiento para preparar a los nadadores para esfuerzos máximos durante las sesiones eliminatorias que se celebran normalmente por la mañana.

Por supuesto, el calentamiento debe ser la primera actividad planificada para cualquier sesión de entrenamiento. El calentamiento debe tener una duración suficiente para estimular el suministro de oxígeno a los músculos, aumentar su elasticidad y rango de movimiento y permitir la recuperación del entrenamiento en seco, si es necesario. Como mínimo, el calentamiento requerirá de 10 a 15 min.

La instrucción y los ejercicios de natación deben tener lugar normalmente al principio de las sesiones matinales de entrenamiento cuando los nadadores no están fatigados y cuando están muy motivados y su nivel de concentración es alto. La excepción sería cuando el objetivo de la instrucción y los ejercicios es ayudarles a mantener sus destrezas cuando se enfrentan a una creciente acidosis. En este caso, la instrucción y los ejercicios deben tener lugar más tarde en el entrenamiento después de fatigarse los nadadores. Se debe animar a los nadadores a que alcancen la velocidad competitiva mientras se concentran en utilizar la técnica correcta.

La serie principal debe tener lugar cerca del final de la sesión de

entrenamiento, especialmente si es larga o intensa. Normalmente no se debe programar para el principio de la sesión de entrenamiento. El esfuerzo requerido para una serie principal producirá generalmente una acidosis y puede agotar sustancialmente el glucógeno muscular. Por lo tanto, se necesitaría una serie larga de entrenamiento de recuperación después, antes de que los nadadores estuviesen preparados para hacer un entrenamiento adicional intenso. Largas repeticiones de recuperación en medio de la sesión de entrenamiento ocupan un tiempo valioso que puede aprovecharse mejor cuando la serie principal se realiza más tarde en la sesión.

Las series secundarias diseñadas para mejorar la velocidad y la potencia (es decir, Ve-2 y Ve-3) deben colocarse normalmente a principios de la sesión de entrenamiento de manera que la acidosis o el agotamiento del glucógeno muscular no interfiera con los esfuerzos de los nadadores para lograr una alta velocidad. Sin embargo, a muchos entrenadores y nadadores les gusta terminar la sesión con unas repeticiones de velocidad máxima. Un volumen adecuado de entrenamiento de resistencia básica (Re-1) o de recuperación debe preceder el entrenamiento de velocidad programado para el final de la sesión de entrenamiento. Un volumen adecuado sería de 10 a 20 min de natación de baja intensidad.

Las series secundarias diseñadas para mejorar la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, tales como la resistencia con sobrecarga (Re-3) y la tolerancia al lactato (Ve-1), normalmente deben realizarse hacia el final de la sesión. La única excepción sería cuando se ha diseñado la sesión de entrenamiento para simular una situación competitiva y se prepara a los nadadores para enfrentarse a ella ya que implicará nadar varias pruebas durante una sola competición. En este caso, cada serie de sobrecarga o de tolerancia al lactato debe ir seguida de 10 a 20 min de entrenamiento de recuperación antes de realizar otra serie de natación rápida.

Se debe situar el entrenamiento de resistencia básica en otros estilos o como ejercicios de sólo piernas o sólo brazos hacia el principio de la sesión si se va a nadar cerca de la parte superior del rango. Se puede situar en medio o hacia el final de la sesión si se va a realizar en la parte inferior del rango de intensidad. El entrenamiento de resistencia básica de intensidad baja reducirá la acidosis de las fibras musculares de los nadadores, particularmente las de

contracción rápida, mientras que, al mismo tiempo, estimulará el suministro de oxígeno por los sistemas circulatorio y respiratorio y el consumo de oxígeno por las fibras musculares de contracción lenta. Por esta razón, el entrenamiento de resistencia básica de baja intensidad realizado alrededor del nivel del umbral aeróbico puede utilizarse para la recuperación y el entrenamiento.

Los nadadores pueden realizar un entrenamiento de recuperación entre las series principales y las secundarias intensas para aliviar la acidosis antes de completar las de naturaleza intensa. Cada sesión de entrenamiento debe terminar con un período de natación de vuelta a la calma de 10 min o más para acelerar la eliminación del ácido láctico de los músculos y el suministro de nutrientes.

Los ejercicios en seco para mejorar la flexibilidad y la técnica se realizan mejor antes del entrenamiento en el agua. Los nadadores deben estar descansados cuando aprenden las destrezas para que puedan concentrarse mejor, y el entrenamiento de flexibilidad les preparará para nadar con mayor eficacia.

La distribución de los ejercicios de fuerza y resistencia en seco no es tan fácil de determinar. Una ventaja de programar este entrenamiento antes del que se realiza en el agua es que los nadadores no estarán fatigados y, por lo tanto, se entrenarán más intensamente. La desventaja principal de realizar el entrenamiento de resistencia en seco antes de que se realice en el agua es que el primero tiende a aumentar la acidosis. Por consiguiente, puede afectar adversamente la calidad del entrenamiento en el agua.

La programación del entrenamiento contra resistencia en seco después de la parte acuática de la sesión de entrenamiento presenta un problema diferente. Normalmente, los nadadores no pueden entrenarse al 100% durante el entrenamiento en seco después de una sesión intensa de natación. Evidentemente, la ventaja es que el entrenamiento contra resistencia en seco no interferirá con la calidad del entrenamiento en el agua.

La desventaja de realizar el entrenamiento de resistencia en seco antes o después del entrenamiento en el agua puede superarse sencillamente

proporcionando un tiempo adecuado de recuperación. Si se realiza el entrenamiento en seco antes de la parte acuática de la sesión, los nadadores deben tener suficiente tiempo para recuperarse de la acidosis. Un buen calentamiento y algunas repeticiones de resistencia básica de intensidad baja al principio de la sesión de entrenamiento acuática pueden lograr este objetivo. De igual forma, la intensidad del entrenamiento contra resistencia en seco realizado después puedemejorarse si se proporciona una larga vuelta a la calma después del entrenamiento acuático para que pueda eliminarse la mayor parte del ácido láctico de los músculos de los nadadores antes de que empiecen el entrenamiento en seco. La disponibilidad del equipamiento en lugar de la eficacia fisiológica a menudo determina el momento en que se realiza el entrenamiento contra resistencia en seco. Por lo tanto, es bueno saber que proporcionar un tiempo adecuado de recuperación puede superar la desventaja de realizar el entrenamiento antes o después de las sesiones en el agua.

Se ilustra un ejemplo de una sesión diaria típica en la figura 17.28. Esta sesión está diseñada principal-mente para mejorar la resistencia aeróbica y anaeróbica de los mediofondistas y fondistas, con un poco de resistencia básica (Re-1) y producción de lactato (Ve-2) incluidos.

La sesión empieza con un calentamiento de 800 m realizado en segmentos, empezando con dos repeticiones de 300 m, una de estilo completo y otra de sólo brazos. Siguen cuatro repeticiones de 50 m con un tiempo de salida de 1 min. La velocidad de natación debe progresar hasta el nivel de la resistencia básica durante las repeticiones de 300 m para que el calentamiento sirva también como entrenamiento. Se deben descender las repeticiones de 50 m hasta una velocidad razonablemente rápida para preparar el cuerpo de los nadadores para la natación de velocidad más adelante.

La próxima serie consta de ejercicios de brazada realizada a una velocidad de resistencia básica de baja intensidad. El objetivo de esta serie es mejorar la mecánica de la brazada y la resistencia sin causar una fatiga extrema. La serie se colocó al principio de la sesión de entrenamiento en lugar de más tarde para que los nadadores se concentrasen en ejecutar la técnica correctamente y no en nadar la serie a la velocidad de recuperación. Esto podría haber ocurrido si se colocase después de una de las series de repeticiones más

intensas programadas para más tarde.

Se colocó una serie de producción de lactato inmediatamente después para que los nadadores pudiesen realizarla a velocidad máxima antes de que estuviesen demasiado fatigados. Luego se programaron 1.200 m de natación de resistencia de sólo piernas. El objetivo era mejorar la resistencia de las piernas.

1. Calentamiento:
   Nadar 300 m
   Sólo brazos 300 m
   Nadar 4 x 50 con tiempo de salida de 1 min

   800 m

2. Nadar un ejercicio de brazadas:
   10 x 100 con tiempo de salida de 2 min
   25 brazo derecho, 25 brazo izquierdo, 100 ambos

   1.000 m de natación de resistencia básica

3. Entrenamiento de producción de lactato:
   Nadar 6 x 50 con tiempo de salida de 3 min
   Nadar suavemente 150 m después de cada 50

   300 m de entrenamiento de la producción de lactato
   750 m de natación de recuperación

4. Sólo piernas a la velocidad de la resistencia básica:
   6 x 200 m con tiempo de salida de 4 min

   1.200 m

5. Sólo brazos una serie de resistencia básica:
   2 x 1.000 con tiempo de salida de 12 min

   2.000 m

6. Nadar una serie de resistencia con sobrecarga:
   8 x 200 con tiempo de salida de 2:45

   1.600 m

7. Nadar una serie de recuperación:
   4 x 200 m con tiempo de salida de 2:45
   Empezar a la velocidad de la resistencia básica y nadar cada 200 más lentamente hasta la recuperación completa

   800 m de natación de recuperación

Total = 8.450 m

Figura 17.28. Ejemplo de una sesión diaria de entrenamiento para mediofondistas y fondistas.

La siguiente serie era de 2.000 m de resistencia básica de sólo brazos. El propósito era mejorar la capacidad aeróbica sin esforzar las fibras musculares de contracción rápida.

La serie principal de esta sesión constó de ocho repeticiones de 200 m a la velocidad de la resistencia con sobrecarga (Re-3). Se colocó esta serie hacia el final de la sesión para que la acidosis y la fatiga que produciría no interfiriesen con la realización correcta de las series anteriores. Se podría haber programado la serie antes si hubiera ido seguida de una serie de recuperación. Dicha organización habría permitido a los nadadores reducir la acidosis antes de que tuviesen que nadar rápidamente de nuevo. El segmento final de la sesión de entrenamiento implicó nadar 800 m suavemente para ayudar a la recuperación.

18

La puesta a punto

Antes de 1960 la opinión predominante era que los nadadores deberían aumentar su entrenamiento hasta el volumen y la intensidad mayores justo antes de la competición más importante de la temporada. Los entrenadores creían que este procedimiento llevaría a los nadadores a la cima de su rendimiento físico para dicha competición. Ahora nos damos cuenta de que esta práctica funcionaba al revés. Hacía que los nadadores participasen en estas competiciones en un estado fatigado en el que era improbable que pudiesen alcanzar el pico de su rendimiento. Durante las últimas tres décadas se ha utilizado un sistema diferente. Ahora los nadadores terminan su entrenamiento más intenso unas semanas antes de la competición principal de la temporada y luego realizan un período de entrenamiento reducido que supuestamente les permita recuperarse y superadaptarse. Este período de entrenamiento se conoce como *la puesta a punto*.

Actualmente, más misticismo que hechos rodea los procedimientos de la puesta a punto. En esta última década ha sido cuando los investigadores han realizado un número significativo de estudios sobre este tema. Como resultado, estamos empezando a conocer más sobre las reacciones fisiológicas asociadas con dicho procedimiento. Sin embargo, la naturaleza

exacta de los cambios fisiológicos que determinan un mejor rendimiento después de la puesta a punto sigue siendo un misterio. Los objetivos de este capítulo son presentar los resultados de algunos de los estudios que se han realizado sobre el tema de la puesta a punto y sugerir algunos procedimientos para la misma.

Los tipos de puesta a punto

Se pueden dividir los diversos tipos de puesta a punto utilizados por los nadadores competidores en tres categorías. Primero está *la puesta a punto principal*, un procedimiento utilizado para preparar a los nadadores para las competiciones más importantes cuando se desea que obtengan su mejor rendimiento en el año de entrenamiento. Comúnmente de una duración de 2 a 4 semanas, la puesta a punto principal es la más larga de los tres tipos.

La práctica común es programar una puesta a punto principal por temporada. Los expertos sugieren que los nadadores deben programarse para sólo dos o tres puestas a punto principales por año de entrenamiento (Bompa, 1999). Este consejo es lógico. Realizar una puesta a punto de 2 a 4 semanas varias veces al año puede hacer que los nadadores pierdan un tiempo de entrenamiento valioso. Por ejemplo, realizar cinco puestas a punto principales en lugar de tres reduciría el año de entrenamiento en casi un 30%.

La segunda categoría es *la puesta a punto secundaria*, que normalmente dura una semana o menos y que se utiliza cuando se desea obtener un buen rendimiento en medio de una temporada particular. Los entrenadores tienen opiniones contradictorias sobre la conveniencia de utilizar puestas a punto secundarias. Algunos creen que interfieren con el entrenamiento e impiden a los nadadores lograr su pico de rendimiento al final de la temporada. Otros creen que tomar un descanso ocasional del entrenamiento y de nadar a velocidad en medio de la temporada es beneficioso para los nadadores tanto fisiológica como psicológicamente. Psicológicamente nadar deprisa a

principios y mediados de la temporada a veces puede mejorar la confianza y la motivación de un nadador.

La tercera categoría de puesta a punto es la "*repuesta a punto*". Este tipo de puesta a punto se utiliza cuando se celebran dos competiciones importantes dentro de un período de 3 a 5 semanas. La capacidad para realizar una repuesta a punto y mantener o incluso mejorar el rendimiento después de una puesta a punto principal se está haciendo cada vez más importante para los nadadores. Las normas de clasificación para participar en las principales competiciones se han hecho tan exigentes que muchos nadadores deben realizar una puesta a punto principal para una competición previa con el fin de clasificarse para una competición más importante más adelante. Por ejemplo, muchos nadadores universitarios estadounidenses deben realizar una puesta a punto principal en su campeonato de conferencia para lograr el nivel necesario para clasificarse para los campeonatos universitarios estadounidenses, que se celebran normalmente de 2 a 4 semanas más tarde. Además, el número de competiciones principales celebradas en una sola temporada ha aumentado considerablemente en los últimos años. Los nadadores a menudo se encuentran progresando de los campeonatos nacionales a los mundiales regionales hasta unos internacionales principales dentro de un período de 1 ó 2 meses. Hace tiempo, los entrenadores pensaban que los nadadores podían mantener su capacidad para nadar a un nivel máximo sólo durante unas pocas semanas. La proliferación de las competiciones principales ha demostrado que los nadadores pueden mantener un rendimiento pico durante un tiempo bastante más prolongado.

Los investigadores han sugerido que la duración del rendimiento pico puede mantenerse durante 7 a 10 días sin un entrenamiento adicional (Ozolin, 1971, citado en Bompa, 1999) y que pueden lograrse dos o tres picos consecutivos dentro del período de 1 ó 2 meses seguidos si se dispone de tiempo para algún entrenamiento entre los picos (Matveyev, Kalinin y Ozolin, 1974). Sin embargo, los nadadores deben comprender que es esencial tener un historial sólido de entrenamiento para mantener los niveles pico de rendimiento a lo largo de un período de varias semanas. Los nadadores que se entrenan todo el año podrán mantener un rendimiento pico durante más tiempo, y podrán llegar a un pico más veces en un corto período de tiempo

que los que sólo se entrenan durante parte del año.

La mejora del rendimiento con la puesta a punto

Típicamente, los tiempos de natación mejorarán del 2% al 4% comparados con marcas anteriores después de una puesta a punto principal. Ciertos nadadores mejorarán considerablemente más. La mejora media para los nadadores en una variedad de pruebas competitivas desde los 100 m hasta los 1.500 m ha sido publicada como un 2,8% (Anderson *et al.*, 1992) y un 3% (Costill *et al.,* 1985) en diferentes estudios. Los nadadores en estos estudios también se afeitaron al final de la puesta a punto; por consiguiente, es difícil determinar cuánto de la mejora resultó de la puesta a punto y cuánto simplemente del afeitado. Houmard y colaboradores (1994) intentaron resolver esta cuestión estudiando el efecto de la puesta a punto en corredores. Encontraron una mejora media del 3% para un grupo de corredores que compitieron en una carrera de 5 km. D'Acquisto y colaboradores (1992) utilizaron otro enfoque. Realizaron una puesta a punto con nadadores que luego compitieron sin afeitarse. Los sujetos en el estudio mejoraron entre un 4% y un 8% para las distancias de 100 y 400 m.

Los cambios fisiológicos que ocurren durante la puesta a punto

Algunos expertos han atribuido una gran parte del efecto de la puesta a punto a la supercompensación de los depósitos musculares de glucógeno. Esta estimación es probablemente incorrecta. La cantidad de glucógeno almacenado en los músculos aumentará entre un 8% y un 35% incluso sin procedimientos especiales de carga de hidratos de carbono (Neary *et al.,* 1992; Sheply *et al.,* 1992), pero probablemente no desempeña un papel principal en la mejora del rendimiento que acompaña la puesta a punto en la natación.

Aunque se ha demostrado que la supercompensación del glucógeno mejora el rendimiento en las pruebas atléticas de resistencia (Bergstrom *et al.*, 1967), no es probable que tengan el mismo efecto en nuestro deporte porque las pruebas competitivas de natación son considerablemente más cortas. La cantidad de glucógeno agotada de los músculos sería probablemente alrededor del 30% al 40% durante incluso la prueba competitiva más larga, los 1.500 m. Por consiguiente, los nadadores con sólo cantidades normales de glucógeno almacenadas en sus músculos podrían suministrar bastante para dichas pruebas. Además, los aumentos del glucógeno muscular no explicarían por qué los nadadores requieren por lo menos una semana para obtener un efecto de puesta a punto. Un descanso de 2 a 3 días es suficiente para cargar los músculos con glucógeno.

Aunque la supercompensación del glucógeno probablemente no puede explicar la mejora del rendimiento de los nadadores después de una puesta a punto, sí puede explicar la sensación de pesadez y de letargo que mencionan comúnmente durante la primera semana de una puesta a punto. Se almacenan tres gramos de agua con cada gramo adicional de hidratos de carbono. Por consiguiente, un aumento del 30% del glucógeno muscular, que fácilmente podría ocurrir durante la primera semana de una puesta a punto, podría causar unos 108 g adicionales de almacenaje de agua, que a su vez puede estar acompañado por un aumento de peso y una sensación de pesadez e hinchazón.

Algunos expertos han sugerido que el efecto de la puesta a punto puede deberse a los efectos super-compensadores de otros mecanismos fisiológicos que son similares a los de la carga de glucógeno. Aunque esta explicación es vaga, puede, no obstante, ser la mejor disponible actualmente.

El efecto de supercompensación que acompaña las puestas a punto que más se ha citado en la literatura científica ha sido un aumento de la potencia muscular. Costill y sus colaboradores (1985) encontraron un aumento de la potencia muscular del 24,6% después de una puesta a punto de 14 días. Se midió la potencia en el agua con un aparato para realizar la natación atados. Dichos investigadores también encontraron un aumento de potencia en los movimientos que simulaban las brazadas en seco. La potencia medida en un banco biocinético de natación aumentó como promedio un 17,7%. Otros

estudios realizados con aparatos que simulaban la brazada han encontrado aumentos de la potencia muscular del 5% al 19% después de una puesta a punto (Anderson *et al.*, 1992; Sheply *et al.*, 1992).)

Un último cambio fisiológico encontrado durante el período de puesta a punto ha sido una disminución de la creatincinasa (Costill *et al.*, 1985; Yamamoto, Mutoh y Miyashita, 1988). Se cree que una gran concentración de creatincinasa en los músculos indica daños musculares; por lo tanto, una reducción de la concentración de esta enzima podría significar que los daños estaban reparados y la fuerza y la potencia musculares se habían incrementado durante la puesta a punto.

Un estudio reciente realizado por Trappe y colaboradores (1998) arroja un poco de luz sobre los mecanismos que pueden ser responsables de este incremento de fuerza y potencia musculares. Encontraron que la velocidad, fuerza y potencia de la contracción muscular aumentaron después de un período de puesta a punto de 21 días. La velocidad de la contracción muscular aumentó en un 37% en las fibras musculares de contracción lenta y en un 55% en las de contracción rápida. La fuerza y la potencia no cambiaron en las fibras musculares de contracción lenta, pero la fuerza muscular aumentó un 15% en las fibras musculares de contracción rápida y la potencia aumentó un 114%. El tiempo registrado por los nadadores en sus pruebas mejoró como promedio un 4% después de la puesta a punto.

Los resultados de las investigaciones han sido contradictorios en cuanto a los cambios producidos durante la puesta a punto que podrían mejorar la capacidad aeróbica y la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Al parecer, el consumo máximo de oxígeno no aumenta durante la puesta a punto (Anderson *et al.*, 1992; Houmard *et al.*, 1994; Sheply *et al.*, 1992; Van Handel *et al.*, 1988). Tampoco se incrementa la capacidad amortiguadora del músculo (Costill *et al.*, 1985), pero esta medida particular ha sido citada sólo en un estudio realizado con nadadores. No se puede considerar el resultado concluyente hasta que haya sido verificado por investigaciones adicionales.

La literatura científica reciente ha incluido referencias a dos cambios fisiológicos adicionales que ocurren después de una puesta a punto: un aumento del volumen sanguíneo y un incremento de los glóbulos rojos

(Burke *et al.,* 1982; Rushall y Busch, 1980; Sheply *et al.,* 1992; Yamamoto, Mutoh y Miyashita, 1988).

Ambos aumentos deben mejorar el suministro de oxígeno a los músculos. Por lo tanto, contradicen el hallazgo de que el consumo máximo de oxígeno no se incrementa después de una puesta a punto.

Los resultados han sido contradictorios con relación al efecto de la puesta a punto sobre el umbral anaeróbico. En unos esfuerzos submáximos estandarizados los niveles de lactato sanguíneo no cambiaron durante la puesta a punto en dos estudios (Anderson *et al.,* 1992; Van Handel *et al.,* 1988). Sin embargo, Costill y colaboradores (1985) encontraron una disminución del lactato sanguíneo en una repetición submáxima estandarizada de 200 yardas después de la puesta a punto. Igualmente, D'Acquisto y sus colaboradores (1992) encontraron disminuciones del lactato sanguíneo del 25% y del 32% a dos velocidades de natación diferentes después de una puesta a punto. El grupo de investigadores dirigido por D'Acquisto (1992) también encontró que la economía de esfuerzo mejoró en un 7% a un 15% y que la frecuencia cardíaca disminuyó en un 8% a un 26% a velocidades submáximas estandarizadas de natación. Los nadadores no estaban afeitados en el estudio realizado por D'Acquisto y colaboradores (1992); por lo tanto, dichos resultados no se produjeron a causa de un menor arrastre. Sus resultados sugieren que el coste energético de nadar a velocidades submáximas disminuye durante la puesta a punto. Este efecto puede a su vez proporcionar una mayor resistencia para los esfuerzos máximos.

Quiero resumir los resultados de las investigaciones que se acaban de mencionar. Actualmente parece que la puesta a punto aumentará la fuerza y la potencia de las fibras musculares. Este efecto es más pronunciado en las fibras musculares de contracción rápida. El consumo máximo de oxígeno no aumenta como resultado de la puesta a punto. No obstante, existen indicaciones de que la resistencia aeróbica mejora, quizá porque aumenta la eficacia después del descanso de manera que disminuyen las necesidades de oxígeno para nadar a una cierta velocidad. Quedan por determinar los efectos de la puesta a punto sobre la eliminación del lactato durante el ejercicio y sobre la capacidad amortiguadora. Cualquier mejora en uno de los dos

aumentará el rendimiento.

Los procedimientos para realizar una puesta a punto

La esencia de una buena puesta a punto es tener un descanso suficiente para que tenga lugar la restauración y quizá la supercompensación de ciertos mecanismos fisiológicos, mientras que, al mismo tiempo, no sea demasiado larga de manera que se pierdan adaptaciones valiosas al entrenamiento. Surgen varias preguntas. ¿Cuánto tiempo puede durar la puesta a punto sin que se pierdan las adaptaciones? ¿Cuánto pueden reducirse los volúmenes semanales y diarios de entrenamiento sin perder las adaptaciones? ¿Cuánto pueden disminuir la intensidad y la frecuencia del entrenamiento sin perder las adaptaciones? Trataré estas preguntas en las siguientes cinco secciones.

La duración de la puesta a punto

Las puestas a punto que duran de 1 a 4 semanas han demostrado producir buenos resultados en los nadadores. Yamamoto, Mutoh y Miyashita (1988) encontraron que los cambios fisiológicos positivos del volumen sanguíneo, los glóbulos rojos y la creatincinasa que tienen lugar durante una puesta a punto de 14 días ocurren en los primeros 7 días. D'Acquisto y colaboradores (1992) no encontraron ninguna diferencia en la cantidad de mejora del rendimiento y ninguna pérdida significativa de ciertas medidas fisiológicas en dos grupos de nadadores que realizaron una puesta a punto de 2 semanas y 4 semanas respectivamente. En cambio, Costill y colaboradores (1985) encontraron que el $\dot{V}O_2$máx, el umbral anaeróbico y la potencia muscular disminuyeron después de que un grupo de nadadores realizasen una puesta a punto de 4 semanas. En concordancia con estos resultados, Neufer y sus colaboradores (1988) encontraron un aumento significativo del lactato sanguíneo de 1,8 mmol/l después de nadar una repetición normalizada de 200 yardas después de 4 semanas de entrenamiento reducido. El kilometraje de

entrenamiento se redujo en aproximadamente un 80% durante 4 semanas en este estudio, y disminuyó la frecuencia de entrenamiento a la mitad. Se redujo el total semanal normal de 54.000 yardas de estos nadadores (9.000 yardas al día, 6 días por semana) a 9.000 yardas (3.000 yardas al día, 3 días por semana). En contradicción con estos resultados, Mujika y colaboradores (1996) estudiaron los efectos de períodos de puesta a punto de 3, 4 y 6 semanas sobre el rendimiento en la natación. Los nadadores mejoraron su rendimiento de forma significativa con las puestas a punto de 3 y 4 semanas, pero experimentaron disminuciones del rendimiento después de la de 6 semanas.

De estos resultados parece deducirse que se puede lograr el efecto de la puesta a punto en un período de 7 a 14 días y mantenerlo durante 14 días adicionales. Estas generalizaciones no tienen en cuenta las reacciones individuales de los nadadores. Los que se recuperan rápidamente y los que han mantenido un buen equilibrio de entrenamiento probablemente pueden lograr un efecto de puesta a punto durante un período de entre 7 y 14 días. Los nadadores, particularmente los velocistas, que no se recuperan tan rápidamente y los que han experimentado reducciones elevadas de potencia anaeróbica pueden requerir períodos más largos de puesta a punto para lograr su rendimiento máximo. De hecho, en el estudio citado anteriormente (Mujika *et al.*, 1996) la duración óptima de la puesta a punto para diferentes nadadores fue de entre 12 y 32 días.

El equilibrio del entrenamiento y la puesta a punto

En mi historia como entrenador, los desequilibrios que ocurrieron durante la temporada regular hicieron que algunos nadadores necesitasen una puesta a punto más larga que otros. Específicamente, los nadadores pueden realizar demasiado entrenamiento intenso de resistencia o demasiado trabajo intenso de velocidad durante la temporada. Cualquiera de estos dos desequilibrios del entrenamiento puede producir una u otra de las reacciones siguientes. Los nadadores que realizan demasiado entrenamiento intenso de resistencia y demasiado entrenamiento intenso de velocidad pueden reducir su potencia

anaeróbica hasta el punto de que no posean la velocidad necesaria para realizar las primeras partes de sus pruebas a la velocidad competitiva. La segunda reacción es la opuesta a la primera. Los nadadores que realizan demasiado poco entrenamiento de resistencia pueden aumentar su potencia anaeróbica tanto que suelen producir altos niveles de ácido láctico a velocidades lentas. Cuando ocurre esto, sufrirán una acidosis severa a velocidades más lentas.

Todos hemos conocido a nadadores que han realizado tiempos mucho mejores varios días o incluso varias semanas después de una competición importante. Normalmente estos nadadores habían experimentado uno de los dos desequilibrios de entrenamiento que se acaban de mencionar. En el primer caso, su potencia anaeróbica puede haber disminuido tanto que no puede recuperarse hasta el nivel normal a tiempo para la primera competición importante. Por consiguiente, estos nadadores no pudieron obtener el mejor tiempo de la temporada en esta competición. Sin embargo, después de unas semanas más, la potencia anaeróbica volvió a su nivel normal y pudieron nadar considerablemente más rápido. Este resultado se produce a menudo cuando los nadadores que fueron entrenados de forma equivocada realizaron un poco de entrenamiento de resistencia básica durante algunas semanas después de su competición principal. El entrenamiento de la resistencia básica probablemente mantenía su capacidad aeróbica con una intensidad reducida, de manera que pudieron lograr su mejor rendimiento de la temporada después de haber readquirido su potencia anaeróbica.

La misma situación puede ocurrir cuando demasiado entrenamiento intenso de resistencia ha suprimido la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica. Una superabundancia de entrenamiento de resistencia de intensidad alta puede hacer que algunos nadadores participen en su primera competición importante con una tasa de metabolismo anaeróbico tan alta que acumulen grandes cantidades de ácido láctico en sus músculos a bajas velocidades de natación. En su caso, unas semanas adicionales de entrenamiento de resistencia básica puede reducir la tasa de metabolismo anaeróbico hasta el punto que puedan nadar las primeras partes de su prueba a la misma velocidad y con menos acidosis. Como resultado, podrán nadar las últimas partes de la prueba a una mayor velocidad media.

Cuando se ha mantenido el equilibrio delicado entre el entrenamiento de resistencia y el de velocidad de forma óptima durante la temporada regular, los nadadores tienen una buena posibilidad de lograr una puesta a punto eficaz en un plazo de 1 a 3 semanas. Cuando no es así, puede que necesiten 1 ó 2 semanas adicionales antes de poder obtener buenos tiempos.

La intensidad, el volumen y la frecuencia del entrenamiento durante la puesta a punto

Durante la puesta a punto, el volumen, la frecuencia y la intensidad del entrenamiento deben disminuir para permitir a los nadadores recuperarse de las semanas y meses de entrenamiento. Sin embargo, los nadadores no pueden descansar totalmente, o perderán sus adaptaciones al entrenamiento. Los entrenadores y los nadadores deben decidir cuánto y durante cuánto tiempo reducir cada uno de estos factores.

La intensidad de entrenamiento

Mantener la intensidad de entrenamiento en los niveles previos a la puesta a punto o cercana a ellos parece ser el factor más importante para lograr un rendimiento pico al final de la misma. En otras palabras,los nadadores no pueden simplemente nadar con suavidad durante una puesta a punto. Deben pasar algún tiempo entrenándose a la velocidad normal de la temporada si quieren mantener sus adaptaciones al entrenamiento. Sheply y colaboradores (1992) realizaron tres procedimientos de puesta a punto con tres grupos de corredores de campo a través y de fondo. Todos los grupos realizaron una puesta a punto de 7 días. Los corredores del primer grupo, el grupo de la puesta a punto de intensidad alta, redujeron su volumen de entrenamiento un 90% durante este período pero corrieron una serie corta de 500 m cada día al 120% de su $\dot{V}O_2$ máx. El segundo grupo, el de la puesta a punto de volumen

alto, redujo su volumen de entrenamiento en sólo un 65% y no hizo ninguna carrera rápida. En su lugar, realizó su kilometraje reducido de entrenamiento a aproximadamente una intensidad del 60% de su tasa de consumo máximo de oxígeno. El tercer grupo descansó completamente, y no corrieron durante el período de la puesta a punto. Todos los grupos hicieron unas pruebas de carrera hasta el agotamiento antes y después de la puesta a punto. El grupo de alta intensidad mejoró un 22% después de la puesta a punto. Los otros grupos no mostraron ninguna mejora a pesar del hecho de que habían aumentado su glucógeno muscular y su potencia muscular tanto como el grupo de alta intensidad. Este último grupo aumentó el volumen sanguíneo y los glóbulos rojos mientras que los otros dos grupos no. Estos cambios pueden ser responsables en parte de la mejora del grupo de alta intensidad.

Los resultados de otros estudios apoyan el hallazgo de que los deportistas deben mantener un cierto nivel mínimo de intensidad de entrenamiento durante una puesta a punto. En otros estudios de corredores y de nadadores, mejoraron su rendimiento después de la puesta a punto sólo cuando mantuvieron la intensidad del entrenamiento de resistencia por encima del 90% del $\dot{V}O_2$máx. Esto sería a la velocidad del umbral anaeróbico o más rápida (Anderson *et al.*, 1992; Costill *et al.*, 1985; Houmard, 1991; Houmard *et al.*, 1994; Sheply *et al.*, 1992.). En una serie de estudios realizados por Hickson y colaboradores (Hickson y Rosenkoetter, 1981; Hickson *et al.*, 1982; Hickson *et al.*, 1985), el rendimiento se deterioró en los grupos de sujetos que redujeron su velocidad de entrenamiento en un tercio y en dos tercios. El grupo que redujo la velocidad de entrenamiento en un tercio mostró una reducción del 21% en sus tiempos de carrera y de pedaleo hasta el agotamiento (184 min antes comparados con 145 min después). El grupo que redujo la velocidad de entrenamiento en dos tercios tuvo una disminución del 30% (202 min comparados con 141 min después), aunque dicho efecto no se produjo hasta que el grupo llevó 5 semanas de puesta a punto.

Mantener la intensidad de entrenamiento cerca del umbral anaeróbico (por encima del 70% del $\dot{V}O_2$ máx) al parecer puede mantener la resistencia durante hasta 5 semanas. Por supuesto, el objetivo es mejorar el rendimiento, de manera que es probablemente mejor seguir con algún entrenamiento de resistencia a una intensidad por encima del umbral anaeróbico (mayor del

90% del $\dot{V}O_2$máx) porque al hacerlo parece que se obtiene un mejor rendimiento después de una puesta a punto. Troup (1989) sugirió que los nadadores realizasen entre el 12% y el 15% del volumen diario de entrenamiento por encima de la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico durante una puesta a punto.

El volumen de entrenamiento semanal

Los entrenadores han utilizado intuitivamente reducciones tan pequeñas como el 30% y tan grandes como el 90% durante la puesta a punto. En los estudios en los que el rendimiento de los nadadores mejoró después de una puesta a punto, las reducciones del volumen de entrenamiento fueron de entre el 60% y el 90% del máximo para la temporada (Costill *et al.,* 1985; D'Acquisto *et al.,* 1992). La investigación sugiere que el volumen de entrenamiento debe disminuir entre un 80% y un 90% durante las puestas a punto cortas (menos de 10 días) y mantenerse en un nivel del 60% al 70% del normal durante las puestas a punto largas. En un estudio, una reducción del 62% del volumen semanal de entrenamiento no mejoró el rendimiento después de una puesta a punto de 7 días. En cambio, el rendimiento mejoró en un 22% en una carrera hasta el agotamiento cuando el volumen de entrenamiento se redujo en un 90% durante el mismo período (Sheply *et al.*, 1992). En otro estudio, una reducción del volumen de entrenamiento del 85% durante 7 días mejoró el rendimiento un 3% en una carrera de 5 km (Houmard *et al.,* 1994). En contraste con estos resultados, el rendimiento de nadadores mejoró en varios estudios en los que el volumen de entrenamiento se redujo entre un 65% y un 80% para puestas a punto que duraron de 2 a 4 semanas (Anderson *et al.,* 1992; Costill *et al.,* 1985; D'Acquisto *et al.,* 1992; Mujika *et al.,* 1996).

El volumen de entrenamiento diario

Troup (1989) afirmó que se podría mantener el rendimiento durante hasta 5 semanas incluso cuando la duración del entrenamiento se redujo de 3 h al día a 1 h al día si la frecuencia permanecía en 6 días por semana y una parte del entrenamiento se realizaba más rápidamente que la velocidad correspondiente al umbral anaeróbico. Los resultados de un estudio de Hickson y colaboradores (1982) apoyan este hallazgo. Demostraron que la resistencia podría mantenerse con una reducción del 35% de la duración del entrenamiento diario si se mantenía la frecuencia semanal en 6 días por semana. También se mantenía la resistencia en pruebas que duraban 2 min o menos cuando la duración del entrenamiento se redujo en un 68%, pero el rendimiento en las pruebas más largas disminuyó en un 10%. Hickson y sus colaboradores también encontraron que los nadadores podrían mantener su rendimiento hasta 15 semanas mientras que mantenían su entrenamiento en 60 min al día 4 días a la semana.

La frecuencia del entrenamiento

Los resultados de investigaciones sobre la frecuencia del entrenamiento y la puesta a punto son más ambiguos que los resultados de estudios sobre los otros dos factores. Los resultados de diversos estudios muestran que las adaptaciones debidas al entrenamiento de resistencia pueden mantenerse durante varias semanas si se mantiene la frecuencia del entrenamiento en 3 días por semana o más (Bryntesson y Sinning, 1973; Hickson y Rosenkoetter, 1981; Houmard *et al.,* 1989; Neufer *et al.,* 1987). Sin embargo, la fuerza muscular y la potencia anaeróbica pueden mantenerse, al parecer, con una frecuencia de entrenamiento menor. Se puede mantener la fuerza muscular en seco durante varias semanas con sólo una sesión de entrenamiento por semana (Graves *et al.,* 1988), y la capacidad anaeróbica se ha mantenido hasta durante 15 semanas cuando la frecuencia de entrenamiento se redujo a dos sesiones por semana (Hickson y Rosenkoetter, 1981).

A pesar de estos resultados, Neufer y colaboradores (1987) encontraron que la potencia de natación en el agua disminuía cuando se redujo la frecuencia de entrenamiento por debajo de 3 días por semana. Los

investigadores redujeron la frecuencia de entrenamiento de 6 días por semana a 3 días por semana para un grupo de nadadores y a 1 día por semana para otro grupo. Después de 4 semanas, la potencia de natación y la distancia por brazada eran significativamente menores en el grupo que se entrenaba sólo 1 día por semana, pero el grupo que se entrenaba 3 días por semana mantuvo la potencia y la distancia por brazada en los niveles existentes antes de la puesta a punto. Los autores pensaron que los nadadores pueden perder su sensibilidad al agua cuando se reduce la frecuencia del entrenamiento demasiado drásticamente.

Aunque las investigaciones disponibles indican que los nadadores pueden mantener las adaptaciones de entrenamiento con una frecuencia de entrenamiento de 3 días por semana, sugiero una frecuencia de 5 a 6 días por semana para prevenir una pérdida y quizá para producir efectos de supercompensación. El razonamiento en que se basa esta recomendación es que aunque los nadadores pueden mantener las adaptaciones de entrenamiento con una frecuencia de 3 días por semana, de 1 a 3 días adicionales de entrenamiento pueden producir efectos de supercompensación que mejorarán el rendimiento. Se mantuvieron las frecuencias de entrenamiento en 4 a 6 días en estudios que encontraron mejoras del rendimiento después de la puesta a punto (Anderson *et al.*, 1992; Costill *et al.*, 1985; Houmard, 1991; Sheply *et al.*, 1992).

Puestas a punto graduales y repentinas

En las puestas a punto graduales el kilometraje de entrenamiento disminuye progresivamente desde el principio hasta el fin de la misma. Se reduce mucho el kilometraje al principio de una puesta a punto repentino y permanece en este nivel bajo durante el resto del tiempo. La mayoría de los estudios citados anteriormente utilizaron puestas a punto repentinas, aunque puede que no fuera el mejor procedimiento que podían haber utilizado. Un estudio comparó las puestas a punto graduales con las repentinas y encontró que las primeras eran superiores. Un grupo de triatletas mejoraron en un 11,8% en una carrera de 5 km después de una puesta a punto gradual de 10 días, mientras que un

segundo grupo mejoró sólo en un 3% utilizando una puesta a punto repentina (Zarkadas, Carter y Bannister, 1994).

A pesar de dichos resultados, en algunas situaciones una puesta a punto repentina puede ser superior a una gradual. Una repentina es probablemente el mejor procedimiento para las puestas a punto cortas, las de 7 días o menos, porque una reducción del kilometraje de incluso el 80% ó el 90% probablemente no causaría una pérdida de resistencia en un período de tan corta duración (Houmard *et al.*, 1994; Sheply *et al.*, 1992). Sin embargo, un procedimiento gradual es posiblemente la mejor elección para los períodos más largos de puesta a punto porque es más probable que los nadadores mantengan la resistencia manteniendo su kilometraje de entrenamiento a un nivel moderado durante la primera o las dos primeras semanas de la misma. Además, la reducción gradual del kilometraje de entrenamiento puede ayudar a los nadadores a lograr el pico de su rendimiento al final de la puesta a punto cuando tiene lugar la mayor reducción de kilometraje.

Sugerencias para la puesta a punto

Proporcionaré algunas sugerencias para realizar una puesta a punto en esta sección. La tabla 18.1 resume dichas sugerencias.

Creo que una puesta a punto principal debe durar de 2 a 3 semanas para los mediofondistas, fondistas y velocistas. Sin embargo, sugiero que la puesta a punto principal sea precedida por un período prepuesta a punto de 1 a 2 semanas. El objetivo de ésta es ayudar a los entrenadores a evaluar el nivel de fatiga y los posibles desequilibrios de entrenamiento en cada nadador. Entonces pueden establecer la duración y la estructura de la puesta a punto principal para proporcionar un equilibrio de descanso y trabajo que permitirá a cada nadador lograr un rendimiento máximo cuando termine. Por supuesto, sólo es factible realizar una prepuesta a punto cuando los nadadores hayan terminado una temporada de una duración razonable, de más de 17 semanas.

Cuando las temporadas son cortas, las últimas 2 semanas antes de la puesta punto deben utilizarse para un entrenamiento adicional. Los procedimientos para cada semana de la prepuesta a punto y la puesta a punto principal se describirán en las próximas secciones.

La prepuesta a punto

El período de prepuesta a punto es un período de entrenamiento reducido que proporciona una válvula de seguridad para los nadadores que pueden necesitar más de 2 a 3 semanas para lograr una puesta a punto completa y un rendimiento máximo. En este período, se reducen un poco el kilometraje y la intensidad del entrenamiento, aunque no hasta los niveles de la puesta a punto. Se debe mantener la frecuencia del entrenamiento en su número normal de sesiones por semana. El objetivo de la prepuesta a punto es evaluar la rapidez con la que el nadador probablemente se recuperará de los meses anteriores de entrenamiento duro.

Tabla 18.1. Resumen de la investigación sobre los parámetros de la puesta a punto

VARIABLE DE ENTRENAMIENTO	SUGERENCIAS PARA PRUEBAS MÁS CORTAS Y MÁS LARGAS	
	Pruebas cortas 19 s-2 min	**Pruebas largas 4-20 min**
Duración	14-21 días	7-14 días
Kilometraje semanal	30-40% del máximo antes de la puesta punto	40-60% del máximo antes de la puesta a punto
Kilometraje diario	1/3-1/2 del máximo antes de la puesta a punto	1/2 a 2/3 del máximo antes de la puesta a punto

Intensidad Kilometraje nadado por encima del umbral anaeróbico	25-40% del volumen normal de antes de la puesta a punto	40-50% del volumen normal de antes de la puesta a punto
Reducción de las velocidades normales de entrenamiento	No más del 20% de las velocidades de antes de la puesta a punto	No más del 20% de las velocidades de antes de la puesta a punto
Frecuencia semanal	4-6 días por semana	5-6 días por semana

El kilometraje de entrenamiento debe disminuir de un 15% a un 20% si los nadadores están cubriendo 9.000 m o yardas o más. Los que se están entrenando una vez al día con 5.000 ó 6.000 m o yardas deben permanecer con su kilometraje normal, pero deben reducir su intensidad normal de entrenamiento de resistencia básica en aproximadamente 2 a 3 s por 100 m o yardas. La velocidad de las series al nivel del umbral o con sobrecarga deben seguir en los niveles usuales para la temporada, aunque el kilometraje a estos niveles debe disminuir de un 15% a un 20%. La cantidad, pero no la calidad, del entrenamiento de velocidad máxima debe disminuir también. El entrenamiento contra resistencia y de flexibilidad en seco también debe reducirse a niveles de mantenimiento.

Se debe evaluar la tasa de recuperación de los nadadores al final de cada una de las 2 semanas de prepuesta a punto. Los que están respondiendo bien tendrán más energías para finales de la primera semana. Puede que rindan mejor en las competiciones y probablemente alcanzarán una mayor velocidad máxima en el entrenamiento. Sus resultados en varios tests de rendimiento, sea con análisis de sangre o en series normalizadas, también deben mejorar considerablemente. Estos nadadores pueden volver al entrenamiento regular sin problemas para las próximas 1 ó 2 semanas.

Los nadadores que no parezcan estar recuperándose después de la primera

semana deben empezar su puesta a punto en la siguiente semana. Es decir, deben empezar la puesta a punto durante la segunda semana del período prepuesta a punto. El programa durante esta semana debe ser como el que describiré para la primera semana de la puesta a punto en la sección siguiente.

El período de la puesta a punto

La puesta a punto debe durar 2 ó 3 semanas. El kilometraje de entrenamiento debe disminuir gradualmente durante cada semana de manera que los nadadores no corran el riesgo de perder resistencia mientras que se están recuperando. El volumen del entrenamiento de recuperación debe aumentar considerablemente mientras que los volúmenes de entrenamiento básico (Re-1), al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) y de velocidad deben reducirse gradualmente. Los nadadores deben mantener la velocidad en estas series de natación cercanas a los niveles anteriores a la puesta a punto. No deben responder al menor volumen nadando a una velocidad media más alta, excepto en las series cortas de velocidad máxima. Nadar demasiado deprisa es un error común que retrasará el proceso de recuperación. Los nadadores deben comprender que están tratando derecuperarse, de manera que no deben aumentar la intensidad del entrenamiento durante la puesta a punto.

Tabla 18.2. Frecuencia y kilometraje de entrenamiento durante la puesta a punto

FASE DE LA PUESTA A PUNTO	FRECUENCIA	KILOMETRAJE/DÍA		KILOMETRAJE/SEMANA	
		Velocistas	Mediofondistas y fondistas	Velocistas	Mediofondistas y fondistas
Antes de la puesta a punto		8.000-10.000	14.000-16.000	50 km	85 km
Período de puesta a punto					
1ª semana	10-11/semana	4.000-5.000	8.000-9.000	25 km	40 km
2ª semana	8-10/semana	2.000-3.000	4.000-6.000	15 km	25 km
3ª semana (el campeonato empieza en medio de la semana)	Dos sesiones diarias hasta que empiece el campeonato	Sólo calentamiento			

La tabla 18.2 presenta el esquema de un plan general para la puesta a punto para nadadores absolutos velocistas, mediofondistas y fondistas que han estado entrenándose dos veces al día, 5 ó 6 días a la semana. Estoy presuponiendo un kilometraje normal prepuesta a punto de 40 a 50 km para los velocistas y de 70 y 85 km para los mediofondistas y fondistas.

Primera semana

La frecuencia de entrenamiento debe permanecer cerca del nivel normal, pero los nadadores pueden saltarse dos o tres sesiones matinales para tener un poco de descanso adicional que puede ayudarles en el proceso de recuperación.

El volumen de entrenamiento de recuperación debe aumentar desde su nivel usual del 10% al 15% del kilometraje semanal hasta entre el 30% y el 40% de este total. El kilometraje de la resistencia básica (Re-1) debe disminuir hasta entre un 30% y un 40% del total. La velocidad media para el entrenamiento de resistencia puede reducirse sin riesgos en 1 ó 3 s por 100 m

sin perder resistencia. No obstante, puede ser que se mantenga la resistencia mejor nadando las repeticiones de la resistencia básica a la velocidad anterior a la puesta a punto, permitiendo que la reducción del kilometraje total de entrenamiento estimule la recuperación.

Las sesiones matinales deben acortarse a aproximadamente 2.000 m o yardas para los velocistas y a 3.000 a 4.000 m o yardas para los mediofondistas y fondistas. La mayor parte del kilometraje matinal debe ser en forma de natación de recuperación y de la resistencia básica, sólo piernas, sólo brazos y ejercicios de brazada. Si es posible, el entrenamiento de la mañana debe tener lugar a la misma hora a la que se celebrarán las eliminatorias preliminares para ayudar a orientar los relojes biológicos de los nadadores para competir a la misma hora. Programar la sesión de la mañana a esta hora también proporcionará un descanso adicional porque la mayoría de los nadadores podrán entrenarse más tarde de lo normal. De igual forma, la segunda sesión del día debe realizarse a la hora de las finales si es factible hacerlo.

Los velocistas deben nadar de 2.000 a 3.000 m o yardas en la sesión de la tarde. Los mediofondistas y los fondistas deben nadar de 4.000 a 5.000 m o yardas por la tarde. Los mediofondistas, los fondistas y los velocistas de las pruebas más largas deben dedicar tres sesiones de tarde a mantener la resistencia muscular aeróbica y anaeróbica terminando una serie mixta de repeticiones al nivel del umbral (Re-2) y a la velocidad competitiva durante cada sesión. Esta serie puede tener de 800 a 1.200 m o yardas para los velocistas hasta 2.000 m o yardas para los mediofondistas y fondistas. Pueden realizarla como una serie descendente acelerando hasta la velocidad competitiva cerca del final, o pueden realizar dos series nadando la primera al nivel del umbral y la segunda a la velocidad competitiva. El resto del kilometraje de resistencia de la tarde debe estar en las categorías de resistencia básica y recuperación. Los velocistas especialistas en las pruebas cortas no necesitan nadar a la velocidad al nivel del umbral o con sobrecarga en este momento. Pueden mantener su resistencia aeróbica con series cortas diarias de entrenamiento de resistencia básica.

Los velocistas deben incluir dos series cortas a la velocidad competitiva durante esta semana. Pueden nadar tan rápidamente como sea posible en estas

repeticiones. Una o dos series rotas o una serie corta de repeticiones a la velocidad deseada para la competición es apropiada para este propósito. Series como de 4 a 6 x 50 con 2 ó 3 min de descanso o de 3 a 4 x 100 con 2 a 5 min de descanso son apropiadas para este objetivo.

Todos los nadadores deben realizar algún entrenamiento de velocidad durante esta semana. Para este objetivo, los mediofondistas y fondistas pueden utilizar series de 4 a 6 x 25 con un tiempo de salida de 2 min o de 3 a 4 x 50 con un tiempo de salida de 3 min. Los velocistas especialistas en las pruebas cortas y largas pueden utilizar el trabajo a la velocidad competitiva para el entrenamiento de velocidad. Pueden nadar series cortas tales como de 4 a 6 x 25 a la velocidad de 100 ó de 3 a 4 x 50 a la velocidad de 200. También deben nadar una serie corta de repeticiones de velocidad o a la velocidad competitiva durante dos sesiones matinales por semana para mantener la costumbre de nadar rápidamente a primera hora de la mañana.

Los nadadores deben realizar un buen calentamiento mucho antes de la sesión de entrenamiento y nadar para volver a la calma de 800 a 1.500 m o yardas después de cada entrenamiento. Los estiramientos deben seguir precediendo cada sesión. Debe interrumpirse el entrenamiento en seco. Puede que algunas personas no estén de acuerdo con este último consejo, pero las investigaciones sugieren que la fuerza y la potencia en seco aumentarán en la puesta a punto durante un período de al menos 15 días sin un entrenamiento adicional (Costill *et al.*, 1985). La natación a velocidad máxima debe proporcionar el estímulo necesario para mantener la fuerza y la potencia en el agua, de manera que no es necesario un entrenamiento adicional en seco.

La única excepción al plan que acabo de esquematizar se relaciona con los nadadores, generalmente los velocistas, que muestran signos de una excesiva fatiga al final del período anterior a la puesta a punto. Su potencia anaeróbica probablemente sigue estando en un nivel bajo, y puede que necesiten una reducción considerable del kilometraje de entrenamiento para recuperar su velocidad. Por consiguiente, deben reducir su kilometraje e intensidad de entrenamiento drásticamente durante la primera semana de la puesta a punto. Se entrenarán sólo una vez al día realizando 3.000 ó 4.000 m o yardas, la mayor parte como calentamiento, recuperación o repeticiones a la velocidad de la resistencia básica. Deben practicar los ejercicios de brazada y trabajar

las salidas y los virajes. Mantendrán la intensidad de entrenamiento nadando sólo una o dos series mixtas descendentes a las velocidades correspondientes a la resistencia al nivel del umbral (Re-2) y con sobrecarga (Re-3) durante la semana. No deben sumar más de 800 m o yardas cada una. Deben realizar algún entrenamiento a la velocidad competitiva durante 2 ó 3 días, pero sólo una serie corta a la velocidad competitiva durante la semana.

Segunda semana

El plan sugerido para esta semana es casi idéntico al de la semana precedente excepto que el kilometraje de entrenamiento debe reducirse aún más. Los velocistas pueden estar entrenándose no más de 3.000 a 4.000 m o yardas al día y los mediofondistas y fondistas deben reducir su kilometraje diario a hasta 4.000 a 6.000 m o yardas. La frecuencia del entrenamiento debe ser la misma que en la semana anterior. Los nadadores que parecían estar excesivamente fatigados durante la semana anterior deben realizar el programa regular esta semana si muestran signos de estar recuperándose. Si no, deben continuar con su programa reducido de la semana anterior.

Los mediofondistas, los fondistas y los velocistas especialistas en pruebas largas deben nadar entre 2.000 y 3.000 m o yardas por la mañana, con la mayor parte del kilometraje a la velocidad de recuperación o de la resistencia básica (Re-1). Deben nadar dos series mixtas de entrenamiento al nivel del umbral y a la velocidad competitiva durante esta semana. Dichas series deben ser similares en distancia e intensidad a las de la semana anterior. El kilometraje restante debe constar de calentamiento, recuperación y natación de la resistencia básica (Re-1) en forma de ejercicios de brazada, sólo brazos, sólo piernas y series que no superen los 2.000 m o yardas.

Los velocistas especializados en las pruebas cortas deben nadar de 1.000 a 2.000 m o yardas durante las mañanas cuando se entrenan y de 2.000 a 3.000 m o yardas por la tarde. La mayor parte de este kilometraje debe seguir siendo en forma de calentamiento, recuperación y natación de la resistencia básica (Re-1) en series de 1.000 a 1.200 m o yardas. Deben realizar series a la

velocidad competitiva de 400 a 800 m o yardas dos veces durante esta semana.

Los mediofondistas y fondistas deben realizar su entrenamiento de velocidad de la misma forma y con el mismo volumen que la semana anterior. Los velocistas especializados en las pruebas largas y cortas deben hacer algo de trabajo a la velocidad competitiva dos o tres veces durante esta semana. Estos esfuerzos servirán como su entrenamiento de la velocidad. Al igual que la semana anterior, los nadadores deben realizar algún trabajo a la velocidad competitiva dos o tres mañanas durante la semana para seguir acostumbrados a nadar rápidamente a primera hora de la mañana. Los nadadores deben seguir con los estiramientos antes de cada sesión de entrenamiento para mantener el mayor rango de movimiento posible.

Tercera semana

El programa que recomiendo para esta semana se basa en el supuesto de que la competición se celebre durante los últimos 1 a 4 días de la semana. Los nadadores deben seguir viniendo a la piscina dos veces al día, entrenándose de la misma forma que la semana anterior hasta que estén a 3 días del comienzo de la competición. Después de esto su entrenamiento debe consistir sólo en largos calentamientos, ejercicios de brazada y vueltas a la calma con un pequeño volumen de trabajo a la velocidad competitiva. Pueden reducir su entrenamiento durante los últimos 3 días antes de la competición sin temer perder resistencia. El descanso adicional puede restaurar o supercompensar la capacidad aeróbica y la potencia muscular más eficazmente.

Comentarios generales sobre la puesta a punto

Se debe prestar una especial atención a perfeccionar las salidas, los virajes y las salidas de relevos durante la puesta a punto. Los nadadores deben

practicar las salidas y los virajes por lo menos cada dos sesiones. El entrenamiento a la velocidad competitiva también debe ser una prioridad. Los nadadores deben realizar repeticiones de menos de la distancia de la prueba hasta que puedan replicar su velocidad ideal para las competiciones en 0,20 a 0,50 s para los segmentos de 50 y 100 respectivamente. En algunos casos, nadar a la velocidad competitiva ideal puede no ser realista cuando los nadadores no están afeitados. En este caso, deben nadar a su frecuencia de brazada ideal en lugar de a su velocidad competitiva ideal cuando están haciendo entrenamientos a la velocidad competitiva.

Los nadadores y los entrenadores deben pasar algún tiempo conversando sobre la competición y la estrategia competitiva. Los entrenadores deben aconsejar a los nadadores acerca de realizar un buen calentamiento, particularmente en las condiciones en las que hay muchos competidores, hecho que encontrarán en la mayoría de los campeonatos importantes. Deben advertirles que hay que nadar durante 15 a 20 min para volver a la calma después de sus pruebas para que puedan recuperarse más rápida y eficazmente. Los entrenadores y los nadadores también deben hablar sobre la estrategia a seguir en las eliminatorias y finales con respecto a temas como la dificultad para clasificarse para la final y el número de calle que prefieren si se clasifican. También se debe asesorar a los nadadores acerca de su plan para la carrera contra ciertos competidores en la final.

Una buena parte del calentamiento, vuelta a la calma y entrenamiento de resistencia básica y de recuperación de los nadadores debe realizarse en forma de ejercicios de brazada. Los nadadores también deben concentrarse en utilizar la mejor mecánica posible en todas sus repeticiones a la velocidad competitiva, a velocidad máxima y de resistencia intensa. La fatiga de un entrenamiento duro a veces hace que las brazadas se deterioren un poco, de manera que la puesta a punto es un momento excelente para pulir la técnica.

Los nadadores no deben intentar realizar cambios significativos en sus brazadas en este momento. La mayoría de ellos no pueden cambiar su brazada en la competición sin semanas de práctica. Por consiguiente, intentar cambios importantes de la brazada en estos momentos puede tener un efecto perjudicial porque los nadadores podrían participar en la competición realizando brazadas que no sienten como naturales y que pueden ser menos

eficaces.

Las puestas a punto más cortas

El plan general de una puesta a punto de 3 semanas que acabo de presentar puede necesitar ser ajustado para ciertos nadadores y en ciertas situaciones. Algunos nadadores pueden responder mejor a una puesta a punto que dure 1 ó 2 semanas. El plan general puede adaptarse a uno de 2 semanas simplemente utilizando el formato que acabo de describir para las últimas 2 semanas del plan de tres.

El formato de las 3 semanas también puede adaptarse a una puesta a punto más corta con ajustes adicionales. Una puesta a punto corta debe empezar de 7 a 10 días antes de la competición. En este momento el kilometraje de entrenamiento debe disminuir de un 80% a un 90%. El entrenamiento de recuperación debe aumentar tal y como lo hacía en el plan general, y la mayor parte del kilometraje restante debe estar en forma de entrenamiento de resistencia básica (Re-1). Se deben programar dos series de la resistencia de mantenimiento que incluyan el entrenamiento al nivel del umbral (Re-2) y a la velocidad competitiva entre el 3er y el 7º día de esta puesta a punto corta. Dichas series deben ser similares a las que describí para la segunda semana de la puesta a punto de 3 semanas. Los nadadores que están realizando una puesta a punto corta deben, al igual que los otros, simplemente calentar y realizar un pequeño volumen de trabajo a la velocidad competitiva durante los últimos 3 días antes de que empiece la competición.

Sobreentrenamiento de la velocidad

Muchos nadadores cometen el error de realizar demasiados entrenamientos de velocidad durante la puesta a punto. Lo hacen quizá porque se sienten bien al estar recuperándose o porque esperan ganar confianza con algunas

repeticiones rápidas. Sea cual sea la razón, demasiado entrenamiento de velocidad puede interferir con la recuperación de la potencia anaeróbica. Si los nadadores han realizado bastante entrenamiento de velocidad durante la temporada, deben reducir, no incrementar, el volumen de este tipo de entrenamiento para que se produzca la recuperación o la superadaptación de la velocidad de la contracción muscular y de la tasa de metabolismo anaeróbico.

Ganancia de peso

Los nadadores deben reducir su ingesta calórica durante la puesta a punto para prevenir la acumulación de un exceso de tejido adiposo durante este momento de un volumen menor de entrenamiento. Sin embargo, se debe esperar una ganancia de peso de 1 a 2 kg porque muchos nadadores habrán estado un poco deshidratados durante la temporada a causa de niveles crónicamente bajos de glucógeno muscular. Ganarán el peso del agua durante la puesta a punto porque la reposición y la supercompensación del glucógeno muscular les harán superhidratarse. Su cuerpo almacenará aproximadamente 3 g de agua por cada gramo de glucógeno que depositen (Wilmore y Costill, 1999). Por consiguiente, los primeros 1 ó 2 kg de ganancia de peso durante la puesta a punto vendrán principalmente del depósito de más agua, no de un aumento del tejido adiposo. Los nadadores deben evitar ganar peso más allá de este nivel reduciendo la ingesta calórica para ajustarse al nuevo gasto menor.

La individualización de la puesta a punto

Debido a la complejidad del ser humano, existen muchos factores que pueden afectar la interacción y el equilibrio de los diferentes tipos de entrenamiento que conducirán al rendimiento óptimo. En este equilibrio influirán la edad, el sexo, la duración de la prueba, el volumen del entrenamiento previo y la

capacidad individual para responder ante el entrenamiento y de recuperarse después. Por lo tanto, la mayoría de los nadadores necesitarán utilizar una puesta a punto un poco individualizada. La siguiente lista incluye algunos de los ajustes individuales más comunes realizados durante la puesta a punto.

- Los jóvenes nadadores absolutos parecen necesitar más tiempo para recuperarse que los nadadores de los grupos de edad, probablemente porque los nadadores mayores tienen más tejido muscular y una potencia anaeróbica mayor. Por consiguiente, pueden necesitar más tiempo para reparar y mejorar este tejido durante la puesta a punto.
- Las mujeres parecen necesitar menos tiempos para recuperarse que los hombres.
- Los fondistas generalmente deben mantener un mayor volumen de entrenamiento durante la puesta a punto, y la duración de la misma probablemente debe ser más corta que la de los velocistas. Generalmente, los fondistas se recuperan más rápidamente del entrenamiento, y no pueden correr el riesgo de perder su capacidad aeróbica descansando demasiado tiempo o reduciendo demasiado el volumen de entrenamiento.
- Los velocistas a menudo necesitan reducir más su volumen de entrenamiento y utilizar una puesta a punto más larga para asegurarse de que hayan optimizado su potencia anaeróbica.
- Los nadadores que se entrenan 10 ó 11 meses al año parecen recuperarse más rápidamente que los que se entrenan sólo durante unos pocos meses al año. Los nadadores que se entrenan regularmente durante el año están generalmente mejor adaptados, de manera que suelen recuperarse más rápidamente, sean velocistas o fondistas.

Esta lista aclara que el tiempo que se necesita para producir una puesta a punto puede diferir de una persona a otra. Los entrenadores expertos en el arte de programar una puesta a punto saben cómo determinar y corregir las respuestas no deseadas de ciertas personas ante la misma. Deben estar preparados para cambiar el plan general de la puesta a punto para cualquier

nadador que no está respondiendo bien. En tales casos, los entrenadores necesitan depender de su experiencia personal y sus conocimientos de la respuesta individual a la puesta a punto del nadador para determinar qué cambios habrá que hacer.

El afeitado

Los nadadores deben afeitarse antes de las competiciones importantes. Un cuerpo afeitado produce significativamente menos arrastre, que se evidencia en el hecho de que la longitud de brazada del nadador aumenta cuando está afeitado. En un estudio sobre la distancia media que cubrían los nadadores con cada ciclo de brazada, ésta aumentó un 5% después de afeitarse (Anderson *et al.*, 1992). Cuando se controló a dichos nadadores en una prueba submáxima de 200 yardas, su frecuencia de brazada era significativamente menor después de afeitarse. Dicho resultado indica una mayor longitud de brazada porque realizaron la repetición de 200 a la misma velocidad antes y después de afeitarse. La reducción de la frecuencia de brazada fue más destacada durante las últimas 100 yardas, lo que indica también que estaban menos cansados en este momento.

Factores psicológicos

El éxito de la puesta a punto está relacionado no sólo con los cambios fisiológicos que tienen lugar sino también con el estado de ánimo del nadador. Los nadadores deben creer que van a nadar bien para que la puesta a punto tenga el efecto deseado. El axioma «el rendimiento es un 90% mental y un 10% físico» probablemente subestima la contribución fisiológica al rendimiento en algún aspecto, pero es completamente acertado en otros. Los nadadores con un acondicionamiento pobre no pueden impulsarse mediante su fuerza de voluntad para dar un rendimiento máximo, sea cual sea su fuerza mental. Pero cuando los nadadores están bien acondicionados, el axioma es

muy acertado. Entre los nadadores bien entrenados, el estado de ánimo del individuo determina mayormente el éxito o el fracaso.

Durante la puesta a punto, los nadadores pueden estar ansiosos respecto a la próxima competición. Esta ansiedad puede afectar su recuperación y por lo tanto su estado de ánimo. Las incertidumbres acerca de la puesta a punto, especialmente los sentimientos de los nadadores sobre si están teniendo demasiado o demasiado poco descanso, pueden erosionar su confianza. Necesitan el apoyo y los consejos de los entrenadores en estas circunstancias. Necesitan que se les convenza de que su programa de entrenamiento ha sido sólido y que todos los signos indiquen que van a nadar bien. Los mejores expertos de todo el mundo son unánimes en aconsejar a los entrenadores mantener la calma y transmitir confianza durante la puesta a punto, incluso cuando estén tan ansiosos como los nadadores. No significa esto que los entrenadores deban mentir a los nadadores. Hay que informarles si se cree que la puesta a punto no progresa bien. Sin embargo, esta evaluación debe acompañarse de sugerencias para corregir la situación para que el nadador pueda tener confianza en que habrá realizado una buena puesta a punto cuando llegue el momento de competir.

Un buen rendimiento en las series rotas o a la velocidad competitiva dará confianza a los nadadores durante la puesta a punto. Buenos resultados en mediciones como los análisis de sangre, las pruebas de potencia y de velocidad y las mediciones de longitud y frecuencia de brazada tendrán el mismo efecto. Sin embargo, desafortunadamente algunos nadadores no rinden bien en estas pruebas durante la puesta a punto. Por razones que no están claras, algunos nadadores tienen un rendimiento pobre durante la puesta a punto y sin embargo hacen una buena marca en la competición. Sospecho que dichos nadadores se dan cuenta intuitivamente de que deben reducir el volumen y la intensidad de natación para restaurar la potencia anaeróbica. Por lo tanto, se reservan en estos esfuerzos, a menudo sin darse cuenta de que lo están haciendo. Los nadadores que reaccionan de esta forma probablemente no deben participar en las repeticiones y tests de evaluación durante la puesta a punto. Los resultados sólo les causarán ansiedad y les mandarán a la competición con poca confianza.

Preparar a los nadadores para el lugar de la competición

Los nadadores deben estar preparados para los problemas que puedan encontrar en el lugar de la competición. Piscinas llenas de competidores, largas colas para entrar en la instalación o el comedor, diferentes maneras de preparar la comida, diferentes franjas horarias, sistemas inadecuados de rebosaderos, rebosaderos con paredes planas, una mala visibilidad en los virajes, poyetes mal construidos y piscinas poco profundas son algunas de las circunstancias comunes que pueden poner nerviosos a los nadadores en los lugares de competición. Los entrenadores deben hablar de estos y otros aspectos con los nadadores antes de que lleguen al lugar de la competición.

En algunos casos, los nadadores deben realizar un entrenamiento de simulación con el fin de prepararse para las condiciones particulares de la piscina donde van a competir. Los entrenadores deben revisar las instalaciones cuando sea posible o hablar de ellas y de las condiciones con otras personas que han estado allí para poder avisar a los nadadores de lo que van a encontrar. Éstos confiarán en su preparación si saben que los entrenadores han considerado todas las posibles eventualidades. Cuando sea posible, el equipo debe llegar al lugar de competición con unos días de antelación para que los nadadores puedan adaptarse al ambiente.

Puestas a punto diferentes para hombres y mujeres

Muchos entrenadores creen que las mujeres requieren una puesta a punto más corta que los hombres. Según mis conocimientos, no se ha realizado ninguna investigación científica acerca de esta creencia. No obstante, dicha evaluación puede ser cierta. Millard y colaboradores (1985) encontraron niveles más bajos de creatinfosfocinasa (CPK) en mujeres que en hombres después de un entrenamiento intenso, aunque los nadadores de ambos sexos hicieron las mismas sesiones de entrenamiento. Este hallazgo sugiere que el entrenamiento similar causó mayores daños musculares en los hombres que

en las mujeres. Puede que éstas se recuperen más rápidamente porque tienen menos daños musculares que reparar.

En uno de los pocos estudios de la puesta a punto en los que los sujetos eran nadadoras, Kenitzer (1998) encontró que un grupo de nadadoras rindieron mejor después de una puesta a punto de 2 semanas. El grupo de 15 nadadoras estuvo igualmente dividido entre velocistas (5), mediofondistas (5) y fondistas (5). Realizaron una puesta a punto de 4 semanas reduciendo el kilometraje un 25% por semana. Se midieron su rendimiento y el valor pico de lactato sanguíneo en una serie de 4 x 100 al final de cada semana. Lograron sus mejores valores al final de la segunda semana y mostraron señales de un rendimiento decreciente durante las últimas 2 semanas de la puesta a punto. Esta pequeña evidencia científica y una gran cantidad de datos anecdóticos sugieren que las mujeres realmente requieren una puesta a punto más corta que los hombres.

La repuesta a punto

En la última década, el número y la proximidad de las competiciones importantes han aumentado. Los nadadores ahora deben realizar una puesta a punto principal para una competición importante y luego hacer una o más repuestas a punto para competiciones posteriores. Los procedimientos de entrenamiento utilizados durante una repuesta a punto dependen mayormente del tiempo que queda antes de la próxima competición importante. Si la segunda competición tiene lugar dentro de 2 ó 3 días, los nadadores deben simplemente seguir descansando. Cuando hay un largo tiempo entre las competiciones, los nadadores necesitan volver a un entrenamiento sólido antes de empezar otra vez la puesta a punto. Los próximos apartados describirán los procedimientos de la repuesta a punto para las competiciones que se celebran una o más semanas después de la precedente.

Una repuesta a punto de una semana

Cuando sólo una semana separa las competiciones principales, los nadadores deben hacer entrenamiento de recuperación durante 2 días después de la primera competición, entrenarse durante 2 días y luego volver a descansar. El volumen debe ser del 50% al 60% del normal durante los dos días de entrenamiento, la mayor parte como entrenamiento de resistencia básica (Re-1) en forma de ejercicios de brazada, sólo piernas, sólo brazos y estilo completo. Los nadadores deben hacer algunas repeticiones de velocidad o algunas de 50 y 100 a la velocidad competitiva estos días. Deben calentar como lo harían para una competición y hacer algunas series de menor distancia a la velocidad competitiva los últimos dos días antes del comienzo de la competición.

Una repuesta a punto de 2 semanas

Cuando el intervalo entre competiciones es de 2 semanas, los nadadores deben entrenarse a los niveles de recuperación durante 3 días, entrenarse durante 5 ó 6 días, y luego realizar una repuesta a punto durante 4 ó 5 días. Los días de entrenamiento deben ser similares a los de una semana típica de la fase de preparación competitiva de la temporada, excepto que el kilometraje semanal debe ser del 60% al 70% del normal para esta fase. Se deben programar 2 días intensos durante este período de entrenamiento. Los nadadores deben hacer algún entrenamiento al nivel del umbral y a la velocidad competitiva estos días. Los días de entrenamiento restantes deben programarse con entrenamiento de resistencia básica y repeticiones a la velocidad competitiva de menor distancia. El plan para los últimos 4 ó 5 días de la repuesta a punto deben ser similares al plan para los últimos 4 ó 5 días de una puesta a punto completa.

Una puesta a punto de 3 ó 4 semanas

Para una repuesta a punto más larga de 3 a 4 semanas, los nadadores de nuevo deben pasar 3 días haciendo natación de recuperación inmediatamente después de la primera competición. Luego deben entrenarse hasta que estén a una semana del comienzo de la siguiente competición. La repuesta a punto debe tener lugar durante los últimos 5 a 7 días antes de que empiece la segunda competición. El entrenamiento debe ser similar al sugerido para la última semana de una puesta a punto principal.

Durante el período de entrenamiento, el kilometraje semanal debe mantenerse al 60% ó 70% del volumen normal para la temporada. Los planes para las semanas de entrenamiento deben ser similares a los que se utilizaron durante la fase de preparación competitiva con un poco más de entrenamiento de resistencia básica. Los nadadores deben programar 2 días de entrenamiento intenso de cada 5 días durante este período. Deben nadar series de resistencia al nivel del umbral y con sobrecarga estos días, pero el volumen de dichas series debe ser de un 20% a un 30% menor que la distancia normal durante las fases de preparación específica y competitiva de la temporada general. Los nadadores deben recordar que no quieren correr el riesgo de fatigarse en exceso haciendo demasiado entrenamiento intenso durante la repuesta a punto. Su objetivo es mantener los efectos de entrenamiento aeróbicos y anaeróbicos, no mejorarlos. También deben realizar series de velocidad máxima y a la velocidad competitiva durante la repuesta a punto. Las series pueden tener la distancia normal porque ya de por sí no eran muy largas.

Los nadadores pueden volver al entrenamiento en seco cuando el tiempo entre las competiciones principales sea de 3 semanas o más, pero deben realizarlo a nivel de mantenimiento. El entrenamiento durante la última semana de la repuesta debe ser similar al entrenamiento sugerido para los últimos 7 días de una puesta a punto principal.

Una repuesta a punto después de 6 semanas o más

Los nadadores deben poder mantener su rendimiento durante 4 ó 5 semanas

con los programas de repuesta a punto que acabo de esquematizar. Si el tiempo entre las competiciones es de 6 a 10 semanas o ligeramente mayor, deben volver al entrenamiento regular hasta que estén a 2 semanas de la próxima competición.

Los nadadores deben programar su entrenamiento como una minitemporada durante este período. Las primeras 1 1/2 a 2 semanas deben ser como la fase de preparación general, y el resto del tiempo de entrenamiento debe dividirse entre un período de preparación específica y uno de preparación competitiva. El volumen, la frecuencia y la intensidad del entrenamiento deben ser los mismos que durante una temporada normal. Los nadadores deben dejar de 7 a 14 días para una puesta a punto al final de este período y llevarla a cabo como se describen las últimas 2 semanas de una puesta a punto principal.

Puestas a punto secundarias

Las puestas a punto secundarias normalmente duran de 2 a 5 días. Se utilizan cuando se desea obtener un buen rendimiento en las competiciones a principios o a mediados de la temporada. Los nadadores normalmente no se afeitan para estas competiciones, de manera que su registro normalmente no será tan rápido como lo será más tarde. Se deben programar las semanas de recuperación de los mesociclos para coincidir con los períodos en los que se desea introducir una puesta a punto secundaria para que dichas semanas no interfieran con el entrenamiento normal.

El método para administrar una puesta a punto secundaria es reducir el kilometraje de entrenamiento drásticamente durante 2 a 5 días. Un total diario de 3.000 a 6.000 m o yardas es el más comúnmente utilizado para este propósito. Los nadadores deben realizar un entrenamiento adicional de recuperación durante estos días y evitar realizar series principales de alta intensidad o de velocidad. Una sesión típica de entrenamiento puede incluir

1.000 a 2.000 m o yardas de natación de recuperación, 1.000 a 2.000 m de entrenamiento de resistencia básica y unas pocas repeticiones de velocidad máxima o a la velocidad competitiva.

19

El sobreentrenamiento

El sobreentrenamiento es el término utilizado para identificar una condición que aparece cuando los nadadores rinden mal a causa del entrenamiento. Dicha condición también se llama *falta de adaptación* porque el proceso de adaptación funciona al revés y causa una pérdida de los efectos de entrenamiento previamente adquiridos. En otras palabras, los nadadores se deterioran en lugar de mejorar a causa de su entrenamiento. Las razones de la condición de falta de adaptación no han sido identificadas de forma precisa. Algunos creen que la falta de adaptación es causada por el hecho de que los nadadores exceden su tolerancia a un tipo particular de entrenamiento o por los efectos acumulativos del entrenamiento normal que no están compensados por una dieta adecuada o tiempo suficiente para descansar y recuperarse. La ansiedad y problemas emocionales son otros factores que han sido sugeridos. Una ansiedad intensa causada por una crisis en la vida emocional del nadador o de la nadadora puede ser un factor estresante que, añadido al estrés del entrenamiento normal, puede causar una falta de adaptación.

La habilidad para entrenar a nadadores sin que se sobreentrenen es uno de los talentos que poseen los grandes entrenadores. Incluso el entrenador con

los mayores conocimientos encontrará difícil diseñar un programa de entrenamiento que no sobreentrene a algunos de los miembros de un equipo durante una temporada. Morgan y colaboradores (1987) encontraron que el 10% de los nadadores y nadadoras universitarios que estudiaron sufrieron sobreentrenamiento intenso en algún momento de una temporada típica. Las pruebas físicas y bioquímicas pueden ayudar a diagnosticar el sobreentrenamiento, pero no se ha probado que alguna sea más fiable que la intuición de un entrenador sensible que entiende bien a sus nadadores. Las pruebas científicas no pueden impedir el sobreentrenamiento; sólo pueden señalar cuándo ocurre. Desafortunadamente, proporcionan información después de los hechos. El entrenador eficaz puede entrenar a los nadadores hacia un rendimiento pico sin permitir que se sobreentrenen.

Este capítulo incluirá una presentación de la base fisiológica del sobreentrenamiento, cómo tratarlo y cómo prevenirlo.

¿Qué es el sobreentrenamiento?

El sobreentrenamiento parece estar relacionado con cambios en las funciones de los sistemas neuromuscular, hormonal e inmune que reducen la habilidad de los deportistas para tolerar el entrenamiento. Las bases del sobreentrenamiento fueron presentadas hace varias décadas por Hans Selye (1956) en su famoso discurso sobre el síndrome del estrés. Selye definió el estrés simplemente como el desgaste del cuerpo. Los factores que causan el estrés se llamaron *estresores*, por razones obvias. El ejercicio físico, la enfermedad, las lesiones, los problemas emocionales y la ansiedad se identificaron como los principales estresores. Los factores que parecían reducir la tolerancia de una persona a los estresores eran una dieta inapropiada, falta de sueño y un descanso y una recuperación inadecuados.

Selye teorizó que los recursos para soportar el estrés procedían de un depósito de energía para una adaptación general. Este concepto era una

abstracción porque ninguna área concreta del cuerpo almacena energía para la adaptación general. No obstante, Selye creía que los seres humanos reaccionaban ante el estrés como si poseyesen un depósito finito de energía para la adaptación general para soportarlo. Pensaba que el tamaño de dicho depósito estaba determinado por la herencia.

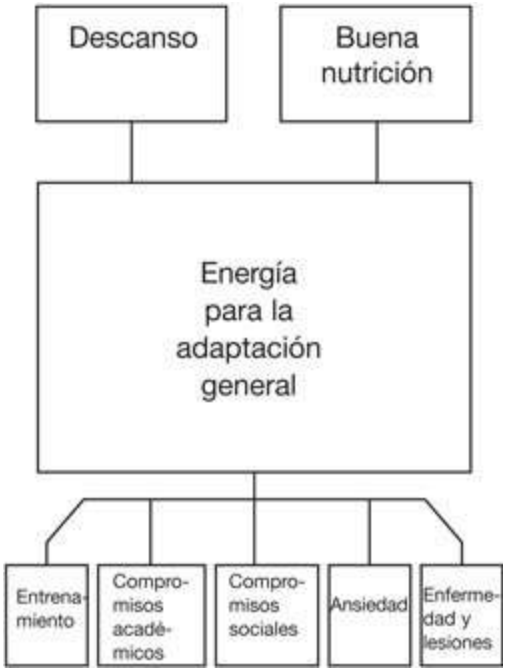


Figura 19.1. La teoría de la adaptación general de Selye aplicada a los nadadores de competición.

Además de tener un depósito de energía para la adaptación general para soportar todos los estre-sores, los seres humanos reaccionaban a estresores específicos como si tuviesen también depósitos de energía para la adaptación, específicos para cada uno. Selye creía que un entrenamiento apropiado podría aumentar los depósitos de energía específica, que también eran hereditarios. En otras palabras, los deportistas podrían aumentar su tolerancia al estrés del ejercicio físico, y quizás a otros estresores, con un entrenamiento adecuado. Los estresores específicos más comunes que actúan sobre los nadadores son el entrenamiento, los compromisos académicos, los compromisos sociales, los compromisos emocionales, la enfermedad y las lesiones. Las fuentes para reponer el depósito de energía para la adaptación general son el descanso y

una buena nutrición.

En la figura 19.1 se ilustra un esquema de la teoría del estrés de Selye. Se indica el depósito de la energía para la adaptación general en el gran contenedor con el título respectivo. La energía fluye hacia abajo desde allí para reponer la pérdida diaria causada por cada uno de los estresores específicos. El diagrama también muestra que la dieta y el descanso pueden reponer el depósito de la energía para la adaptación general. Selye creía que era posible agotar o casi agotar el depósito de la energía para la adaptación general cuando:

1. Las necesidades para cualquier actividad específica se volvían desmesuradamente altas.
2. La demanda de varias áreas aumentaban inesperadamente.
3. La dieta o el descanso no reponían adecuadamente la energía para la adaptación general.

Las reacciones que algunos nadadores tienen ante el entrenamiento y la competición apoyan la teoría del estrés de Selye. Los nadadores a menudo muestran síntomas de sobreentrenamiento cuando aumentan repentina y drásticamente su volumen o intensidad de entrenamiento. De igual manera, a me nudo revelan síntomas de sobreentrenamiento después de aumentos repentinos y desmesurados de las demandas de otros estresores. Por ejemplo, su capacidad para el entrenamiento suele disminuir cuando tienen una crisis personal o cuando aumentan las demandas de su tiempo. En este sentido, muchos entrenadores han notado que la capacidad de los nadadores para soportar el entrenamiento disminuye cuando tienen serios conflictos emocionales. De igual forma, su tolerancia al entrenamiento normalmente decae cuando tienen sus exámenes finales o cuando participan en muchas actividades sociales. En el caso de los exámenes, no se sabe si la ansiedad sobre el resultado o la falta de descanso y de sueño causan el agotamiento del depósito de la energía para la adaptación general. Una falta de descanso y de sueño probablemente son los culpables cuando aumentan los compromisos sociales. Los nadadores que asisten a muchas funciones sociales o participan

en muchas actividades ajenas a su deporte a menudo sufren una falta de horas de sueño o de «momentos tranquilos» para reponer la energía que han perdido.

Es desafortunado que el término *sobreentrenamiento* haya llegado a asociarse con esta condición. La connotación es que los nadadores están entrenándose demasiado. En realidad, la teoría de Selye implica muchos otros factores causales. El entrenamiento es sólo uno de ellos, y es el más necesario para el éxito de los nadadores en la competición. No deseo, ni mucho menos, dar la impresión de que los nadadores deban evitar el trabajo duro por miedo al sobreentrenamiento. Todo lo contrario. Se necesitan cargas de trabajo difíciles para estimular los sistemas fisiológicos hasta los niveles óptimos de adaptación. Sólo se vuelven contraproducentes cuando exceden la tolerancia del nadador. Cuando esto ocurre, las consecuencias del entrenamiento cambian desde los efectos anabólicos normales (de construcción) a resultados que son catabólicos. En otras palabras, los efectos del entrenamiento destruyen a los nadadores.

Tristemente, los casos de sobreentrenamiento son más frecuentes entre los nadadores altamente motivados porque están siempre *haciendo un sobreesfuerzo* o tratando de superar sus límites, a menudo antes de que su cuerpo esté preparado para ello. Una de las experiencias más tristes del deporte es ver fracasar a un deportista dedicado después de haber hecho innumerables sacrificios persiguiendo el éxito. Los nadadores deben tener un cuidado extremo en su entrenamiento. Debe ser suficientemente intenso y voluminoso para producir una sobrecarga, pero no tan intenso o voluminoso que cause una falta de adaptación. Los nadadores a menudo deben sobrecargar cada sistema de energía con series de natación intensas y desafiantes mientras que simultáneamente dedican tiempo al descanso y la recuperación para que el estrés no se vuelva intolerable. Deben reponer regularmente las calorías que utilizan, y deben controlar otras fuentes potenciales de estrés para que no interfieran con el entrenamiento.

El entrenamiento duro comparado con el sobreentrenamiento

El entrenamiento duro normal causa síntomas físicos y emocionales de estrés que pueden persistir durante 2 a 48 horas. Puede que los nadadores se sientan fatigados, pesados, rígidos e incluso doloridos, particularmente si se han esforzado demasiado durante una sesión particular de entrenamiento y han experimentado un agotamiento del glucógeno muscular o daños en los tejidos. También puede que se vuelvan irritables, emocionalmente molestos y faltos de motivación. Estos síntomas serán más agudos durante el entrenamiento y se aliviarán durante el período de recuperación. En casos extremos de esfuerzos exagerados, estos síntomas pueden prolongarse hasta la próxima o las próximas dos sesiones de entrenamiento antes de aliviarse. Si se programan adecuadamente los ciclos de entrenamiento, los síntomas habrán desaparecido o se habrán aliviado en un período de 24 a 48 horas.

Los nadadores no experimentarán efectos perjudiciales de un entrenamiento duro normal. De hecho, como se indicó anteriormente, este entrenamiento probablemente mejorará ciertos mecanismos fisiológicos. Incluso cuando los nadadores se esfuerzan en exceso, el efecto es temporal y no es necesariamente perjudicial si dejan un tiempo adecuado para la recuperación antes de intentar realizar otra sesión de entrenamiento de igual intensidad.

En cambio el sobreentrenamiento es una condición en el que dichos síntomas persisten durante varios días y parecen aumentar su gravedad con cada día que pasa. El rendimiento en el entrenamiento y la competición se deteriora progresivamente con el paso del tiempo. Los nadadores a menudo se quejan de que se sienten como si estuviesen perdiendo su acondicionamiento, y de hecho así es. Muchas de las adaptaciones de entrenamiento que habían adquirido anteriormente están ahora disminuyendo a causa del catabolismo, y están retrocediendo hacia el estado físico de una persona no entrenada a pesar del hecho de que estén entrenándose regular y concienzudamente.

La información presentada en la tabla 19.1 puede ayudar a determinar las diferencias entre las reacciones normales ante el entrenamiento y las que indican un sobreentrenamiento.

Tabla 19.1. Las diferencias en la manera de reaccionar los nadadores ante el entrenamiento duro cuando no sufren sobreentrenamiento y cuando lo sufren

PARÁMETROS DE ENTRENAMIENTO	REACCIÓN NORMAL AL ENTRENAMIENTO DURO	REACCIÓN CON UN ESTADO DE SOBREENTRENAMIEN
Sensaciones de fatiga	Cansados pero animados por el rendimiento.	Agotados y decepcionad con el esfuerzo. Incapac de nadar con esfuerzo máximo durante cualqui tiempo. Una mayor dificultad para nadar a la velocidades submáxima
Integridad de la técnica	Alguna pérdida de técnica indicada por una mayor frecuencia de brazada y una menor longitud de brazada durante los esfuerzos máximos.	Aumenta la frecuencia d brazada y disminuye la longitud de brazada casi desde el principio del entrenamiento. Ocurre durante los esfuerzos máximos y submáximos.
Medidas fisiológicas	La frecuencia cardíaca y los niveles de lactato sanguíneo son normales para el esfuerzo realizado.	Dificultad para llegar a la frecuencia cardíaca máxima. La frecuencia cardíaca es más alta durante los esfuerzos submáximos. El valor pic de los lactatos sanguíne es menor. Los niveles de lactato sanguíneo son m altos para esfuerzos

		submáximos.
Sensaciones de bienestar	Se aproxima a cada nueva sesión de entrenamiento sintiéndose cansado pero razonablemente recuperado del entrenamiento anterior. Los músculos pueden parecer débiles y fatigados al final de la sesión de entrenamiento pero no de forma desacostumbrada. Pueden aparecer dolores de cabeza, náuseas e incluso vómitos durante las sesiones de entrenamiento especialmente difíciles.	Se siente agotado al principio de cada nueva sesión de entrenamiento Los músculos parecen pesados, débiles y doloridos casi desde el principio del entrenamien Los dolores de cabeza y las náuseas son más frecuentes, incluso cuan el entrenamiento no es más intenso de lo norma Puede sufrir vómitos con intensidades de entrenamiento que normalmente se toleran bien.
Actitud y motivación	Puede estar cansado pero la motivación para entrenarse es alta. Responde a los desafíos. Es agradable y cortés con los compañeros de equipo. Parece	Expresa su desgana par entrenarse. Se queja cuando se le desafía. Tie una actitud negativa e irritable con los compañeros de equipo.

feliz y puede
divertirse cuando
ocurre algo
gracioso.

El sobreesfuerzo y el sobreentrenamiento

El sobreesfuerzo es una condición en la que los nadadores se entrenan por encima de su habilidad para adaptarse a dicho entrenamiento. En otras palabras, se esfuerzan hasta el punto en que los procesos de reconstrucción (anabólicos) o el metabolismo y la reparación de los tejidos no puede mantenerse al paso de los procesos de degradación o catabólicos. Se debe considerar el sobreesfuerzo como una forma de sobreentrenamiento a corto plazo en el que la adaptación se ve comprometida, pero no ocurre una pérdida de las adaptaciones anteriores.

Los nadadores suelen sobreesforzarse en el entrenamiento justo después de haber logrado una mejora significativa en su acondicionamiento. Pueden entrenarse más rápidamente, y cada sesión de entrenamiento se convierte en una fiesta en la que su rendimiento se vuelve cada vez mejor. Por consiguiente, llegan a estar muy motivados y se entrenan a un nivel supramáximo mientras que hacen caso omiso de la necesidad de tener una recuperación periódica. Dichos nadadores volverán a la tierra de un golpazo después de varios días, o en algunos casos después de muy pocos días de entrenarse de esta forma. Sus repeticiones de entrenamiento de repente se volverán cada vez más lentas y más difíciles de realizar. Si en este momento nadan a las velocidades correspondientes a la resistencia básica durante algunos días, la situación se corregirá. No se producirá ninguna pérdida significativa de adaptaciones anteriores al entrenamiento, y podrán reanudar su entrenamiento regular. Si siguen adelante a pesar del evidente declive en su velocidad de entrenamiento, sufrirán un sobreentrenamiento elevado dentro de algunas semanas.

Puede que los entrenadores y los nadadores se pregunten si un sobreesfuerzo de vez en cuando estimula mayores aumentos de la función fisiológica que entrenarse dentro de la capacidad actual. En este momento no se puede contestar a esta pregunta. Seguramente se podría argumentar que un sobreesfuerzo en ocasiones puede proporcionar la sobreestimulación que conduce a obtener mayores mejoras, especialmente cuando los nadadores están cerca de sus límites genéticos para ciertas funciones fisiológicas. Por otro lado, sobreesfuerzos demasiado grandes con demasiada frecuencia o durante demasiado tiempo conducirán seguramente a una falta de adaptación. Creo que no se debería desanimar a los nadadores a sobreesforzarse debido a la posibilidad de que puedan estimular una mejora extraordinaria de la condición física. Sin embargo, los entrenadores deben hacer obligatorio dedicar algún tiempo para la recuperación después de una o dos sesiones de este tipo, y deben permitir a los nadadores sobreesforzarse sólo durante una o dos sesiones de entrenamiento por semana.

¿Cuáles son las causas del sobreentrenamiento?

El sobreentrenamiento de los nadadores puede ser causado por:

1. Varios días o semanas de entrenamiento intenso o voluminoso que no se equilibra con períodos de intensidad reducida o entrenamiento de recuperación.
2. Un aumento principal y extenso de uno o más estresores que reduce la tolerancia del nadador al entrenamiento normal hasta el punto de que entre en un período de falta de adaptación.

Un entrenamiento intenso con una recuperación inadecuada

Un entrenamiento intenso o un gran volumen de entrenamiento causa daños a las estructuras en y alrededor de los músculos y agota su depósito de glucógeno. Cuando se programa el entrenamiento por ciclos de forma apropiada, con períodos de recuperación entre cada dos o tres sesiones de entrenamiento intenso y períodos cortos de recuperación al final de cada macrociclo pueden corregir estas situaciones. Las estructuras musculares serán reparadas y mejoradas durante los períodos de recuperación, y se repondrá el glucógeno. Sin embargo, cuando los mismos tejidos musculares están expuestos a la acidosis día tras día, la reparación será mínima en el mejor de los casos y el grado de daño puede aumentar hasta que se pierda tejido muscular y con él fuerza y potencia anaeróbica. Los daños en los tejidos pueden incluso reducir la resistencia. VanHeest (1997), en un estudio con nadadores de nivel nacional y mundial, encontró que las reducciones en la capacidad aeróbica estaban asociadas con un incremento del daño en los tejidos. El capítulo 17 ofreció sugerencias para programar el entrenamiento por ciclos con el fin de prevenir un agotamiento prolongado del glucógeno muscular y daños generalizados en los músculos.

La intensidad del entrenamiento parece ser un estresor más potente que el volumen respecto a los daños musculares. Los nadadores pueden realizar un gran volumen de entrenamiento de intensidad baja a moderada sin producir acidosis ni daños musculares, pero el entrenamiento intenso tiene el efecto contrario. El entrenamiento de intensidad alta produce la acidosis, que puede alterar las membranas musculares y permitir que las sustancias proteicas salgan a los espacios intercelulares. Pero también hay que saber que grandes y repentinos aumentos del volumen de entrenamiento pueden causar el sobreentrenamiento, particularmente si los nadadores no reducen la intensidad para compensar el mayor kilometraje.

Aunque es un argumento polémico, la investigación sugiere que entrenarse con un depósito inadecuado de glucógeno también puede causar el sobreentrenamiento. Como sabemos, el glucógeno muscular es la fuente

preferida de energía para entrenarse a las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico y más rápidas. Como describí en el capítulo 17, días repetidos de entrenamientos duros causan una reducción gradual del glucógeno muscular. De nuevo, la intensidad del entrenamiento más que el volumen causa esta reducción. El metabolismo de las grasas puede soportar un gran volumen de entrenamiento de intensidad baja a moderada. Por lo tanto, no es tan probable que se agote el glucógeno muscular. Por otro lado, incluso sólo 30 min de natación intensa agotará más de la mitad del glucógeno muscular, y una sesión típica mixta de entrenamiento que incluye un volumen significativo de natación intensa probablemente puede agotarlo en casi el 75%. Cuando esto ocurre, el nadador necesita de 24 a 36 horas para reponer la fuente energética de los músculos. Los nadadores que se entrenan intensamente durante varios días consecutivos no repondrán el glucógeno muscular tan rápidamente como lo están agotando. Este proceso reducirá el depósito de glucógeno muscular hasta el punto de que se verán obligados a utilizar otras fuentes energéticas durante el entrenamiento.

Una de estas fuentes será la proteína que representa la parte sólida de las fibras musculares. Cuando el nivel de glucógeno es bajo y el nadador necesita energía para entrenarse, los músculos reaccionan consumiendo su propio material proteínico para obtener energía. Un aumento de la utilización de proteína puede ser especialmente dañino. La investigación muestra que un aumento de la provisión de proteínas regula tanto la hipertrofia muscular (Goldspink, Garlick y McNurian, 1983; Laurent y Milward, 1980) como el tamaño y el número de las mitocondrias (Booth y Holloszy, 1977). Por consiguiente, un aumento del catabolismo de la proteína muscular podría hacer que los nadadores pierdan fuerza cuando disminuye el tamaño del músculo y pierdan resistencia cuando disminuyen el número y el tamaño de las mitocondrias. Puede que los nadadores literalmente canibalicen su tejido muscular para obtener energía, perdiendo la fuerza y la resistencia musculares que trabajaron tanto para adquirir.

Costill y colaboradores (1988) han presentado pruebas que relacionan los niveles bajos de glucógeno muscular con el sobreentrenamiento en los nadadores. Sometieron a 12 nadadores universitarios varones con una buena condición física a 10 días de entrenamiento con un kilometraje diario de 9.000 m. Cuatro de dichos nadadores mostraron signos de

sobreentrenamiento durante el período de entrenamiento. Tuvieron dificultad para terminar las sesiones y no pudieron mantener la velocidad normal de entrenamiento. Seis nadadores parecían tolerar el entrenamiento sin experimentar ninguna alteración inusual funcional. Aunque se tomaron varias medidas fisiológicas, la única que diferenció a los 4 nadadores que tuvieron dificultades de los demás fue un nivel bajo de glucógeno muscular. Después de 10 días, sus niveles de glucógeno muscular eran aproximadamente un 40% más bajos que los de los demás sujetos. Los 6 nadadores que pudieron tolerar el entrenamiento incrementado mantuvieron niveles altos de glucógeno muscular desde el principio hasta el fin del período de entrenamiento.

Un análisis de la dieta mostró que los 4 nadadores que tuvieron problemas con el entrenamiento consumían aproximadamente 1.000 calorías menos por día de lo que gastaban. En cambio, el consumo calórico de los 6 nadadores que toleraron bien el entrenamiento se ajustaba al gasto calórico diario. Los 4 nadadores que tuvieron dificultades durante el entrenamiento no mostraron uno de los síntomas más importantes del sobreentrenamiento. Su rendimiento no disminuyó en repeticiones de velocidad de 25 yardas y tomas de tiempo de 200 yardas. Pero el programa de entrenamiento sólo duró 10 días. Su rendimiento probablemente se habría deteriorado si hubiesen continuado entrenándose durante varias semanas más con bajos niveles de glucógeno muscular.

Los entrenadores y nadadores pueden estar preguntándose por qué el cuerpo no consume grasas para obtener energía en lugar de proteínas cuando el depósito de glucógeno está bajo. No puede hacerlo porque los niveles bajos de glucógeno muscular limitan seriamente la transferencia de energía de las grasas incluso cuando están disponibles grandes cantidades de grasa en el cuerpo (McArdle, Katch y Katch, 1996). Cuando se convierten los ácidos grasos libres en acetil-CoA, deben combinarse con ácido oxaloacético para entrar en el ciclo de Krebs y ser oxidados. El metabolismo de la glucosa es principalmente responsable de producir el ácido oxaloacético. Por lo tanto, debe haber una cantidad suficiente de glucosa disponible para producir el ácido oxaloacético antes de que las grasas puedan metabolizarse en el ciclo de Krebs. La importancia de esta observación es que los nadadores no podrán metabolizar las grasas para obtener energía cuando los depósitos de glucógeno muscular y glucosa sanguínea están bajos. Por consiguiente,

tendrán que depender de la proteína de los músculos. Con el paso del tiempo perderán resistencia y potencia.

La información presentada en esta sección apoya la suposición de que la falta de adaptación puede provenir de daños musculares y del agotamiento del glucógeno muscular que se desarrollan lentamente a lo largo de varias semanas. Debe pasar algún tiempo antes de que los nadadores pierdan bastante tejido muscular para causar una pérdida perceptible del rendimiento. Las observaciones de los nadadores durante su entrenamiento apoyan esta noción. La mayoría de los nadadores parecen responder bastante bien al entrenamiento durante las primeras 4 a 8 semanas de una temporada. Sin embargo, después, los que han estado nadando intensamente sin tiempo suficiente para la recuperación y los que no han estado reponiendo regularmente su glucógeno y proteínas perdidos empezarán a mostrar signos de sobreentrenamiento.

Los nadadores que programan un tiempo adecuado para la recuperación en sus semanas de entrenamiento y mantienen su glucógeno muscular con una provisión adecuada de calorías e hidratos de carbono pueden ser capaces de tolerar un alto kilometraje de entrenamiento sin sufrir sobreentrenamiento. En cambio, los nadadores pueden llegar a sufrir un sobreentrenamiento cuando su dieta es inadecuada y cuando se entrenan demasiado intensamente muy a menudo sin un tiempo suficiente para la recuperación. Una vez que experimenten el sobreentrenamiento, los nadadores necesitarán reducir el volumen y la intensidad de entrenamiento y mejorar su dieta.

Acumulación de varios estresores

La acumulación de varios estresores también puede causar el sobreentrenamiento. Un estresor puede ser insuficiente para causar una falta de adaptación. Sin embargo, cuando varios aparecen juntos, llegan a ser suficientes para causar la fatiga y un pobre rendimiento. Las alteraciones del sistema nervioso central y del hormonal en lugar de daños musculares o una baja provisión de glucógeno muscular parecen causar este tipo de

sobreentrenamiento. Desafortunadamente, la naturaleza exacta de estas alteraciones no ha sido identificada. El sobreentrenamiento de este tipo parece sobrevenir más rápidamente que el sobreentrenamiento causado por los daños musculares y el agotamiento del glucógeno, quizás a causa de una mayor implicación de los sistemas nervioso y endocrino.

Se han implicado secreciones hormonales excesivas causadas por ansiedad y una alteración emocional como factores que contribuyen a este tipo de sobreentrenamiento. Se asocia la ansiedad con la reacción de lucha o huída. Cuando las personas sufren una ansiedad aguda, la glándula adrenal segrega adrenalina y noradrenalina en mayor cantidad. El ejercicio, sobre todo el ejercicio intenso, tiene el mismo efecto. Estas hormonas estimulan el corazón, el sistema respiratorio y la tasa metabólica para preparar a las personas para una crisis real o percibida. La respuesta psicológica es estar preparado o excitado para un gran esfuerzo.

La glándula adrenal también secreta cortisol, otra hormona que puede estar implicada en el sobreentrenamiento. Las secreciones de esta hormona aumentan también durante los períodos de entrenamiento intenso. El cortisol aumenta la degradación de las proteínas, que, a su vez, podría causar una pérdida de las adaptaciones al entrenamiento si no se equilibra con la reposición de las proteínas en los músculos.

Resultados como éstos sugieren que la ansiedad junto con el ejercicio intenso o una superabundancia de cualquiera de los dos a lo largo de un período prolongado podría reducir la concentración circulante de estas hormonas en la sangre, provocando un nivel bajo de motivación, daños en los tejidos e inca-pacidad para realizar un esfuerzo máximo. Un estrés excesivo de fuera del ambiente de entrenamiento podría hacer lo mismo. Una alteración de las relaciones familiares, como un divorcio inminente o el fallecimiento de un familiar, puede causar un nivel de conmoción emocional que hace que los efectos del entrenamiento normal sean excesivos. Conflictos serios entre amigos de ambos sexos también pueden causar una reacción similar.

Una superabundancia de responsabilidades y actividades externas también pueden causar el sobreentrenamiento de este tipo. Incluso cuando las

responsabilidades requieren sólo tiempo y trabajo mental, tienen un contenido emocional que estimula los sistemas nervioso y endocrino. Por consiguiente, participar en demasiadas actividades, particularmente las que implican responsabilidades, puede interferir con la recuperación del entrenamiento. La falta de sueño puede hacer lo mismo. Los nadadores necesitan tiempo para descansar y recuperarse, además de un tiempo adecuado de sueño para reponerse de los efectos diarios de un entrenamiento duro. Salir hasta tarde demasiado a menudo puede dificultar seriamente la recuperación y precipitar una falta de adaptación. Este problema puede exacerbarse cuando las actividades incluyen el abuso de las bebidas alcohólicas o de las drogas. Además de su efecto tóxico sobre los tejidos del cuerpo, ambos estimulan el catabolismo de las proteínas a causa de su efecto estimulador sobre los procesos corporales. Desacelerarán el proceso de recuperación, que con el tiempo puede conducir a una falta de adaptación.

Algunos nadadores son menos susceptibles al estrés emocional del entrenamiento y de las actividades externas que otros. Por lo tanto, pueden tolerar mayores cantidades de ambos sin sufrir el sobreentrenamiento. Dichos nadadores suelen ser extrovertidos, positivos y seguros de sí mismo. Poseen la habilidad de separar sus actividades y responsabilidades en compartimientos diferentes de manera que la ansiedad provocada por una no influya en las otras. No siguen pensando en sus errores o en su mal rendimiento, y no se vuelven malhumorados ni se deprimen a causa de ellos. Aprenden lo que pueden de sus fallos y mal rendimiento, resuelven corregirlos y luego miran hacia el futuro.

Algunos nadadores reaccionan de forma muy diferente. No saben separar sus actividades en compartimientos diferentes, y permiten que los errores y el mal rendimiento les depriman durante períodos prolongados. Dichos nadadores, a causa de su menor tolerancia a las alteraciones emocionales, son más susceptibles al sobreentrenamiento. Deben reducir sus actividades externas. Ciertas formas de entrenamiento de la relajación podría ayudarles. Puede que encuentren que mejorarán más reduciendo la cantidad de entrenamiento intenso y el número de competiciones en las que participan durante cada temporada.

Reacciones del sistema inmune y el sobreentrenamiento

Muchos entrenadores han comentado que los deportistas parecen más susceptibles a las enfermedades infecciosas que los no deportistas. Esta observación probablemente no es verdadera cuando los deportistas tienen tolerancia suficiente para soportar el entrenamiento y los demás estresores. A causa de su efecto sobre el sistema inmune, el estrés excesivo, el tipo que conduce al sobreentrenamiento, tiende a reducir la resistencia de los nadadores a la enfermedad, particularmente los resfriados, la gripe y otros tipos de infecciones respiratorias (Pyne y Gleeson, 1998; Wigermaes *et al.*, 1998). El gráfico ilustrado en la figura 19.2 muestra la reacción del sistema inmune al ejercicio. El ejercicio moderado parece aumentar la resistencia a las infecciones del tracto respiratorio superior, mientras que el ejercicio excesivo la reduce.

Los deportistas que se entrenan deben vacunarse contra la gripe para aumentar su resistencia a varias cepas de virus que podrían infectarles. Al primer signo de un resfriado, deben utilizar alguno de los nuevos medicamentos que reducen la intensidad y la duración del mismo. Los nadadores también deben reducir su entrenamiento hasta el nivel de recuperación o interrumpirlo del todo durante el período en que están sufriendo una infección del tracto respiratorio superior. Dosis diarias de entrenamiento de recuperación también pueden reducir la incidencia de las infecciones virales. Los resultados de un estudio sugieren que la natación de recuperación después del entrenamiento intenso puede reducir el efecto supresor de este entrenamiento sobre el sistema inmune y al hacerlo protege contra las bacterias, los virus y los gérmenes. Wigermaes y colaboradores (1998) encontraron que la concentración de los glóbulos blancos se suprimió en corredores durante el período de recuperación después de un entrenamiento intenso. Sin embargo, el grado de supresión era mucho menor cuando realizaban actividades de recuperación activas en lugar de pasivas. Dichos autores concluyeron que la recuperación activa minimiza la caída de los glóbulos blancos que sigue al entrenamiento intenso y puede disminuir la vulnerabilidad de los deportistas a infecciones. Suplementos dietéticos con proteínas, especialmente la glu tamina, también pueden proteger a los

nadadores contra la supresión del sistema inmune. En un estudio en el que un grupo de nadadores competidores se entrenaron durante 25 semanas, se encontró que la supresión de los linfocitos podría evitarse con la administración de suplementos de aminoácidos de cadena ramificada y glutamina (Kreider, Miriel y Bertun, 1993).

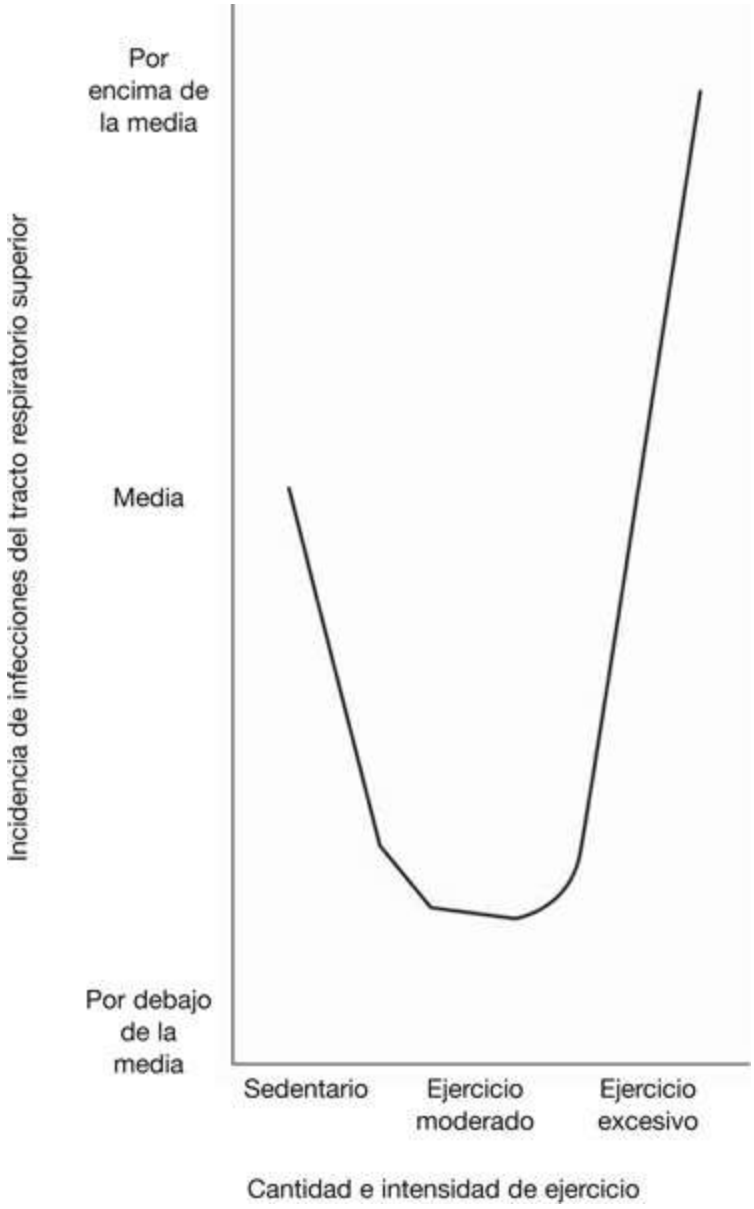


Figura 19.2. La relación en forma de J entre el ejercicio y la incidencia de las infecciones del tracto respiratorio superior.

Los antioxidantes y el sobreentrenamiento

Como sabemos, el oxígeno es esencial para obtener un buen rendimiento en actividades de resistencia. Por lo tanto, parece que los deportistas no pueden obtener oxígeno en exceso. Sin embargo, en algunas circunstancias, el oxígeno puede precipitar daños en los tejidos mediante la formación de *radicales libres*. La mayor parte del oxígeno consumido se combina con el hidrógeno para formar agua en la cadena transportadora de electrones. Pero una parte de este oxígeno, alrededor del 2% al 5%, se escapa de la cadena transportadora de electrones en forma de radicales libres. Son los mismos radicales libres que se encuentran en el humo de los cigarrillos y en los contaminantes medioambientales. En un sentido, los radicales libres son los productos de desecho de la oxidación. Son sustancias que contienen oxígeno, tales como superóxido, peróxido de hidrógeno y radicales de hidroxil. Normalmente, la mayor parte de los radicales libres producidos por el cuerpo se convierten rápidamente otra vez en oxígeno y agua. Además, el cuerpo contiene un sistema de defensa natural contra los efectos dañinos de los radicales libres, que incluye las enzimas que los eliminan. Por otro lado, las vitaminas antioxidantes, A, C y E, y el betacaroteno, un precursor de la vitamina A, también participan en la eliminación de los radicales libres. Sin embargo, no todos los radicales libres producidos se eliminan y pueden acumularse en el cuerpo a lo largo del tiempo. Cuando se acumulan en el cuerpo, los radicales libres aumentan el potencial para tener efectos perjudiciales sobre las células a causa de los daños que infligen al ADN, a las proteínas y a las grasas dentro de dichas células.

Algunos científicos han sugerido que los deportistas que se están entrenando pueden correr un riesgo mayor de dañar los tejidos que las personas sedentarias. Su entrenamiento les hace consumir grandes cantidades de oxígeno todos los días, lo que provoca la producción y acumulación de un mayor número de radicales libres (Ji, 1995; Kanter, Nolte y Holloszy, 1993; Starnes *et al.,* 1989). Sin embargo, la opinión dominante es que el entrenamiento normal también aumenta las enzimas antioxidantes de manera que los radicales libres adicionales pueden eliminarse antes de causar daños

(Alessio, 1993; Higuchi *et al.,* 1985; Quintanilha, 1984). Sin embargo, existen indicaciones de que un entrenamiento muy intenso que no esté equilibrado con períodos adecuados de recuperación puede eventualmente provocar la acumulación de grandes cantidades de radicales libres. Esta acumulación puede causar daños en los tejidos y una falta de adaptación (McArdle, Katch y Katch, 1996). Por ejemplo, la producción de radicales libres aumenta como consecuencia de la producción de ácido láctico (Demopoulos *et al.,* 1986) y de aumentos de la secreción de adrenalina y noradrenalina (Cohen y Heikkila, 1974).

A causa del potencial para la acumulación de los radicales libres durante el entrenamiento, algunos expertos han sugerido que los deportistas suplementen su dieta con vitaminas antioxidantes, particularmente las vitaminas C, E y betacaroteno. Esta sugerencia puede tener algún mérito. El cuerpo no puede sintetizar estas vitaminas. Por lo tanto, tenemos que reponerlas mediante los alimentos que consumimos.

Los estudios realizados con seres humanos también sugieren que suplementar la dieta con antioxidantes puede reducir los daños causados en los tejidos por los radicales libres. En un estudio, un suplemento dietético con 200 mg de vitamina E administrado diariamente redujo la concentración de radicales libres después del ejercicio (Pincemail, 1987). Las personas que suplementaron su dieta con betacaroteno, vitamina C y alfa tocoferol, un ingrediente activo de la vitamina E, también redujeron la concentración de los radicales libres después del ejercicio (Kanter *et al.,* 1993).

También se cree que el selenio y la coenzima Q10 que tienen propiedades antioxidantes. Aunque los estudios han sido escasos, la información disponible sugiere que suplementar la dieta con la coenzima Q10 no es necesario porque su eficacia como antioxidante no ha sido probada. Sin embargo, suplementos de pequeñas cantidades de selenio pueden ser beneficiosos porque actúa como antioxidante en combinación con la vitamina E. Las deficiencias son raras, pero puede que los deportistas necesiten más cantidad de este mineral.

A causa de las investigaciones citadas y otros estudios, algunos expertos han sugerido que los deportistas deben suplementar su dieta con cantidades

adicionales de vitaminas antioxidantes para que puedan eliminar más radicales libres. Al hacerlo puede que reduzcan la cantidad de daños sufridos por los tejidos a causa del entrenamiento y construyan una defensa contra la falta de adaptación. Puede que los deportistas quieran suplementar su dieta con 400-800 mg de vitamina C, 400 mg de vitamina E, 30 mg de betacaroteno y 60-100 microgramos de selenio. Cada uno de estos puede llegar a ser tóxico si se consume en cantidades excesivas. Sin embargo, con la cantidad que he recomendado no existe peligro de que esto ocurra. Por ejemplo, se han utilizado suplementos de vitamina E que eran 200 veces mayores que la cantidad diaria recomendada sin causar complicaciones (Bendich y Machlin, 1988). Debo advertir a los lectores que no estoy recomendando megadosis de las vitaminas antioxidantes. Los suplementos que he recomendado serán adecuados para eliminar los radicales libres adicionales producidos durante el entrenamiento. Las megadosis no proporcionarán una protección adicional, y causarían complicaciones a causa de su toxicidad.

Tabla 19.2. Los síntomas del sobreentrenamiento

RENDIMIENTO	FÍSICOS	EMOCIONALES
Tiempos más lentos durante el esfuerzo máximo	Pérdida de peso	Depresión
Una frecuencia cardíaca más alta con velocidades submáximas	Dolores en articulaciones y músculos	Irritabilidad
Una mayor frecuencia de brazada con esfuerzos submáximos y máximos	Reacciones alérgicas	Insomnio
	Pérdida de apetito	Ansiedad
	Resfriados de cabeza y sinusitis	Aislamiento
	Náuseas	Dificultad para concentrarse
	Falta de energía	Pérdida de confianza
		Reducción de la motivación

Si un deportista prefiere no tomar suplementos, las vitaminas antioxidantes y el oligomineral selenio pueden encontrarse en los siguientes alimentos:

- *Betacaroteno*: batatas, espinacas, brécol, zanahorias, albaricoques, mangos y papaya.
- *Vitamina C*: brécol, pomelo, mangos, naranjas, papaya y fresas.
- *Vitamina E*: almendras, pipas de girasol, germen de trigo, margarina y mayonesa.
- *Selenio*: carnes, pescado y marisco y productos de cereales integrales.

Los síntomas del sobreentrenamiento

Los síntomas más comunes del sobreentrenamiento se enumeran en la tabla 19.2. Hay que recordar que todos son reacciones comunes al entrenamiento y a la competición. Sólo debe sospecharse un sobreentrenamiento cuando parecen exagerados y persisten durante varios días. Los síntomas pueden clasificarse en tres categorías: los que afectan el rendimiento, los que son principalmente físicos y los que son de naturaleza emocional.

Síntomas del rendimiento

Los primeros signos del sobreentrenamiento que los entrenadores y los nadadores deben notar es un mal rendimiento en las competiciones y en el entrenamiento. Cuando han estado nadando continuamente con más lentitud a lo largo de varios días, pueden sufrir sobreentrenamiento. Lo mismo puede estar ocurriendo cuando su rendimiento en las competiciones se vuelve progresivamente peor a lo largo de un período de varias semanas.

Diagnosticar el sobreentrenamiento con el rendimiento es complicado porque se esperan tiempos de competición y de entrenamiento más lentos a mediados de la temporada cuando los nadadores se entrenan en un estado de fatiga. Otro factor que complica la situación es que el rendimiento en el entrenamiento puede ser normal o incluso bueno durante las series largas de resistencia incluso cuando los nadadores están sobreentrenados. Algunos nadadores, particularmente los fondistas, llegan a estar tan bien entrenados aeróbicamente que pueden nadar muy bien en el entrenamiento incluso cuando están extremadamente fatigados. Sólo después de que hayan descansado y no logren mejorar su rendimiento se hace evidente que algo falló en el proceso de entrenamiento.

Hay varias maneras de poder diferenciar los rendimientos normales a mediados de temporada de los que indican un sobreentrenamiento. Como se mencionó anteriormente, los nadadores sobreentrenados pueden rendir bien en las series largas de resistencia de intensidad baja a moderada. El indicio delator aparece cuando dichos nadadores intentan realizar repeticiones de calidad en el entrenamiento, cuando nadan tomas de tiempo o cuando compiten. No podrán nadar mucho más rápidamente de lo que hacían en el entrenamiento en sus series de resistencia. Según mi experiencia, la incapacidad para nadar a velocidad normal durante las repeticiones a la velocidad correspondiente al umbral y más rápidamente es el mejor indicador de que están entrando en un estado de falta de adaptación.

Incluso puede que esta respuesta no sea evidente en las primeras etapas del sobreentrenamiento. Simplemente esforzándose más, muchos nadadores son capaces de mantener su rendimiento a pesar de una falta de adaptación. Por lo tanto, otra manera de detectar el sobreentrenamiento es evaluar si los nadadores parecen requerir un esfuerzo mayor que el habitual para lograr los tiempos normales en el entrenamiento. Si los nadadores requieren una frecuencia cardíaca más alta y una frecuencia de brazada mayor para lograr un tiempo determinado, se quejan de fatiga durante repeticiones a velocidad moderada o son incapaces de nadar las series a la velocidad correspondiente al umbral o más rápido sin fatigarse excesivamente, puede que estén sobreentrenados.

Síntomas físicos

Los síntomas físicos más comunes del sobreentrenamiento son una pérdida de peso que no puede explicarse por los hábitos alimentarios o el volumen de entrenamiento, la pérdida de apetito, dolores en los músculos o las articulaciones, sensaciones de debilidad que persisten incluso durante los períodos de recuperación y reacciones alérgicas. Quiero presentar cada uno de estos síntomas con detalle.

Los nadadores normalmente perderán un poco de peso durante las primeras semanas de la temporada, pero éste debe estabilizarse después. Una pérdida repentina de peso a mediados de la temporada avisa de que el sobreentrenamiento puede ser inminente. Sin embargo no es siempre fácil diagnosticar el sobreentrenamiento por una pérdida de peso. Son comunes las fluctuaciones diarias del peso corporal y ocurren normalmente cuando se programan bien los ciclos de entrenamiento. Los nadadores perderán de forma rutinaria de 0,5 a 1,5 kg desde el principio hasta el final de un día de entrenamiento. La mayor parte de esta pérdida procederá de la deshidratación causada por la sudoración y la pérdida de glucógeno muscular, y los nadadores normalmente lo repondrán antes del próximo o los próximos dos días de entrenamiento. Una pérdida de peso que continúa a lo largo de varios días sin signos o con pocos signos de recuperación indica la posibilidad de un sobreentrenamiento.

Los nadadores a menudo pierden el apetito cuando sufren sobreentrenamiento. Como resultado, no lograrán reponer su glucógeno muscular de un día para otro, y se quejarán de que no tienen energía. Con la estrecha asociación que existe entre la falta de energía y la nutrición se podría suponer que los nadadores sobreentrenados comerían más de lo normal, pero no es éste el caso. Generalmente pierden el interés por la comida y no sienten hambre aunque puede que estén perdiendo peso.

Es difícil acertar si la debilidad y los dolores en los músculos y las articulaciones son el resultado del sobreuso o un síntoma del sobreentrenamiento. Lo mismo puede decirse de las reacciones alérgicas.

Pueden indicar un problema médico real, o pueden ser un signo de que el nadador está entrando en un período de falta de adaptación. Músculos pesados y una sensación de debilidad pueden acompañar a una sesión de entrenamiento especialmente intensa, pero los síntomas deben desaparecer rápidamente. Sin embargo, varios días consecutivos de sentirse pesado y débil pueden ser signo de sobreentrenamiento. Dolores en los músculos y las articulaciones, al igual que la pérdida de peso, son normales durante las primeras semanas del entrenamiento y después de sesiones de entrenamiento intenso. Los nadadores también pueden sentir dolores cuando se añade una nueva forma de entrenamiento al programa. Pero cuando los nadadores se quejan de músculos o articulaciones doloridos a lo largo de varios días en medio de la temporada, particularmente después de sesiones de entrenamientos normales o relativamente fáciles, se debe sospechar un sobreentrenamiento.

No es inevitable que los nadadores que se quejan de hombros o rodillas doloridos estén sobreentrenados. Algunos pueden estar sufriendo síntomas de sobreuso que tienen más que ver con su anatomía y su mecánica que con el sobreentrenamiento. Debe tratarlos un médico o un entrenador. No se debe sospechar un sobreentrenamiento a no ser que el nadador no tenga un historial de tendinitis y en caso de que estén presentes otros síntomas de una falta de adaptación.

Los nadadores muestran síntomas similares a los de las reacciones alérgicas cuando están sobreentrenados. Ronchas, sarpullidos, resfriados de cabeza y narices congestionadas son los signos más comunes. Por supuesto, estos síntomas también pueden indicar verdaderas reacciones alérgicas. Por lo tanto, los nadadores deben ver al médico cuando aparecen estos síntomas. Se debe sospechar un sobreentrenamiento cuando persisten los síntomas y no existe ninguna explicación médica.

Síntomas emocionales

Las reacciones físicas y emocionales de los nadadores al sobreentrenamiento

están tan entrelazadas que es imposible separarlas. Algunas alteraciones negativas del humor del nadador son aparentemente una respuesta normal al entrenamiento intenso (Morgan *et al.,* 1987). Se debe sospechar que se trata de un sobreentrenamiento sólo cuando estas alteraciones se vuelven inusualmente intensas y persistentes. Raglin y Morgan (1989) y Morgan y colaboradores (1987), citando investigaciones que abarcan más de 10 años, han afirmado que el sobreentrenamiento está casi siempre acompañado de depresión y ansiedad. Esta reacción es interesante a la luz del hecho de que el ejercicio ligero se ha demostrado que tiene el efecto contrario (Morgan, 1985). Los deportistas que están sobreentrenados pueden volverse inusualmente irritables. Pueden parecer estresados y mostrar signos de tener dificultades para concentrarse en el entrenamiento y en muchos otros momentos del día. Su actitud puede sugerir una pérdida de confianza, y pueden aislarse y no participar en las reuniones sociales. En el entrenamiento, puede que prefieran nadar solos en una calle vacía. Otra forma en la que puede que eviten tener interacciones con los compañeros de equipo es llegar justo antes de que empiece la sesión e irse inmediatamente después de que termine. Puede que también experimenten insomnio y un sueño alterado e interrumpido. Específicamente, tendrán dificultad para dormirse, y cuando duermen, estarán dando vueltas en la cama o despertándose varias veces durante la noche. Al igual que los otros síntomas, un período ocasional de depresión, una reacción emocional ocasional o una noche inquieta de vez en cuando puede no significar nada. Sin embargo, cuando estas condiciones persisten durante varios días puede ser un caso de sobreentrenamiento. Desafortunadamente, el nadador ya habrá entrado en un estado de falta de adaptación cuando dichos síntomas se vuelvan persistentemente perceptibles. No obstante, si se descubre el sobreentrenamiento de manera precoz, puede corregirse en 3 a 7 días de entrenamiento de recuperación. Si se deja sin tratar hasta que la condición se vuelva grave, se necesitarán varias semanas para recuperarse y readquirir los efectos de entrenamiento perdidos.

Diagnosticar el sobreentrenamiento con pruebas físicas y psicológicas

Una gran cantidad de investigaciones se han centrado en encontrar los «marcadores» fisiológicos que pueden identificar a los nadadores que están sobreentrenados antes de que la condición se vuelva grave. Las tentativas han incluido mediciones del consumo de oxígeno, del lactato sanguíneo, de la frecuencia cardíaca, de la frecuencia de brazada, de la potencia muscular, de la capacidad anaeróbica, de la presión sanguínea, de los glóbulos rojos y blancos, del ECG, de las proteínas urinarias y sanguíneas, de las enzimas musculares y de los estados de ánimo psicológicos. Ninguno de estos métodos ha sido probado como totalmente preciso. Los niveles normales individuales pueden mostrar amplias variaciones entre estas categorías. Por consiguiente, es difícil saber si los cambios en los niveles son reacciones anor-males que indican el sobreentrenamiento o simplemente reacciones normales al entrenamiento duro. No obstante, algunas de estas mediciones han revelado un grado de precisión para la predicción que podría hacerlas útiles para detectar el sobreentrenamiento en las etapas iniciales. Éstas se presentarán en las siguientes secciones.

El consumo de oxígeno

El indicador más fiable del sobreentrenamiento puede ser el deterioro de la economía de natación. En otras palabras, los nadadores pueden necesitar más oxígeno para nadar a una velocidad determinada cuando sufren el sobreentrenamiento. Costill (1986) presentó información sobre un corredor de campo a través que necesitaba un 14% más de oxígeno para correr a una velocidad submáxima dada cuando sufría sobreentrenamiento. El consumo de oxígeno era 49 ml/kg/min para una carrera submáxima en el momento de su mejor rendimiento competitivo, pero aumentó a 56 ml/kg/min más tarde en la temporada cuando su rendimiento se deterioró. Miller *et al.* (1989) también han encontrado disminuciones en la economía en un grupo de nadadores que estaban sobreentrenados.

Sin embargo, una reducción de la economía de natación no es una indicación infalible del sobreentrenamiento. La dificultad inherente para diagnosticar el sobreentrenamiento con esta medida es que la economía

también disminuye cuando los nadadores están entrenándose intensamente. Antes de poder utilizar la economía de natación como indicador del sobreentrenamiento, se deben establecer criterios que diferencien la cantidad de disminución que señala el sobreentrenamiento del declive normal que ocurre durante el entrenamiento intenso. Otra sugerencia es permitir algunos días de recuperación antes de practicar una prueba de economía de natación. Luego, sólo los nadadores sobreentrenados mostrarán disminuciones del rendimiento.

Las principales desventajas de utilizar el consumo de oxígeno para evaluar el sobreentrenamiento son los gastos y la formación necesarios para hacerlo. El consumo de oxígeno de los nadadores debe medirse mientras están nadando. Hacerlo requiere analizadores caros y personal formado para realizar las pruebas, además de restar tiempo al entrenamiento. Este procedimiento puede ser factible con los nadadores de nivel nacional en concentraciones en las que están disponibles las instalaciones, el equipamiento y el personal formado. Sin embargo, para la mayoría de los entrenadores, los gastos y la falta de la formación necesaria no les permiten utilizar dicho procedimiento.

Niveles de lactato sanguíneo

Los niveles de lactato sanguíneo también han sido utilizados para evaluar el sobreentrenamiento. Se han diseñado pruebas que utilizan tanto los esfuerzos submáximos como máximos. Los análisis de sangre que siguen a esfuerzos submáximos actúan de forma similar a las medidas de consumo de oxígeno para medir los cambios en la economía de natación. Un nadador puede estar sobreentrenado cuando su concentración de lactato sanguíneo es más alta a una velocidad estandarizada submáxima o, al contrario, cuando un nadador revela una concentración determinada de lactato sanguíneo a una velocidad menor. Una gran reducción de la concentración pico de lactato sanguíneo después de un esfuerzo máximo también puede indicar un estado de sobreentrenamiento.

Estas medidas, como el consumo de oxígeno, no son infalibles. El agotamiento del glucógeno es un factor que podría causar un diagnóstico erróneo. Concentraciones menores de lactato sanguíneo pueden producirse a velocidades submáximas y máximas cuando los nadadores tienen un nivel bajo de glucógeno. Por lo tanto, puede parecer que están mejorando su capacidad aeróbica cuando realmente están empezando a sufrir un sobreentrenamiento (Frohlich *et al.,* 1988). De igual forma, los nadadores que tienen mayores concentraciones de glucógeno en sus músculos en una prueba posterior también tendrán concentraciones mayores de lactato sanguíneo a velocidades similares. Por consiguiente, pueden parecer estar sobreentrenados cuando no lo están.

Un estudio realizado por Tegtbur y colaboradores (1988) puede ayudar a decidir si hay sobreentrenamiento utilizando los análisis de sangre. El estudio mostró que las velocidades correspondientes al umbral anaeróbico tenían que ser corregidas en función de las reducciones en los valores pico de lactato sanguíneo antes de poderlas utilizar para diagnosticar los efectos del entrenamiento. En otras palabras, si un nadador particular exhibiera una reducción del 15% en el nivel máximo de lactato sanguíneo, su velocidad en el umbral anaeróbico u otro determinado tendría que aumentarse en un 15% antes de que reflejara precisamente la velocidad correspondiente al umbral. Si este aumento produjo una menor velocidad de la que logró el nadador en las pruebas anteriores, entonces puede estar sobreentrenado. Si no, el nadador probablemente estaba respondiendo bien al entrenamiento.

Cuando se utilizan los niveles de lactato sanguíneo para diagnosticar el sobreentrenamiento, los nadadores deben tener algunos días de descanso para reducir los efectos transitorios del entrenamiento duro y del agotamiento del glucógeno muscular antes de realizar la prueba. Se debe incluir también un esfuerzo máximo en la prueba para determinar si ha ocurrido algún cambio en el nivel pico de lactato sanguíneo del nadador.

La desventaja principal de los análisis de sangre es que requieren un equipamiento caro y un administrador formado, aunque dichos requisitos son menos onerosos de los que se necesitan para medir el consumo de oxígeno. Realizar análisis de sangre es considerablemente menos caro y requiere menos formación. Los entrenadores pueden aprender el procedimiento en

poco tiempo y realizarlo en sus lugares de entrenamiento siempre que esté disponible un personal médico formado para garantizar la seguridad de los nadadores.

Puede ser posible detectar un sobreentrenamiento inminente midiendo el valor pico del lactato sanguíneo después de nadar con esfuerzo máximo a lo largo de la misma distancia de prueba en prueba. Los nadadores sobreentrenados tendrán concentraciones máximas de lactato sanguíneo parecidas o menores para los esfuerzos máximos en una distancia determinada, pero su tiempo será más lento que en las pruebas anteriores.

Los valores máximos de lactato sanguíneo requieren una interpretación para mejorar su precisión en el diagnóstico del sobreentrenamiento. Normalmente estarán un poco reducidos durante períodos de trabajar el entrenamiento de resistencia. Por lo tanto, los entrenadores necesitan evaluar el grado de reducción del valor pico de lactato sanguíneo que distingue el sobreentrenamiento de una reducción normal inducida por el entrenamiento.

Aumentos en las concentraciones de lactato sanguíneo en reposo también se han utilizado para indicar el sobreentrenamiento. Los niveles normales de lactato sanguíneo en reposo están alrededor de 1,0 mmol/l. Por lo tanto, se ha sugerido que valores de reposo de 2,5 a 4 mmol/l indiquen el sobreentrenamiento. Este método también tiene sus escollos. Las concentraciones de lactato sanguíneo de reposo pueden ser normales para algunos nadadores aunque estén sobreentrenados. Las medidas de lactato sanguíneo de reposo utilizadas para diagnosticar el sobreentrenamiento deben tomarse antes del entrenamiento y después de que los nadadores hayan estado descansando durante 5 a 10 min. Se deben medir el día después de un día de entrenamiento de baja intensidad o de recuperación y a la misma hora para cada prueba. Seguir estas sugerencias reducirá la posibilidad de contaminación de entrenamientos intensos anteriores y otras actividades que los nadadores han realizado antes de llegar al lugar de entrenamiento.

La frecuencia cardíaca

El perfil de la frecuencia cardíaca (Sharp *et al.*, 1984) descrito en el capítulo 16 también puede utilizarse para diagnosticar el sobreentrenamiento. Puede que un nadador esté sobreentrenado cuando su frecuencia cardíaca es más alta a una velocidad submáxima determinada. La frecuencia cardíaca del corredor de campo a través estudiado en la investigación de Costill (1986) aumentó 24 lpm (un aumento del 18%) para la misma velocidad submáxima de carrera cuando realizaba la prueba en un estado de sobreentrenamiento. En la figura 19.3 se ilustra un perfil de frecuencia cardíaca que podría indicar el sobreentrenamiento.

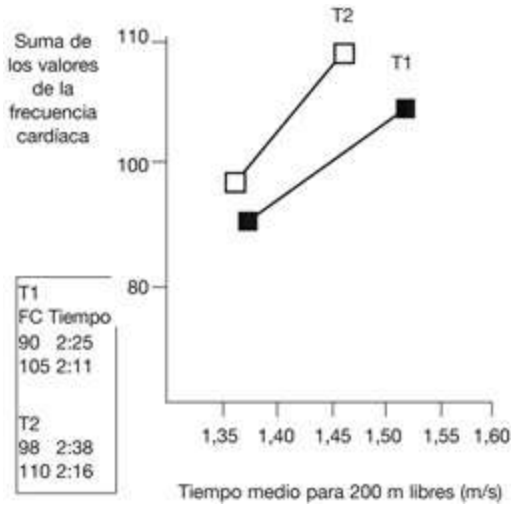


Figura 19.3. Un perfil de frecuencia cardíaca que sugiere el sobreentrenamiento.

En este ejemplo el nadador realizó tiempos de 2:25 y 2:11 en cada una de dos repeticiones de 200 m en su primera prueba. La suma de su frecuencia cardíaca de trabajo y de recuperación era 90 y 105, respectivamente. Obsérvese que nadó tiempos más lentos con una frecuencia cardíaca más alta en su segunda prueba. Sus tiempos fueron 2:33 y 2:16 con una frecuencia cardíaca de 98 y 110. Estas combinaciones de tiempos y frecuencias cardíacas indican un mayor esfuerzo para registrar tiempos más lentos en la segunda prueba. Dichos resultados no significan necesariamente un sobreentrenamiento. Muchas razones podrían explicar los resultados. Por ejemplo, puede que el nadador haya estado entrenándose demasiado poco o demasiado suavemente entre las dos pruebas, o puede que haya estado

enfermo antes de la segunda. Pero si se pueden descartar factores como éstos, debe sospecharse el sobreentrenamiento.

También se ha utilizado la frecuencia cardíaca de reposo para diagnosticar el sobreentrenamiento. Se han asociado registros de aumentos de 6 a 10 lpm con el sobreentrenamiento en la literatura (Dressendorfer, Wade y Schaff, 1985; Stray-Gunderson, Videman y Snell, 1986). Para mejorar la exactitud de esta medida, los nadadores deben descansar tranquilamente durante 5 a 10 min antes de tomar la frecuencia cardíaca de reposo.

Al igual que con el nivel de lactato sanguíneo de reposo, un nadador que muestra un gran aumento de la frecuencia cardíaca de reposo puede estar sobreentrenado. Sin embargo, de nuevo la ausencia de un aumento de la frecuencia cardíaca de reposo no es una prueba positiva de que el nadador *no* esté sobreentrenado. No todos los nadadores sobreentrenados muestran un aumento de la frecuencia cardíaca de reposo.

Para complicar más aún el panorama, la frecuencia cardíaca realmente puede disminuir cuando el sobreentrenamiento se ha ido produciendo lentamente durante un tiempo largo porque los nadadores pueden haber reducido su entrenamiento involuntariamente cuando llegaron a estar sobreentrenados. Una frecuencia cardíaca de reposo reducida acompañada de una incapacidad o una falta de deseo de reproducir los esfuerzos máximos anteriores pueden indicar el sobreentrenamiento, pero una frecuencia cardíaca de reposo reducida acompañada de esfuerzos máximos adecuados indica una mejora de la condición física.

Otro método sugerido para diagnosticar un sobreentrenamiento inminente es medir la diferencia entre la frecuencia cardíaca en la posición tumbada y de pie. Una gran diferencia puede indicar una mala recuperación del entrenamiento que a lo largo del tiempo puede provocar el sobreentrenamiento. La frecuencia cardíaca aumenta cuando las personas se levantan de una postura tumbada porque el corazón debe trabajar más para empujar la sangre de las piernas de vuelta al corazón contra la gravedad. La cantidad del aumento es normalmente menor para las personas bien entrenadas porque sus vasos reaccionan rápidamente dilatándose y reduciendo la presión contra la que el corazón tiene que bombear. La

dilatación de los vasos puede ser más lenta cuando los nadadores están más fatigados; por lo tanto, aumentará la diferencia entre la frecuencia cardíaca en posición tumbada y de pie. El gráfico ilustrado en la figura 19.4 muestra la respuesta de un deportista que está sobreentrenado. El gráfico empieza en enero cuando el deportista no estaba entrenado. Obsérvese que tanto su frecuencia cardíaca en posición tumbada como de pie disminuyen a lo largo de varios meses de entrenamiento y que también se estrecha la diferencia entre las dos. Este deportista al parecer empezó a sufrir de sobreentrenamiento en algún momento de julio, como indican los aumentos en ambas frecuencias cardíacas y un aumento en la diferencia entre las dos. Finalmente, obsérvese que la frecuencia cardíaca del deportista empezó a disminuir hacia los niveles anteriores cuando se proporcionó algún tiempo para la recuperación.

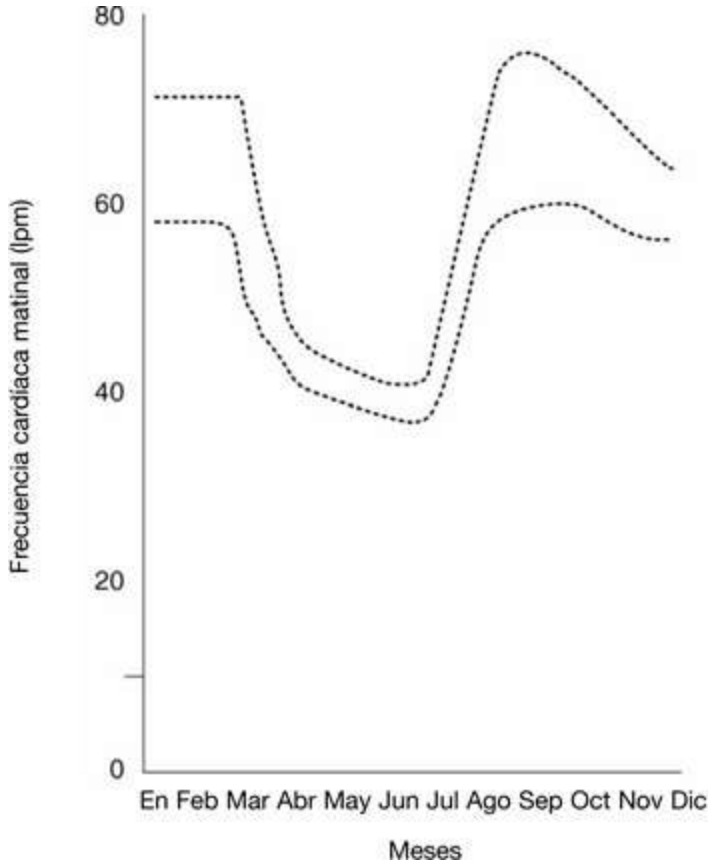


Figura 19.4. Un método para diagnosticar las respuestas al entrenamiento. Cambios en la frecuencia cardíaca matinal en la posición tumbada y de pie se representan para varios días

de cada mes.

Adaptada de Czajowski, 1982.

La frecuencia cardíaca de recuperación también puede ser un buen indicador del sobreentrenamiento. Éste debe sospecharse cuando los nadadores necesitan más tiempo para recuperarse de una repetición o serie de repeticiones submáximas estandarizadas. La validez de este método mejorará cuando la velocidad de la repetición o las repeticiones es suficiente para elevar la frecuencia cardíaca del nadador hasta cerca de la máxima (más de 160 lpm). Para una mayor precisión, los tiempos de natación y de recuperación deben estandarizarse de prueba en prueba. Un tiempo de recuperación de 45 s a 2 min es suficiente para evaluar la recuperación de los nadadores bien entrenados. Aunque puede que la frecuencia cardíaca no vuelva a la normal durante este tiempo, la tasa de desaceleración proporcionará una buena indicación del estado de fatiga del nadador. Una recuperación más lenta de la frecuencia cardíaca de 8 a 10 lpm puede ser indicador del sobreentrenamiento.

El gráfico ilustrado en la figura 19.5 ilustra los cambios en la frecuencia cardíaca de reposo, de ejercicio y de recuperación que pueden acontecer cuando el nadador sufre sobreentrenamiento. Obsérvese que bajo condiciones normales de entrenamiento (bien entrenado) los valores son 70 y 140 lpm para la frecuencia cardíaca de reposo y de ejercicio. Los valores fueron 120 después de 1 min de recuperación y 100 después de 2 min. Cuando sufría sobreentrenamiento, el mismo nadador presentó un aumento de 10 lpm en la frecuencia cardíaca de reposo (80 lpm) y un aumento de 20 lpm en la de ejercicio (160 lpm). La frecuencia cardíaca de recuperación también fue más alta en aproximadamente 10 lpm al minuto y a los 2 minutos después de ejercicio.

La frecuencia cardíaca es un poco más errática que las medidas de la economía de natación y del lactato sanguíneo. Por consiguiente, puede que no sean tan fiables para diagnosticar el sobreentrenamiento. En el lado positivo, no necesitan un equipamiento caro y son fáciles de realizar y evaluar. Se obtendrán los resultados más válidos y fiables utilizando un buen pulsómetro.

A no ser que utilicen la técnica apropiada, los nadadores y entrenadores suelen tomar mal la frecuencia cardíaca. No obstante, incluso la toma manual de la frecuencia cardíaca proporciona una medida que los entrenadores pueden utilizar para diagnosticar el sobreentrenamiento siempre que sean conscientes de cómo pueden malinterpretar las diversas medidas de la misma.

La frecuencia y la longitud de brazada

Un método excelente para identificar el sobreentrenamiento que no ha recibido mucha atención es medir las diferencias de la frecuencia y la longitud de brazada. La investigación reciente sugiere que aumentos en ambas o cualquiera de las dos puede ser un método preciso para detectar el sobreentrenamiento. Los nadadores que se vuelven menos eficientes (una menor economía de natación) tienen que nadar a una velocidad particular con una frecuencia de brazada más alta para compensar una menor longitud de la misma. El número de brazadas realizadas por largo de la piscina también puede contarse en lugar de medir la frecuencia de brazada. Evidentemente, la longitud de brazada de un nadador será menor cuando requiere más brazadas para recorrer una distancia estándar.

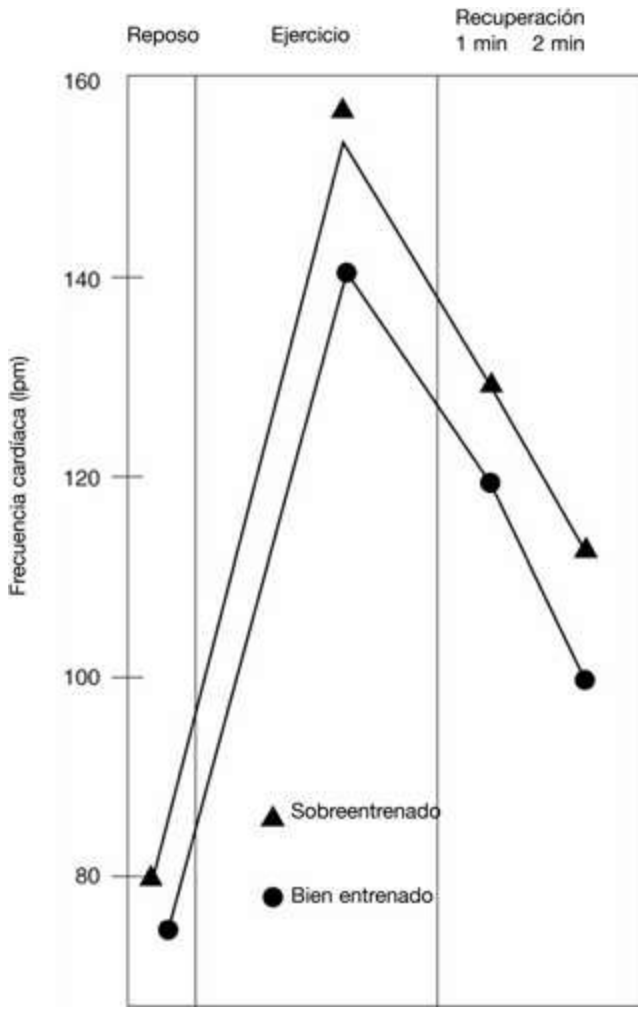


Figura 19.5. Cambios en la frecuencia cardíaca de reposo, de ejercicio y de recuperación que pueden acontecer cuando un nadador sufre de sobreentrenamiento.

Se puede utilizar la frecuencia de brazada para diagnosticar el sobreentrenamiento escogiendo una repetición estándar de 200 a 500 m o yardas. La velocidad de natación debe estar alrededor del 85% al 95% del mejor tiempo para el nadador de manera que sea lo bastante rápida para causar algo de fatiga sin requerir un esfuerzo máximo. Un nadador fatigado puede nadar suavemente sin cambiar su frecuencia o longitud de brazada cuando el esfuerzo no es difícil. El esfuerzo debe ser suficiente para hacer que los nadadores sobreentrenados compensen la menor economía aumentando la frecuencia de brazada. Weiss y colaboradores (1988)

mostraron que las velocidades por encima del umbral anaeróbico son suficientes para este fin.

Ahora existen varios dispositivos que permiten la medición de la frecuencia de brazada durante las repeticiones y competiciones. Por supuesto, no se requiere un equipamiento especial para contar el número de brazadas que el nadador realiza por largo. La relación entre la frecuencia y la longitud de brazada será presentada con detalle en la tercera parte de este libro.

También existen dispositivos que miden la longitud de brazada de los nadadores, aunque se puede calcular la longitud de brazada simplemente contando las brazadas. La distancia cubierta durante cada ciclo de brazada puede determinarse del número de ciclos requeridos para recorrer una distancia particular. Estos cálculos deben hacerse entre las banderas en medio del largo para que la longitud y la velocidad del impulso del nadador desde la pared no introduzcan errores en el cálculo.

Aunque no es tan preciso, un método más fácil es simplemente contar el número de brazadas que un nadador utiliza para cubrir una distancia concreta. Cuando aumenta este número, la longitud de brazada ha disminuido aunque no se conozca la cantidad de dicha disminución. Distancias de 25 m o yardas son normalmente demasiado cortas para ver una reducción perceptible en la longitud de la brazada contando las brazadas. Cuando están sobreentrenados, los nadadores maduros expertos normalmente no aumentarán su número de brazadas en ni siquiera un solo ciclo. Un aumento de un ciclo de brazada representaría una pérdida inmensa en la longitud de brazada, una mayor pérdida de la que tendría incluso el nadador más sobreentrenado. Un cambio en el recuento de brazadas es una medida más fiable en distancias más largas porque las disminuciones pequeñas en la longitud de brazada se manifestarán cuando se cuente un gran número de brazadas.

La dificultad para hacer una determinación completamente fiable a partir de estas medidas es que cierta pérdida de la longitud de brazada y un aumento concomitante de la frecuencia probablemente se producirán durante períodos de entrenamiento intenso y entre el comienzo y el final de semanas en las que ha habido un agotamiento gradual del glucógeno muscular. Por lo tanto, los resultados serán más precisos si se realiza la prueba después de que

los nadadores hayan tenido algunos días de descanso. Los entrenadores tendrán que fiarse de su buen juicio y experiencia para distinguir los aumentos de la frecuencia de brazada y las disminuciones de la longitud que son el resultado normal del efecto de entrenamiento de los que son excesivos e indicadores del sobreentrenamiento.

Las mediciones de la frecuencia y la longitud de brazada son, después de la frecuencia cardíaca, la medida más fácil de utilizar para identificar el sobreentrenamiento. Dichos métodos pueden ser más fiables que la frecuencia cardíaca. Cuando los nadadores deben realizar las brazadas más rápidamente para registrar un tiempo estándar, existe la posibilidad de que necesiten un poco de tiempo para descansar y recuperarse o puede que pronto lleguen a sufrir sobreentrenamiento. No se ha investigado la fiabilidad y validez de estas medidas para diagnosticar el sobreentrenamiento, pero prometen mucho para este fin.

Determinar la longitud de brazada contando las brazadas

Esta sección explica un procedimiento para calcular la longitud de la brazada contando las brazadas. El nadador está en una piscina de 50 m, y la distancia entre las banderas es 40 m para cada largo. El nadador requiere 20 ciclos de brazada para cubrir esta distancia; por lo tanto, la longitud de brazada es 2,0 m/ciclo.

Distancia entre las banderas = 40 m

Número de ciclos de brazada = 20

Longitud de brazada = 40 m ÷ 20 ciclos de brazada = 2,0 m/ciclo de brazada

Series normalizadas de repeticiones

La frecuencia cardíaca, la frecuencia de brazada y el número de brazadas son probablemente los mejores métodos disponibles para el entrenador típico para evaluar el sobreentrenamiento. No requieren un equipamiento caro ni personal formado, y pueden realizarse sin interrumpir el entrenamiento normal. Por lo tanto, se aconseja a los entrenadores desarrollar series normalizadas de repeticiones, como las descritas en el capítulo 16, para medir las mejoras en la condición física y para evaluar a los nadadores respecto al sobreentrenamiento. Las series de repeticiones desarrolladas para este fin deben medir el rendimiento en la zona de resistencia con sobrecarga para que se impliquen fuertemente tanto el metabolismo aeróbico como el anaeróbico. Por consiguiente, las series probablemente deben ser de 1.000 a 3.000 m o yardas. Los nadadores deben realizar repeticiones de 100 a 500 m o yardas con un descanso corto. Las repeticiones de 50 m, incluso con un descanso corto, no proporcionan bastante tiempo para recoger la información necesaria para la evaluación. Por las razones mencionadas anteriormente, la velocidad de las repeticiones debe ser más rápida que la del umbral anaeróbico. Si no se conoce esta velocidad, una frecuencia cardíaca de 160 a 170 lpm o esfuerzos percibidos de 17 a 18 en la escala de Borg indican una velocidad de natación adecuada.

Se deben medir algunos de los siguientes valores durante estas series de repeticiones normalizadas de entrenamiento: frecuencia cardíaca de ejercicio y de recuperación, frecuencia de brazada, número de brazadas y velocidad media para las repeticiones.

Al igual que el perfil de la frecuencia cardíaca, cuando las frecuencias cardíacas de ejercicio y de recuperación son más altas para repeticiones similares o más lentas, el nadador puede estar entrando en un período de falta de adaptación. De igual forma, cuando se requiere una frecuencia mayor de brazada o un mayor número de brazadas para nadar un tiempo similar o más lento en la repetición puede indicar una falta de adaptación. Los datos presentados en la tabla 19.3 muestran a un nadador que puede estar sufriendo sobreentrenamiento. La frecuencia cardíaca de ejercicio y de recuperación eran más altas para tiempos más lentos, y el nadador estaba realizando una frecuencia de brazada más alta y haciendo más brazadas por repetición. Estas

medidas indican un mayor esfuerzo para tiempos más lentos en la segunda prueba comparada con la primera. Si se pueden descartar otros factores, el sobreentrenamiento puede ser la causa.

Tabla 19.3. Resultados de dos series de repeticiones normalizadas

FECHA DE LA PRUEBA	SERIE DE REPETICIONES	TIEMPO MEDIO	FRECUENCIA CARDÍACA DE EJERCICIO (LPM)	FRECUENCIA CARDÍACA DE RECUPERACIÓN DESPUÉS DE 45 S (LPM)	FRECUENCIA DE BRAZADA/M	BRAZADAS POR REPETICIÓN
1/20/99	20 x 100/1:20	1:06.00	160	97	38	56
2/12/99	20 x 100/1:20	1:07.50	170	110	40	60

Los resultados de la segunda prueba pueden indicar el sobreentrenamiento si se puede descartar una falta de entrenamiento y una enfermedad. Obsérvese que el tiempo medio del nadador es mayor, y sin embargo su frecuencia cardíaca de ejercicio, la frecuencia cardíaca de recuperación y el recuento de brazadas son todos más altos. Todas estas medidas indican que necesitó más esfuerzo para nadar más lentamente en la segunda prueba que en la primera. Por lo tanto, el nadador puede tener una falta de adaptación.

Sin embargo incluir todas estas medidas en una prueba es incómodo y los resultados pocas veces son tan precisos y claros como los que he presentado en la tabla 19.3. Por consiguiente, la precisión de tales pruebas para diagnosticar el sobreentrenamiento mejorará con la inclusión de varias medidas. He indicado anteriormente cómo cada una de estas medidas por sí sola podría dar un análisis engañoso. Pero cuando varias de estas medidas señalan en la misma dirección, aumenta la probabilidad de un diagnóstico correcto de sobreentrenamiento. Por ejemplo, puede que un nadador realice tiempos ligeramente más rápidos con una frecuencia cardíaca de ejercicio más alta y una frecuencia de recuperación más lenta en una prueba consecutiva. En este caso, sería difícil determinar si los aumentos en la frecuencia cardíaca de ejercicio y de recuperación se debían al sobreentrenamiento o a la mayor velocidad. Un buen indicador de que el nadador no esté sobreentrenado sería una frecuencia de brazada o número de brazadas que no ha cambiado. Si alguna o ambas medidas son inusualmente altas, el nadador puede estar entrando en un estado de falta de adaptación.

En el capítulo 16, se presentó una descripción más completa del significado de varias combinaciones de estas medidas en las pruebas normalizadas.

Pruebas de flexibilidad

El sobreentrenamiento puede causar una reducción del rango de movimiento alrededor de varias articulaciones. Las medidas tomadas de la flexibilidad del hombro y del tobillo a lo largo de varias décadas me han convencido de que es un indicador fiable del sobreentrenamiento. Otras fuentes han mencionado esta respuesta. Kibler, Chandler y Stracener (1992) encontraron que una disminución de la flexibilidad a menudo precedía los síntomas de daños musculares (molestias, dolor e hinchazón) que señalan el sobreentrenamiento. Comprobar la flexibilidad de forma periódica, cada semana o cada dos semanas, puede ayudar a los entrenadores a detectar un inminente sobreentrenamiento antes de que se vuelva serio y cause reducciones significativas del rendimiento.

Sugiero medir y comparar el rango de movimiento de la extensión horizontal en la articulación del hombro, la capacidad de extensión (flexión plantar) o flexión (dorsiflexión) del tobillo y la hiperextensión de la región lumbar. Las medidas de base del rango de movimiento en estas articulaciones deben establecerse a principios de la temporada. La flexibilidad puede aumentar durante la temporada, particularmente si se incluyen ejercicios de estiramientos en el programa de entrenamiento. Más tarde, durante la temporada, se podría sospechar un sobreentrenamiento si, en combinación con otros indicadores, se produce una reducción significativa en el rango de movimiento en dos o tres articulaciones. Las medidas de flexibilidad deben tomarse después de varios días de natación suave o de recuperación. Una rigidez ocasional es normal el día después de una sesión de entrenamiento intensa. Se debe sospechar el sobreentrenamiento sólo cuando la rigidez continúa después de un día o dos de recuperación.

Pruebas de potencia y de capacidad amortiguadora

Algunas personas especulan que la potencia y la capacidad amortiguadora disminuirán cuando los nadadores sufran un sobreentrenamiento. Por lo tanto, se han propuesto pruebas como la repetición de un ejercicio de levantar pesas con una resistencia máxima, un ejercicio de brazos simulando una brazada en un banco de natación o un salto vertical para diagnosticar el sobreentrenamiento. Sin embargo, la validez de dichas pruebas es dudosa, porque son demasiado cortas para reflejar cambios principales en el rendimiento de natación y, con la excepción de la prueba del banco de natación, no son específicas de la natación. Incluso esta prueba no es verdaderamente específica de la natación, como han demostrado Costill *et al.* (1985). Un método mejor es realizar repeticiones de 50 ó 100. Son suficientemente largas para reflejar cambios tanto aeróbicos como anaeróbicos, y no es probable que los nadadores puedan mantener su rendimiento en estas series con sólo la motivación. Los nadadores motivados pueden contar con suficiente fuerza de voluntad para rendir bien en esfuerzos cortos incluso cuando sufren el sobreentrenamiento.

Presión arterial

Kirwan y colaboradores (1988) han encontrado un aumento de la presión diastólica en reposo cuando los nadadores tenían dificultades para tolerar el entrenamiento. Éste fue uno de los resultados del estudio descrito anteriormente, en el que el volumen de entrenamiento de los nadadores se duplicó intencionadamente durante 10 días. Aunque no de forma concluyente, sus resultados sugieren que aumentos de la presión diastólica en reposo de 10 mm Hg pueden señalar un sobreentrenamiento.

Hormonas

En el sobreentrenamiento se han visto implicadas varias hormonas. La primera es el cortisol, que es secretada por la corteza de la glándula adrenal.

Su función es ayudar a mantener los niveles normales de glucosa sanguínea y ácidos grasos libres. También están implicadas la adrenalina y la noradrenalina. La primera estimula el flujo sanguíneo, el consumo de oxígeno y la degradación del glucógeno. La segunda aumenta la frecuencia cardíaca y la presión arterial. La respuesta normal al entrenamiento es una reducción de las secreciones de cortisol, adrenalina y noradrenalina con una carga de trabajo estándar (Winder *et al.*, 1979). Por ello, algunos expertos han especulado que niveles de estas hormonas por encima de los normales pueden indicar un sobreentrenamiento.

El cortisol ha recibido la mayor cantidad de atención como indicador del sobreentrenamiento. O'Connor y sus colaboradores (1989) encontraron que un nivel alto de cortisol en reposo estaba relacionado de forma significativa con el sobreentrenamiento. Sin embargo, los resultados del estudio de Kirwan y colaboradores (1988) sugieren lo contrario. Encontraron que un aumento de cortisol era una respuesta normal al entrenamiento intenso y no podría utilizarse para identificar a los nadadores que sufrían sobreentrenamiento.

Estados de ánimo psicológicos

Las pruebas realizadas con papel y lápiz que indican los estados de ánimo de los nadadores han estado ganando aceptación en los últimos años para diagnosticar el sobreentrenamiento. Son más fáciles de realizar y evaluar que las pruebas que miden el consumo de oxígeno, el nivel de lactato sanguíneo, las hormonas y las enzimas. Morgan *et al.* utilizaron una de las mejores de estas pruebas para diagnosticar el sobreentrenamiento en varios estudios. Llamada el *perfil de estados de ánimo* (POMS en sus siglas en inglés), la prueba fue desarrollada por McNair, Lorr y Droppleman (1971). La prueba consta de 65 ítems que miden los niveles de tensión, depresión, ira, vigor, fatiga y confusión. Se considera el vigor como un estado de ánimo positivo, de manera que puntúa positivamente. Los restantes cinco se consideran estados de ánimo negativos, de manera que se asignan un valor negativo a las puntuaciones altas. Se calcula una puntuación compuesta restando la puntuación para el vigor de la suma de las puntuaciones en las cinco medidas

negativas. Se multiplica esta puntuación por cien para eliminar los valores negativos, y la cifra resultante positiva revela si al deportista le falta interés y vigor o tiene una visión optimista de la vida. Las puntuaciones altas reflejan una tendencia hacia la depresión, la falta de interés, un bajo nivel de energía y una baja motivación, mientras que las puntuaciones bajas manifiestan una actitud optimista.

Morgan y sus colaboradores han administrado esta prueba a más de 186 nadadores y nadadoras a lo largo de varios años. Encontraron que puntuaciones inusualmente altas en la prueba del POMS eran características de los nadadores considerados por sus entrenadores como afectados por el sobreentrenamiento. A lo largo del tiempo, la prueba del POMS ha podido identificar al 74% de los nadadores y al 89% de las nadadoras que se consideraba que sufrían un sobreentrenamiento (Raglin y Morgan, 1989).

En un estudio sobre el efecto de un aumento repentino del kilometraje de entrenamiento sobre los nadadores, Morgan y sus colaboradores (1988) utilizaron la prueba del POMS como uno de los indicadores del sobreentrenamiento. La figura 19.6 presenta los resultados de dicho estudio. De los 10 nadadores estudiados, seis toleraron el aumento del entrenamiento bien, y cuatro no. Los sujetos del primer grupo se llamaron reaccionadores y los del segundo grupo se llamaron no reaccionadores. Aunque las puntuaciones en la prueba del POMS aumentaron para ambos grupos, los 4 nadadores que tuvieron dificultades con el programa de entrenamiento presentaron una puntuación significativamente más alta que los demás.

A juzgar por estos resultados, la prueba del POMS puede ser una herramienta valiosa para diagnosticar un sobreentrenamiento inminente. La prueba del POMS puede ser un buen instrumento para identificar el sobreentrenamiento si se pueden establecer las normas para los aumentos normales y los que no lo son del entrenamiento duro. Los entrenadores deben poder distinguir la reducción normal en la actitud generalmente agradable de un nadador que acompaña un aumento normal del kilometraje usual de un cambio hacia la depresión que indica el sobreentrenamiento. Un sondeo de la literatura disponible sugiere que las puntuaciones absolutas del POMS por encima de 150 o los aumentos relativos de la puntuación mayores del 25% significan que el sobreentrenamiento puede ser inminente.

Aunque la prueba del POMS identifica a las personas que están más deprimidas que la media, las puntuaciones altas no deberían considerarse sintomáticas de una depresión clínica. Las puntuaciones altas significan solamente que un nadador puede estar sobreentrenado y que puede necesitar un descanso y recuperarse del entrenamiento. No significan que el nadador está sufriendo un proceso psicológico neurótico. Por esta razón, esta prueba no debe utilizarse para predecir trastornos psicológicos serios. Los cambios alteradores del comportamiento, no el resultado de un inventario psicológico, deben ser la causa de que un entrenador recomiende que el nadador busque ayuda profesional.

Listas de comprobación de los síntomas

Bompa (1999) ha desarrollado otra prueba de papel y lápiz que puede ser útil para detectar un caso potencial de sobreentrenamiento. La prueba es una lista de comprobación que rellena el propio nadador y que puede ser utilizada para evaluar una condición crónica de recuperación inadecuada que a menudo precede al sobreentrenamiento. Con esta prueba, los nadadores registran sus reacciones a varios síntomas durante cada día de entrenamiento. Se representan dichas reacciones gráficamente para revelar un patrón de ajuste para el entrenamiento. Se deben registrar varios síntomas diariamente:

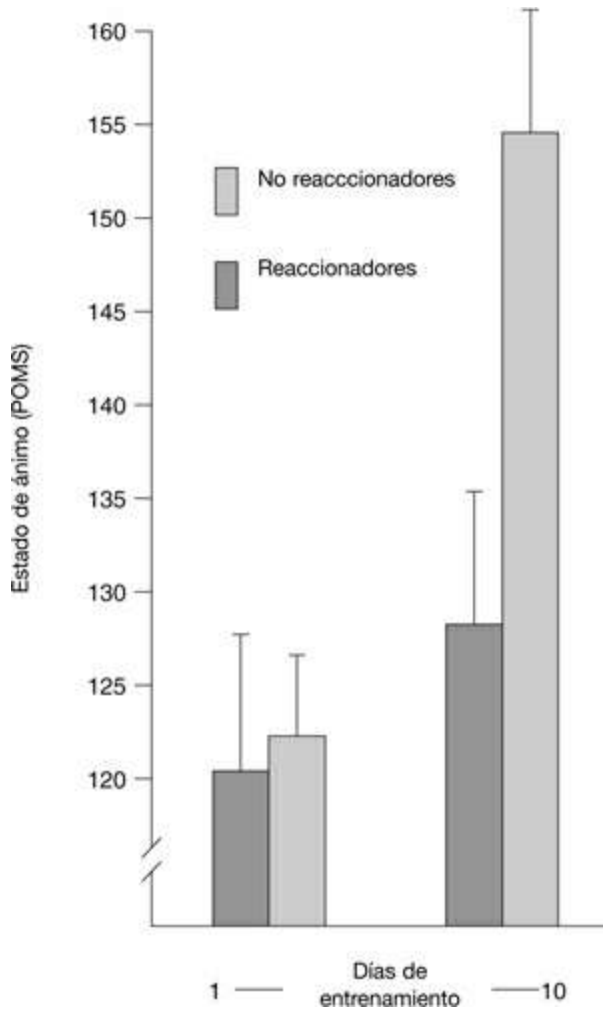


Figura 19.6. El efecto de 10 días de entrenamiento intenso de natación en las puntuaciones de los estados de ánimo.

Adaptada de Morgan *et al.,* 1988.

- Frecuencia cardíaca de reposo en latidos por minuto.
- Peso corporal en kilogramos.
- Horas de sueño.
- Calidad de sueño, descrita como profunda, normal, inquieta, mala con interrupciones o ausencia total.

- Cansancio, descrito como muy descansado, cansancio normal, muy cansado o dolorosamente cansado.
- Disposición para entrenarse, descrita como muy dispuesto, buena, pobre, falta de disposición o no entrenó en absoluto.
- Apetito, descrito como muy bueno, bueno, pobre, como porque tengo que comer, no comí.
- Disposición para competir, descrita como alta, media, baja o ninguna.
- Dolores musculares, descritos como ningún dolor, un poco de dolor, dolor moderado y dolor intenso.

La figura 19.7 ilustra una muestra de gráficos para horas de sueño, calidad de sueño, disposición para entrenarse y apetito. Copiados de Bompa (1999), estos gráficos son de un deportista que se estaba entrenando para los Juegos Olímpicos. El deportista evidentemente no estaba respondiendo bien al entrenamiento desde el día 11 hasta el día 16 del mes.

La lista de comprobación de Bompa es útil porque los entrenadores pueden adaptarla a su filosofía y entorno de entrenamiento. Un entrenador podría elaborar una lista a medida tomando todos o algunos de estos síntomas y registrándolos gráficamente. Para establecer los datos normativos, el entrenador debe empezar a principios de la temporada cuando los deportistas no están sobreentrenados. Los nadadores deben recibir instrucciones sobre el significado de las diferentes puntuaciones para que se evalúen a sí mismos siguiendo la misma escala. Una vez recogidos y evaluados los datos normativos, cualquier reducción temporal de estas evaluaciones debe considerarse un mal ajuste al entrenamiento. Reducciones significativas que persisten a lo largo de varios días pueden indicar un sobreentrenamiento inminente.

Resumen de las pruebas diagnósticas del sobreentrenamiento

Los mejores métodos para diagnosticar el sobreentrenamiento en las etapas iniciales son las que están fácilmente a disposición de los entrenadores, tales como tomar la frecuencia cardíaca, registrar la frecuencia de brazada, contar las brazadas y las medidas de flexibilidad. Tener sensibilidad hacia los síntomas de advertencia enumerados en la tabla 19.1 también puede ayudar a los entrenadores a reconocer esta condición antes de que se vuelva grave. Las pruebas de papel y lápiz y las listas de comprobación que evalúan los estados de ánimo psicológicos también parecen altamente fiables para evaluar el sobreentrenamiento. Los análisis de enzimas, hormonas, urea y 3-metilhistidina no son más fiables ni válidos que los medios más sencillos para detectar el sobreentrenamiento. Las posibilidades de establecer un diagnóstico erróneo son iguales cuando se intenta determinar si los cambios en los valores son reacciones al entrenamiento intenso normal o indicadores de sobreentrenamiento. Y, por supuesto, los análisis de enzimas, hormonas, urea y 3-metilhistidina son caros, ocupan mucho tiempo y requieren una formación exhaustiva.

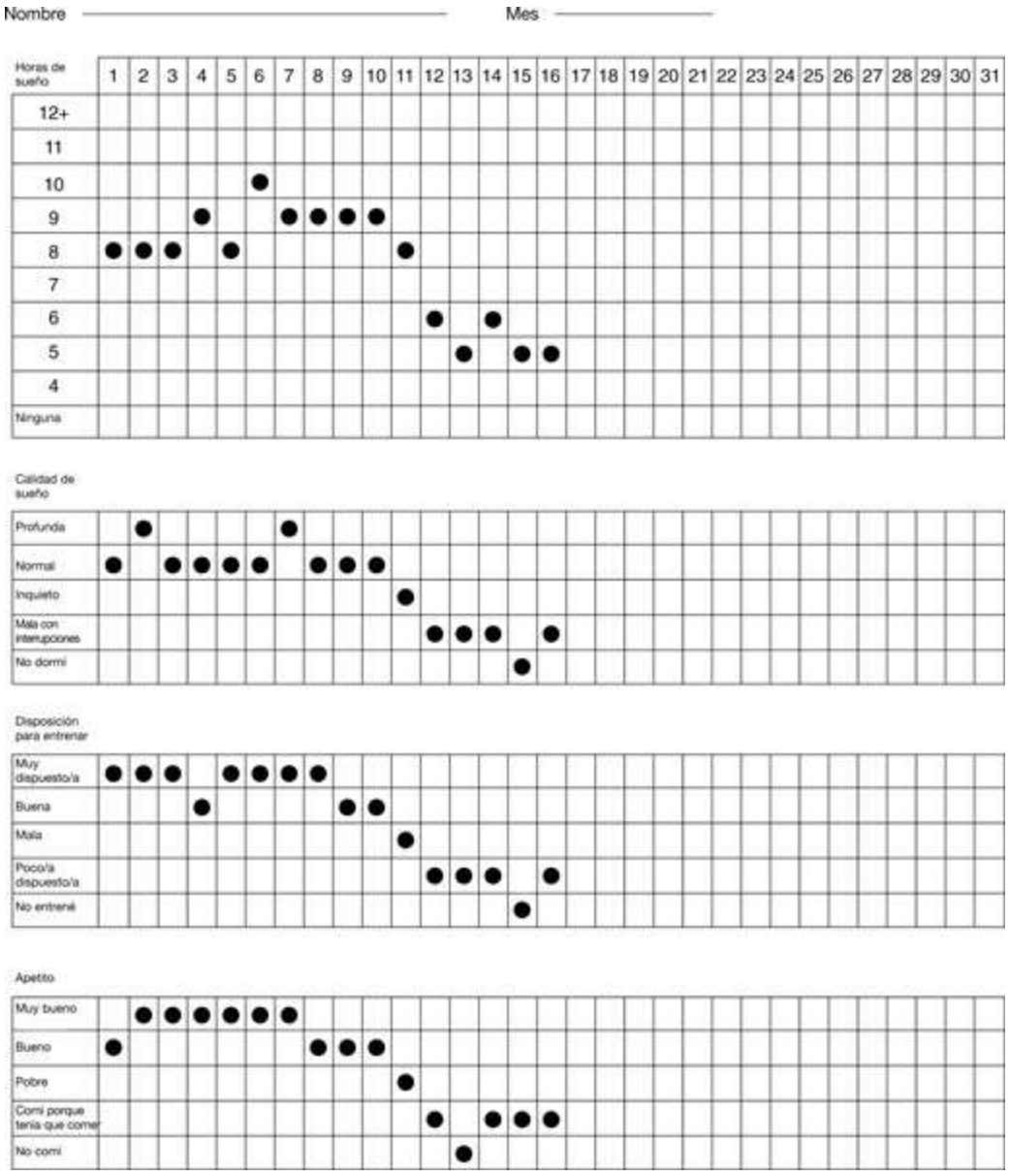


Figura 19.7. Una lista de comprobación para evaluar las respuestas al entrenamiento.

Adaptada de Bompa, 1999.

Aliviar el sobreentrenamiento

De 3 a 7 días de entrenamiento de recuperación son normalmente suficientes para reducir los síntomas de un esfuerzo exagerado si se trata el problema antes de que se haya producido una pérdida elevada de las adaptaciones al entrenamiento (Urhausen, Kullmer y Kindermann, 1987). La situación es diferente si el nadador ha estado sobreesforzándose durante un período prolongado y ha perdido una parte significativa de los efectos de entrenamiento adquiridos anteriormente. El nadador estará en un estado de sobreentrenamiento, y puede hacer falta un período de entre 2 ó 3 semanas hasta 3 meses para que se recupere. Morgan y colaboradores (1987) han escrito acerca de diferentes nadadores que necesitaron varias semanas para volver a los estados de ánimo normales después de sufrir el sobreentrenamiento. También describieron a otros que nunca se recuperaron totalmente durante las 4 a 6 semanas de descanso.

Cuando los nadadores muestran signos de un sobreesfuerzo después de varios días de entrenamiento intenso, se deben reducir la intensidad y el volumen del entrenamiento durante 2 ó 3 días. Deben nadar a los niveles de recuperación y de la resistencia básica durante este tiempo, realizando algunas series de entrenamiento de velocidad para mantener su velocidad. Este procedimiento debe aliviar el problema si es resultado de un sobreesfuerzo a corto plazo.

Será necesario un período más largo de recuperación si los nadadores no logran recuperarse. Una mala recuperación indica un sobreentrenamiento y una pérdida de las adaptaciones al entrenamiento. En este caso deben ausentarse del entrenamiento durante 3 a 5 días. Cuando vuelven deben entrenarse con una intensidad y un volumen reducidos hasta que logren la recuperación. Como se indicó anteriormente, pueden tardar de 2 semanas a varios meses según la gravedad del problema.

Se debe reducir la frecuencia del entrenamiento hasta una vez al día para proporcionar tiempo para descansar, recuperar el glucógeno muscular y regenerar el tejido muscular. La mayor parte del entrenamiento debe realizarse a las velocidades de recuperación y de la resistencia básica.

Además, los nadadores deben completar algunas series cortas de velocidad máxima varios días a la semana para mantener su velocidad. No deben realizar ninguna serie prolongada a la velocidad de la resistencia al nivel del umbral o con sobrecarga, ni deben realizar series largas de entrenamiento a la velocidad competitiva o de tolerancia al lactato. Sin embargo, pueden probar su progreso hacia la recuperación nadando series cortas de repeticiones (600 a 800 m o yardas) a las velocidades correspondientes a la resistencia al nivel del umbral o con sobrecarga, o descendiendo a estas velocidades a finales de las series de resistencia básica. Estarán en el camino de la recuperación cuando puedan hacer estas repeticiones con una frecuencia de brazada, longitud de brazada y frecuencia cardíaca similares a las que necesitaban para las mismas velocidades antes de sufrir el sobreentrenamiento. Deben poder realizarlas sin sufrir una recaída durante la próxima sesión de entrenamiento.

Se debe hacer un seguimiento de la condición física y emocional de los nadadores con cualquier dispositivo de evaluación que el entrenador haya escogido utilizar: informes rellenados por ellos mismos, series de repeticiones normalizadas, frecuencia cardíaca u otros análisis. Los entrenadores deben tener cuidado de no hacer que sus nadadores reanuden su entrenamiento intenso demasiado pronto cuando empiezan a mostrar signos de una recuperación. Los resultados de las pruebas, la actitud, el peso corporal, la frecuencia cardíaca, etc., deben indicar una recuperación durante 3 a 5 días antes de que un nadador deba empezar un entrenamiento intenso después de un episodio serio de sobreentrenamiento. Si un nadador vuelve a entrenarse intensamente antes de recuperarse del todo, el problema puede reaparecer.

Los nadadores que sufren sobreentrenamiento por estresores externos de una naturaleza emocional deben permanecer algún tiempo alejados del entrenamiento aunque el trabajo excesivo no fuera el factor desencadenante. Deben utilizar su tiempo libre para resolver cualquier conflicto personal que tuvieran. Puede ser una buena idea tener una charla sincera con los entrenadores, los amigos y los padres. Deben poder utilizar el tiempo para ponerse al día con los trabajos académicos que han dejado, las tareas del hogar y las responsabilidades dentro del club que pueden haber causado que el estrés se volviera excesivo. Puede que necesiten hablar con el entrenador y con otros nadadores a los que respetan si tienen ansiedad relacionada con su

rendimiento que les está provocando intranquilidad emocional.

Aliviar el sobreentrenamiento

- Reducir el kilometraje y la intensidad del entrenamiento diario.
- Entrenarse sólo una vez al día.
- Nadar el 80% del kilometraje al nivel de la resistencia básica.
- Descansar lejos de la piscina.
- Resolver los conflictos que pueden estar añadiendo estrés.
- Aumentar el consumo de hidratos de carbono.
- Controlar para evitar posibles deficiencias de vitaminas, minerales y calorías.
- Tomar un descanso de 1 semana del entrena-miento si el problema es grave.

Los nadadores que están intentando recuperarse del sobreentrenamiento deben prestar especial atención al descanso y a la dieta. Deben hacer el esfuerzo de dormir un mínimo de 8 horas por noche. También es buena idea programar períodos de descanso de 30 min o 1 h una o dos veces durante el día. Su dieta debe contener: (1) un número adecuado de calorías; (2) cantidades extra de hidratos de carbono simples y complejos, y (3) cantidades adecuadas de vitaminas y minerales. Necesitarán corregir las deficiencias en todas estas áreas antes de poder recuperarse.

Prevenir el sobreentrenamiento

El hecho de que los nadadores sufran sobreentrenamiento no significa necesariamente que tendrán un mal rendimiento al final de la temporada. La experiencia personal ha demostrado que muchos nadadores que siguieron el procedimiento esquematizado anteriormente después de sufrir un sobreentrenamiento luego registraron su mejor tiempo. No obstante, es preferible evitar el sobreentrenamiento que curarlo una vez que se haya desarrollado.

Las posibilidades de sufrir sobreentrenamiento pueden reducirse ajustando los programas de entrenamiento al estilo de vida y a la capacidad de tolerar el entrenamiento y los demás estresores de cada nadador. Los programas individualizados requieren que el entrenador posea conocimientos sobre los nadadores y sus reacciones al entrenamiento quese adquieren sólo después de varios años de trabajar juntos. Para complicarlo más aún, hay un límite a la cantidad de individualización que un entrenador puede lograr en un contexto de trabajo con grupos de nadadores. Normalmente hace falta una cierta cantidad de conformidad a causa de las condiciones de las piscinas en las que se entrena mucha gente y las limitadas horas disponibles para el entrenamiento. Pero los entrenadores pueden modificar el entrenamiento de algunos nadadores cuando la experiencia personal indica que un cambio es el enfoque correcto para evitar el sobreentrenamiento. También pueden modificar el entrenamiento de cualquier nadador que muestre los signos precoces del sobreentrenamiento.

Programar la intensidad del entrenamiento en ciclos de día a día también reducirá la incidencia del sobreentrenamiento. Se deben incorporar períodos de recuperación en el programa de entrenamiento durante cada semana y cada fase de la temporada. Los ciclos semanales, tales como los descritos en el capítulo 17, deben elaborarse con el fin de proporcionar 24 horas o más de recuperación después de cada sesión o dos de entrenamiento intenso de resistencia para reponer el glucógeno muscular. Se deben programar los mesociclos para proporcionar de 3 a 7 días de entrenamiento reducido después de cada 2 ó 4 semanas de esfuerzo intenso. Como he mencionado

varias veces, estos períodos de recuperación son *válvulas de seguridad* que proporcionan tiempo al cuerpo para que se ponga al día con la reposición de la energía y la reparación de los tejidos corporales para que sea menos probable que se desarrolle un sobreentrenamiento completo. Debe programarse un descanso de 1 ó 2 semanas para después de cada temporada del año de entrenamiento para que los nadadores puedan recuperarse de las respuestas producidas durante toda la temporada por los sistemas endocrino y nervioso central ante el efecto emocional del entrenamiento y de la competición.

Quizá la cosa más importante que los nadadores pueden hacer para reducir la posibilidad de sufrir un sobreentrenamiento es tener una dieta adecuada. Deben consumir bastantes calorías para soportar el trabajo que están realizando. La dieta debe contener de 500 a 600 g de hidratos de carbono complejos diarios, o para ser más específico, 10 g de hidratos de carbono por kilogramo de peso corporal (Sherman y Maglischo, 1991). Para explicarlo en términos que son más fáciles de comprender, de 2.000 a 3.500 de las calorías que consume diariamente un nadador deben proceder de los hidratos de carbono. Una dieta con este consumo diario de hidratos de carbono repondrá el glucógeno muscular en la mitad del tiempo que una dieta típica.

Otro método que puede ayudar a prevenir el agotamiento del glucógeno que precede la mayoría de los casos de sobreentrenamiento es beber soluciones de hidratos de carbono durante las sesiones de entrenamiento. Existen varios productos en el mercado que se pueden utilizar para este fin. Algunos están ya mezclados. Otros están en forma de polvos que deben mezclarse con agua para formar una solución del 10%. Se deben colocar estas bebidas al lado de las calles donde se entrenan los nadadores para que puedan beber durante el entrenamiento cuando tienen sed. La glucosa de esas bebidas mantendrá la glucosa sanguínea en un nivel más alto para que se transporte más glucosa a los músculos, donde puede utilizarse para obtener energía durante el entrenamiento. Esta práctica reducirá la combustión rápida de las proteínas musculares que pueden ser responsables del sobreentrenamiento.

Finalmente, prevenir el sobreentrenamiento requiere anticipar los efectos de otros estresores en la vida de los nadadores para que puedan reducirse antes de que su efecto acumulativo llegue a niveles alteradores. El

entrenamiento debe ser motivador, pero el ambiente no debe presionar tanto que los nadadores estén continuamente ansiosos pensando en su rendimiento. Deben aprender que el proceso de entrenamiento incluirá picos y valles y que deben luchar para conseguir los picos sin preocuparse en exceso por los valles. Deben intentar mantener el esfuerzo en un nivel alto y la ansiedad en un nivel bajo durante las sesiones de entrenamiento intenso. También deben intercalar la intensidad emocional de estas sesiones con períodos de entrenamiento más relajado.

A menudo, los nadadores asumen más responsabilidades externas de las que pueden soportar cuando están entrenándose. Esta situación puede tener como resultado que se estresen en exceso. Los entrenadores deben aconsejarles para que reduzcan su participación en otras actividades cuando están entrenándose intensamente, particularmente en actividades que reducen el tiempo disponible para descansar, dormir y recuperarse. También deben reducir su participación en actividades que requieren gastar energía emocional. Al mismo tiempo, los entrenadores deben ser sensibles a los otros compromisos de los nadadores y estar dispuestos a darles algunos días libres de vez en cuando para ponerse al día con el trabajo académico y para arreglar sus asuntos.

Prevenir el sobreentrenamiento

- Proporcionar de 24 a 36 h de entrenamiento de resistencia básica y de velocidad después de cada día o 2 días de entrenamiento de la re -sistencia al nivel del umbral o con sobrecarga.

- Proporcionar de 3 a 7 días de entrenamiento de recuperación después de cada 2 a 4 semanas de entrenamiento intenso.

- Aconsejar a los nadadores que consuman una dieta rica en hidratos de carbono.

- Animar a los nadadores a beber una solución de hidratos de

carbono durante las sesiones de entrenamiento.

- Aconsejar a los nadadores que re duzcan otras fuentes de estrés o el entrenamiento cuando intuyan un estrés adicional.

- No permitir a los nadadores sobrecargarse con demasiadas responsabilidades.

Tercera parte

La competición

Los temas de frecuencia y longitud de brazada, la elección del ritmo apropiado, la estrategia competitiva, el calentamiento, los masajes, la hiperventilación; y la vuelta a la calma, todos influyen en el éxito de los nadadores en la competición. Los próximos tres capítulos presentarán estos temas importantes pero a menudo despreciados.

Cada vez más, los entrenadores utilizan las medidas de frecuencia y longitud de brazada en el entrenamiento de sus nadadores. Su objetivo es encontrar la combinación óptima de ambas que permitirá obtener el mejor rendimiento en cada distancia competitiva particular.

El capítulo 20 presenta las últimas investigaciones acerca de estas medidas del rendimiento, junto con sugerencias para mejorar cada uno de dichos parámetros. La elección del ritmo apropiado y la estrategia son muy importantes para el éxito competitivo; sin embargo, los nadadores a menudo no reciben ninguna formación al respecto.

El capítulo 21 proporciona algunos tiempos parciales de carreras en cada distancia competitiva y para cada estilo. Los análisis de los datos sobre frecuencia y longitud de brazada, velocidad de natación, tiempo de salida y tiempo de viraje son ayudas valiosas para aprender a realizar las pruebas

competitivas de una manera más eficaz. Este capítulo incluye información sobre la interpretación y la utilización de dichos datos.

El último capítulo de esta sección trata de los procedimientos utilizados para calentar antes de la prueba y para la vuelta a la calma después de ella. Los resultados de algunos de los estudios más pertinentes sobre procedimientos como el calentamiento, la hiperventilación y los masajes se describen con detalle en el capítulo 22. También se incluyen sugerencias para acelerar la recuperación después de las pruebas y para la vuelta a la calma.

20

La frecuencia y la longitud de brazada

Las mediciones de la frecuencia y de la longitud de brazada se están haciendo cada vez más comunes en la natación competitiva. Los informes de la mayoría de las competiciones principales incluyen cálculos de la frecuencia y longitud de brazada junto con la velocidad de natación y los tiempos parciales de las pruebas. La frecuencia de brazada se refiere a la tasa de ciclos utilizada por el nadador en la competición. Se puede expresar la frecuencia de brazada según el número de ciclos de brazadas que realizan los nadadores cada minuto (ciclos/min) o el tiempo que necesitan para completar un ciclo de brazada (tiempo/ciclo). Un ciclo de brazada incluye dos brazadas, una derecha y una izquierda, en estilo libre y espalda. Un ciclo de brazada es una brazada y patada o batido completos en braza y mariposa, donde las partes del cuerpo se mueven simultáneamente.

La longitud de la brazada, que también se denomina distancia por brazada, se refiere a la distancia que el nadador recorre durante cada ciclo de brazada. La longitud de brazada se calcula como el número de metros que se desplaza el cuerpo del nadador hacia delante durante un ciclo de brazada. La velocidad

de natación se refiere a la velocidad de avance del nadador.

El cálculo de la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación

Cada uno de estos valores puede proporcionar información importante acerca de la competición para los nadadores. Quiero describir cómo calcular cada uno, empezando con la longitud de brazada.

El cálculo de la longitud de brazada

La longitud de brazada (LB) de un nadador puede calcularse de varias formas. El método más preciso es utilizar una película de vídeo para medir la distancia que se desplaza el cuerpo del nadador hacia delante durante un ciclo de brazada. Sin embargo, el método más común es contar el número de ciclos de brazada que el nadador necesita para cubrir una distancia dada y luego dividir dicho número entre la distancia. Por ejemplo, si un nadador requiere 20 ciclos de brazada para cubrir 40 m, su longitud media de brazada en esta distancia sería 2,0 m/ciclo (40 ÷ 20 = 2,0).

Cuando se calcula la longitud de brazada de esta forma, el método más preciso es escoger una distancia en medio del largo de la piscina para que los metros que cubre el nadador sin nadar durante el viraje y el impulso desde la pared no afecten el cálculo. El método utilizado más comúnmente es contar el número de ciclos de brazada que los nadadores realizan entre las banderas en medio de la piscina.

El cálculo de la frecuencia de brazada

Un método fácil de calcular la frecuencia de brazada (FB) con un cronómetro normal es cronometrar un ciclo de brazada. El valor resultante se expresaría en tiempo por ciclo (tiempo/ciclo). Un valor típico de este tipo sería 1,10 s/ciclo de brazada. La precisión al determinar la frecuencia de brazada de esta forma puedemejorarse cronometrando dos o más ciclos y luego calculando la media dividiendo el número de ciclos entre el tiempo. Por ejemplo, si el tiempo para tres ciclos es 3,30 s, se divide el número entre tres para calcular un resultado de 1,10 s/ciclo de brazada.

También se puede expresar la frecuencia de brazada como ciclos de brazada por minuto. Los valores se calculan dividiendo el tiempo medio por ciclo de brazada entre 60 s. La fórmula presentada en el recuadro demuestra cómo el tiempo de tres ciclos de brazada puede convertirse en ciclos de brazada por minuto. Se contaron tres ciclos de brazada y el tiempo era 3,2 s. Por lo tanto, el nadador estaba realizando las brazadas a una frecuencia de 1,067 s por ciclo de brazada, que equivale a 57 ciclos de brazada por minuto.

Método para calcular los ciclos de brazada por minuto a partir del tiempo medio por ciclo de brazada

El nadador completó tres ciclos de brazada en 3,2 s

3,2 s ÷ 3 ciclos de brazada = 1,067 s/ciclo de brazada

60 s ÷ 1,067 ciclos de brazada/s = 57 ciclos/min

Cada método utilizado para expresar la frecuencia de brazada tiene sus defensores. Personalmente prefiero expresar la tasa como ciclo de brazada

por minuto (ciclo/min) por varias razones. Una es que se comunica muy fácilmente a los nadadores. No se requieren fracciones para expresar las tasas de esta forma. También se pueden comunicar las diferencias en frecuencia de brazada de una parte de una carrera a otra o de una carrera a otra en números enteros en lugar de fracciones. Por ejemplo, decirle a un nadador que su frecuencia de brazada disminuyó 4 ciclos por minuto de 54 a 50 durante una carrera señala la magnitud del efecto de esta reducción en el rendimiento competitivo mejor que decir que la tasa de ciclos cambió de 1,11 s/ciclo a 1,20 s/ciclo durante la carrera.

El cálculo de la velocidad de natación

La velocidad del nadador durante cualquier parte de la carrera puede calcularse como el resultado de la longitud de la brazada dividido por la frecuencia de brazada. Para este cálculo debe utilizarse el tiempo por ciclo de brazada en lugar de los ciclos de brazada por minuto. El dibujo presentado en la figura 20.1 ilustra la relación entre la frecuencia de brazada, la longitud de brazada y la velocidad de natación. En esta ilustración la nadadora tiene una longitud de brazada media de 2,09 m/ciclo durante la parte de la carrera para la que se hizo el cálculo. Su tiempo por ciclo de brazada era 1,13 s/ciclo (53 ciclos/min). La división de su longitud por su frencuencia de brazada dará una velocidad de natación de 1,85 m/s.

Mencioné anteriormente que la frecuencia y la longitud de brazada se miden en la mayoría de las competiciones. Sin embargo, el procedimiento para hacerlo es prolongado, caro y necesita mucho personal. Se colocan hasta cinco cámaras de vídeo a lo largo de la piscina para registrar las competiciones. Después de la carrera, un equipo de trabajadores deben trabajar frenéticamente para calcular la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación de los nadadores para varias secciones de la carrera y ponerlas a disposición de los mismos lo antes posible.

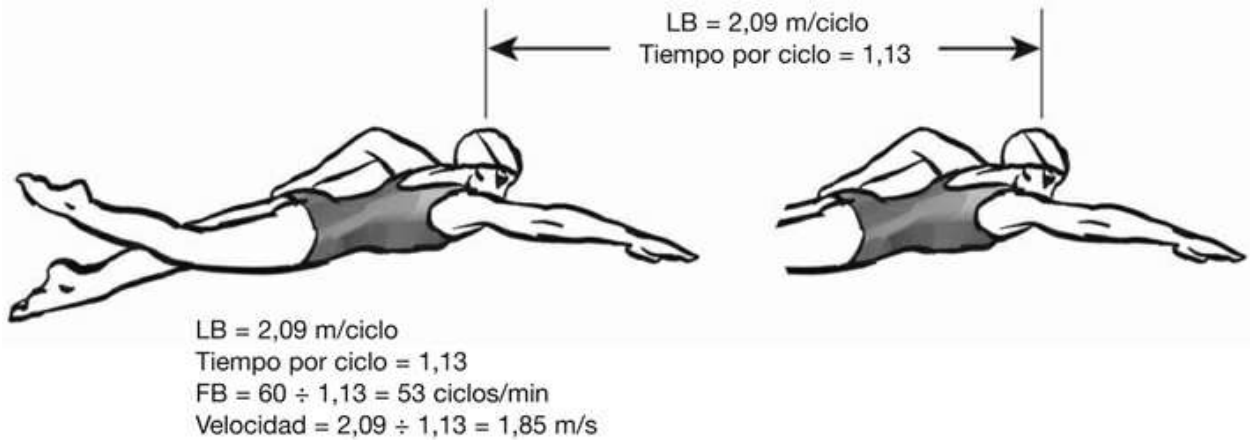


Figura 20.1. Se puede calcular la velocidad de natación a partir de la longitud y la frecuencia de brazada de la nadadora.

Dispositivos para medir la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación

Recientemente, han salido al mercado una serie de dispositivos cronometradores que permiten a los entrenadores medir la frecuencia de brazada, y a veces la longitud, rápida y fácilmente. Uno de los mejores es un monitor de vídeo del rendimiento desarrollado por la compañía YSDI que se muestra en la figura 20.2. Este dispositivo permite a los entrenadores no sólo medir los tiempos parciales para varios segmentos de la carrera sino también cronometrar los ciclos de brazada. Se programan de antemano en el monitor de vídeo del rendimiento la distancia de cada segmento de la carrera de la que se desea saber el tiempo parcial, la LB y la FB y el número de ciclos de brazada que se cronometrará por segmento, de manera que después de tomar el tiempo parcial y por ciclo, el monitor puede calcular y mostrar los resultados inmediatamente. Los valores expuestos incluyen el tiempo parcial, la frecuencia de brazada la longitud de brazada, y la velocidad de natación. El monitor de vídeo del rendimiento puede también conectarse con interfase a

una cámara de vídeo de manera que se puedan mostrar los valores en la cinta revelada a medida que son calculados junto con un regis-tro visual de la carrera.

Figura 20.2. Un monitor de vídeo de rendimiento.

Este dispositivo es fabricado y comercializado por la compañía YSDI de Tokio, Japón. Se puede comprar a YSDI Ltd., Nishiya-Cho 701-32, Hodogaya-Ku, Yokohama, Japón 240, o a U.S. Speed Matrix Corp., 8911 East Palm Tree Drive, Scottsdale, AZ 85255. Además de funcionar como cronómetro para registrar los tiempos parciales de las carreras, también registra los valores de frecuencia de brazada, longitud de brazada y velocidad de natación para cualquier segmento de la carrera.

Figura 20.3. Un cronómetro que también calculará la frecuencia de brazada.

Este cronómetro es fabricado y comercializado por Neilsen-Kellerman Co., 104 West 15th Street, Chester, PA 19013.

Varios cronómetros que existen en el mercado calcularán la frecuencia cardíaca en ciclos/min junto con los tiempos parciales para los segmentos deseados de la carrera. Una vez registrada dicha información la longitud de brazada y la velocidad de natación para varios segmentos de la carrera pueden calcularse. Si se conoce la frecuencia de brazada para un segmento particular de la carrera, puede determinarse el número de ciclos de brazada requerido para cubrirlo calculando el tiempo por ciclo de brazada y dividiendo dicho tiempo entre el tiempo registrado para el segmento. Luego se puede calcular la longitud de brazada dividiendo el número de ciclos de brazada entre la distancia del segmento respectivo. Se puede calcular la velocidad de natación dividiendo la longitud de brazada por el tiempo por ciclo de brazada. La mayoría de las revistas de natación contienen anuncios de estos cronómetros, uno de los cuales se muestra en la figura 20.3.

La relación de la frecuencia y la longitud de brazada con la velocidad de natación

La relación entre la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación es compleja. Un aspecto de esta complejidad es que la relación es negativa. La longitud de brazada de un nadador disminuirá cuando aumenta la frecuencia de brazada, y viceversa. Los nadadores irán más rápido cuando utilizan una combinación óptima de las dos, mientras que los valores máximos o mínimos de cualquiera de ellos producirán tiempos lentos (Craig y Pendergast, 1979; Pai *et al.*, 1984).

Son posibles las longitudes de brazada largas sólo con una frecuencia muy baja. Por el contrario, la longitud de brazada disminuye necesariamente al aumentar la frecuencia. La relación entre frecuencia de brazada, longitud de brazada y velocidad de natación forma la clásica *U invertida* ilustrada en la figura 20.4. El gráfico muestra que aunque la longitud de brazada será muy alta con una frecuencia baja, la velocidad de natación será lenta. Al mismo tiempo, con una frecuencia de brazada muy alta, la longitud de brazada de un nadador disminuirá tanto que la velocidad de natación será también lenta. Alguna combinación de la frecuencia de brazada submáxima y una longitud de brazada submáxima producirá una velocidad rápida de natación, aunque dicha combinación puede ser diferente para cada nadador y estilo.

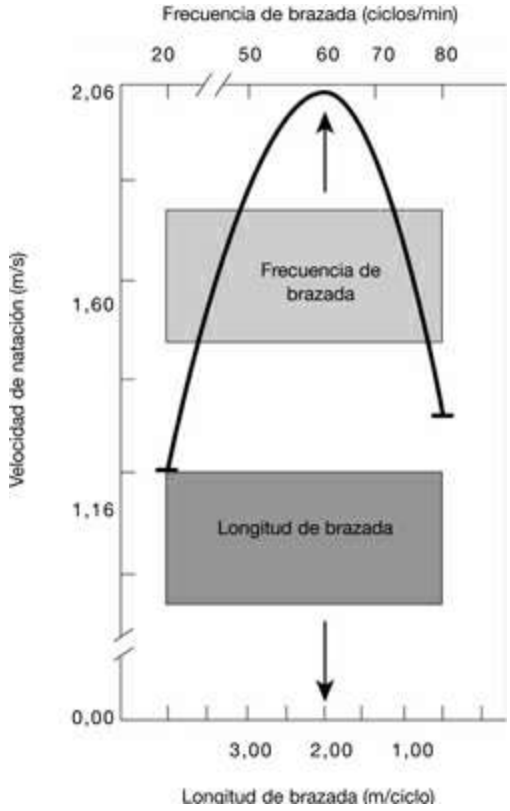


Figura 20.4. La relación entre frecuencia y longitud de brazada y velocidad de natación. Se logra la velocidad más rápida para cualquier distancia competitiva particular utilizando alguna combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada. En este ejemplo, la velocidad más rápida del nadador de 2,06 m/s se logra con una frecuencia de 62 ciclos/min y con una longitud de brazada de 2,00 m/ciclo. La velocidad disminuye a una frecuencia mayor a causa de una pérdida de longitud de brazada. La velocidad también disminuye a frecuencias menores porque son tan lentas que incluso un aumento considerable de la longitud de brazada no puede producir una velocidad rápida.

En el ejemplo ilustrado en la figura 20.4 se pidió a un nadador que nadase una serie de repeticiones de 50 m con una frecuencia de brazada cada vez más rápida. A la frecuencia más lenta, 20 ciclos/min (3,0 s/ciclo), el nadador pudo cubrir 3,5 m con cada ciclo de brazada, pero la velocidad era muy lenta, 1,16 m/s (3,5 ÷ 3,0 = 1,16). Realizando la frecuencia más rápida de brazada (80 ciclos/min) el nadador sólo podría cubrir 1,00 m por ciclo (0,75 s/ciclo). La velocidad de natación se calculó en 1,33 m/s (1.00 ÷ 0,75 = 1,33). La velocidad mayor de este nadador de 2,06 m/s se logró con una frecuencia de brazada de 62 ciclos/min (0,97 s/ciclo) y una longitud de brazada de 2,0

m/ciclo (2,0 ÷ 0,97 = 2,06).

Cuando los nadadores quieren ir más rápido aumentan su frecuencia de brazada, aunque la longitud disminuye. Al principio, su longitud de brazada disminuirá sólo un poco con cada aumento de la frecuencia. Por lo tanto, la velocidad de natación seguirá creciendo hasta que la frecuencia sea muy alta, por encima de 60 ciclos/min en la mayoría de los casos. Sin embargo, después la pérdida de longitud de brazada será tan grande que con cada aumento adicional de frecuencia la velocidad de natación disminuirá.

Las frecuencias de brazada extremadamente rápidas requieren unas explosiones grandes y rápidas de energía, que deben proceder en su mayor parte del metabolismo anaeróbico. Cuando los nadadores utilizan este metabolismo, el ácido láctico se acumula rápidamente, produciendo acidosis y la incapacidad para mantener dichas frecuencias. Por consiguiente, los nadadores pueden mantener su frecuencia de brazada por encima de los 60 ciclos/min sólo en la distancia de 50 m. La frecuencia de brazada que pueden mantener los nadadores se vuelve cada vez más lenta al aumentar la distancia de la prueba.

Existe probablemente una combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada para cada distancia competitiva y cada nadador. En todos los casos, ambas serán más bajas que la máxima que el nadador podría conseguir ejecutando sus brazadas lo más rápidamente posible o nadando con la brazada más larga posible. En la distancia de 50 m, el objetivo es encontrar la combinación de frecuencia y longitud de brazada que produzca la velocidad de natación más rápida posible. El hecho de escoger el ritmo apropiado juega un papel en todas las demás pruebas competitivas. Los nadadores avanzarán a menos de la velocidad máxima a propósito al principio de dichas pruebas para poder retrasar la acidosis y mantener la velocidad media más rápida posible a lo largo de toda la distancia. Por consiguiente, deben utilizar la combinación de frecuencia y longitud de brazada más eficaz y económica desde el punto de vista energético que les permita nadar a la velocidad deseada.

La longitud de brazada aumentará generalmente al disminuir la frecuencia durante las pruebas más largas. La longitud de brazada de la mayoría de los

nadadores aumentará cuando cambian de pruebas de 50 m a pruebas de 100 m porque la frecuencia puede disminuir hasta 10 ciclos/min. De igual forma, cuando los nadadores cambian de las pruebas de 100 m a 200 m la longitud de brazada aumentará y la frecuencia disminuirá, por lo menos al principio de la prueba. La longitud de la brazada permanecerá generalmente igual o aumentará sólo ligeramente de las pruebas de 200 a 400 ó 500 m, aunque la frecuencia del nadador normalmente disminuirá de 4 a 5 ciclos/min. Probablemente ocurre esto porque los nadadores están conservando energías no ejerciendo tanta fuerza por brazada en la prueba más larga. El mismo patrón se revela cuando los nadadores cambian de las pruebas de 400 m a las de 800 y 1.500 m.

La longitud de brazada sigue casi igual aunque la frecuencia disminuye de 2 a 5 ciclos/min. De nuevo, los nadadores probablemente están ahorrando energías en las pruebas más largas ejerciendo menos fuerza por brazada.

A menudo se dice que los nadadores mejores tienen la longitud de brazada más larga en una distancia competitiva particular (Craig *et al.*, 1985; Letzelter y Freitag, 1983). La suposición es que los nadadores más rápidos pueden cubrir más distancia con cada ciclo de brazada, sea cual sea su frecuencia. Esta idea ha suscitado una preocupación exagerada por realizar brazadas largas en todas las pruebas competitivas. Las investigaciones recientes sugieren que la combinación apropiada de frecuencia y de longitud de brazada es más importante para el éxito competitivo que simplemente realizar brazadas largas (Mason y Cossor, 2000). Con las mediciones de la frecuencia y la longitud de brazada cada vez más disponibles en las competiciones internacionales, se ha revelado que los mejores competidores no siempre tienen una brazada más larga que los nadadores que llegan después a la meta o que no logran clasificarse para las finales. Por ejemplo, Brooke Bennett ganó los 800 m libres en los Juegos Olímpicos de 1996. Su longitud de brazada varió entre 1,65 y 1,83 m/ciclo a lo largo de toda la prueba. La longitud de brazada de las otras siete finalistas varió entre 1,76 y 2,19 m/ciclo, con la mayoría en el rango de 1,90 a 2,09 m/ciclo. Bennet pudo nadar los 800 m más rápidamente porque mantuvo frecuencias de brazada de entre 51 y 54 ciclos/min durante toda la prueba. En cambio, la frecuencia de brazada de las otras siete finalistas estaba generalmente entre 43 y 48 ciclos/min.

Cada uno de los medallistas de los 1.500 m libres en los Juegos Olímpicos de 1996 utilizó una frecuencia de brazada más alta que los restantes cinco competidores. Las frecuencias de brazada de Kieren Perkins, Daniel Kowalski y Graeme Smith variaron entre 43 y 48 ciclos/min a lo largo de la prueba, mientras que las frecuencias de los restantes cinco nadadores estaban entre 35 y 45 ciclos/min, presentando la mayoría de los nadadores frecuencias entre 38 y 43 ciclos/min. La longitud de brazada de los medallistas de los 1.500 m también solía ser más corta, generalmente entre 2,14 y 2,24 m/ciclo. En cambio, la longitud de brazada de tres de los restantes cinco nadadores estaba entre 2,35 y 2,70 m/ciclo.

La falta de relación entre la longitud de brazada y el éxito también se ve en las pruebas de velocidad. La longitud de brazada media para Jingyi Le, ganadora de los 100 m libres femeninos, era 1,99 m/ciclo, mientras que las otras cuatro competidoras en esta carrera tenían una mayor longitud media de brazada. De igual forma, la longitud media de brazada para Alexander Popov, ganador de los 100 m libres masculinos en los Juegos Olímpicos de 1996, era 2,38 m/ciclo, mientras que tres de los otros finalistas tenían una longitud media de brazada de entre 2,39 y 2,60 m/ciclo.

Una afirmación más precisa sobre la influencia de la longitud de brazada sobre la velocidad de natación sería decir que un nadador puede aumentar la velocidad incrementando la longitud de brazada siempre que no produzca una disminución exagerada de la frecuencia. Incluso después de incrementar la longitud de brazada, un nadador podría tener una brazada más corta que sus competidores. El tiempo del nadador mejorará a causa de este aumento de longitud, siempre que su frecuencia no disminuya significativamente.

La influencia de la longitud de brazada sobre la velocidad de natación no puede separarse de la influencia de la frecuencia. Están intrínsecamente relacionadas. Algunos nadadores pueden creer que es más fácil mejorar su rendimiento aumentando su longitud de brazada, y otros que aumentando su frecuencia. Sea cual sea su elección, cualquier método para mejorar uno de estos parámetros de brazada implica un efecto sobre el otro. Ampliaré este aspecto en una sección posterior que trata sobre cómo utilizar la frecuencia y la longitud de brazada para mejorar la velocidad de natación. De momento, quiero volver a la relación entre frecuencia de brazada, longitud de brazada y

velocidad de natación.

Una de las tareas del entrenador es ayudar a sus nadadores a encontrar la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada que les permita nadar a una velocidad deseada con el menor gasto energético. La combinación óptima de frecuencia y longitud indudablemente será diferente para cada nadador y para cada prueba. No obstante, el rango de diferencias es lo bastante pequeño para permitirnos hacer algunas generalizaciones con respecto a la mejor frecuencia para cada prueba. Por ejemplo, la mayoría de los nadadores de nivel mundial utilizan frecuencias de brazada que están entre 40 y 45 ciclos/min durante las carreras de 1.500 m. En cambio, la mayoría utilizan frecuencias de entre 60 y 65 ciclos/min en las carreras de 50 m. El efecto opuesto se revela con respecto a la longitud de brazada. La longitud de brazada es mayor durante las pruebas más largas y disminuye gradualmente al acortarse la distancia de la carrera. La mayoría de los fondistas masculinos de nivel mundial tienen una longitud de brazada de 2,25 y 2,50 m/ciclo durante las carreras de 1.500 m. La longitud de brazada para velocistas masculinos de nivel mundial varía entre 1,90 m/ciclo y 2,15 m/ciclo en las pruebas de 50 m.

Nadadores y nadadoras utilizan frecuencias de brazada similares en sus carreras, aunque la longitud de brazada de las nadadoras es generalmente un poco más corta. Las nadadoras de nivel mundial utilizan una longitud de brazada de 1,90 a 2,20 en las carreras de 1.500 m y una longitud de 1,71 a 1,96 en las pruebas de 50 m. La tabla 20.1 proporciona ejemplos de la frecuencia y de la longitud de brazada utilizadas por los nadadores de nivel mundial, compilados con los resultados de las finales A y B de los Juegos Olímpicos de 1996 y de los Campeonatos del Mundo de 1998. La frecuencia y la longitud de brazada presentadas son las que los nadadores utilizaron en la primera mitad de la carrera, de manera que los efectos de la fatiga no influyen en las comparaciones. Los nadadores pueden utilizar esta información para encontrar el rango de frecuencias de brazada apropiadas para cada prueba competitiva.

En las ediciones previas de este libro se detallaron las frecuencias y las longitudes de brazada de los finalistas en las pruebas clasificatorias estadounidenses para la Olimpiada de 1984. Una comparación de estos datos

con los presentados en la tabla 20.1 indica que las frecuencias de brazada utilizadas en las diferentes pruebas han cambiado muy poco en los últimos 12 a 14 años. La excepción fue los 200 m braza, en la que los hombres estaban utilizando una frecuencia más lenta en 2 a 6 ciclos/min en 1984. Las longitudes de brazada tampoco han cambiado mucho, con las excepciones de los 200 m braza tanto para hombres como para mujeres y los 100 y 200 m espalda para hombres. La longitud de brazada para los bracistas mejoró de 0,20 m a 0,60 m/ciclo para mujeres y en 0,10 a 0,26 m/ciclo para hombres durante el intervalo de 12 a 14 años. La longitud de brazada de espaldistas masculinos se incrementó aproximadamente 0,23 m/ciclo en los 100 m y 0,37 m/ciclo en los 200 m durante el mismo intervalo de años.

Tabla 20.1. El rango de frecuencias y longitudes de brazada utilizado por los nadadores y nadadoras de nivel mundial en cada prueba de la competición

PRUEBA	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
Mujeres		
50 libres	60-65	1,79-1,96
100 libres	53-56	1,80-2,05
200 libres	48-54	2,10-2,20
400/500 libres	42-55	1,75-2,20
800/1.000 libres	44-54	1,75-2,10
1.500/1.650 libres	ND*	ND*
100 espalda	50-56	1,75-2,03
200 espalda	42-44	1,90-2,08
100 braza	47-53	1,60-1,90

200 braza	34-45	1,97-2,48
100 mariposa	52-56	1,77-1,85
200 mariposa	45-54	1,74-1,90
Hombres		
50 libres	56-67	1,88-2,16
100 libres	50-56	2,17-2,50
200 libres	43-51	2,25-2,41
400/500 libres	38-46	2,20-2,60
800/1.000 libres	ND*	ND*
1.500/1.650 libres	39-43	2,26-2,53
100 espalda	48-53	2,05-2,20
200 espalda	42-44	2,27-2,46
100 braza	52-55	1,50-1,88
200 braza	38-42	2,14-2,28
100 mariposa	52-56	1,90-2,15
200 mariposa	48-54	1,91-12,18

*Datos no disponibles.
Fuentes. Análisis de las competiciones en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos, Atlanta, GA, 1996. Publicados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología Deportiva del COI. Análisis Biomecánicos, Campeonatos Mundiales de Natación de 1998, Perth, Australia. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano del Deporte.

Otro punto de interés se relaciona con la manera de ajustar los nadadores la relación entre su frecuencia y su longitud de brazada al cambiar de una prueba a otra. La tabla 20.2 proporciona algunos datos sobre estos ajustes. La frecuencia y la longitud de brazada del mismo nadador compitiendo en dos pruebas de diferente distancia fueron compiladas con los datos sobre los competidores y competidoras durante los Juegos Olímpicos de 1996 y los Campeonatos del Mundo de 1998. También se estudió el efecto de estos cambios sobre la velocidad de natación. Se hicieron todas las comparaciones en el primer cuarto de las carreras para que la fatiga no interfiriese. Se compararon la frecuencia y la longitud de brazada de los nadadores que compitieron tanto en los 50 como en los 100 m libres. Se hicieron comparaciones similares para los que compitieron en los 100 y 200 m libres y en los 100 y 200 m de los otros estilos. También se compararon la frecuencia y la longitud de brazada de los nadadores que compitieron tanto en los 200 como en los 400 m libres y las que compitieron tanto en los 400 como en los 800 m libres femeninos, o los 400 y 1.500 m libres masculinos.

Al cambiar los nadadores de estilo libre de los 50 a los 100 m, la frecuencia de brazada solía disminuir de 5 a 10 ciclos/min y la longitud de brazada aumentar de 0,10 a 0,30 m/ciclo. El resultado fue que disminuyese la velocidad de 0,03 a 0,09 m/s. Al cambiar los nadadores de los 100 m a los 200 m libres, la frecuencia de brazada solía disminuir de 6 a 11 ciclos/min y la longitud de brazada aumentar entre 0,26 y 0,44 m/ciclo. Su velocidad de natación disminuyó entre 0,03 y 0,22 m/s. La frecuencia de brazada de los nadadores disminuyó menos cuando cambiaron de 200 a 400 m libres. Las reducciones fueron de entre 4 y 7 ciclos/min. Su longitud de brazada cambió desde una pequeña disminución de 0,03 a un aumento de 0,35 m/ciclo al cambiar de la distancia más corta a la más larga de las dos pruebas. La velocidad de natación disminuyó más en las mujeres que en los hombres al cambiar los nadadores de la prueba de 200 a la de 400 m. La disminución de las mujeres estaba en el rango de 0,14 a 0,18 m/s, mientras que en los hombres estaba entre 0,03 y 0,10 m/s. Disminuciones de la frecuencia de brazada eran aún menores para hombres y mujeres al cambiar de los 400 a los 800 m ó 1.500 m. La frecuencia disminuyó sólo de 2 a 5 ciclos/min. La longitud de brazada aumentó muy poco, entre 0,06 y 0,14 m/ciclo. Las disminuciones de velocidad eran también muy pequeñas, de entre 0,03 y 0,10 m/s.

Tabla 20.2. Cambios de frecuencia de brazada y longitud de brazada de los mismos nadadores en pruebas diferentes

RANGO DE PRUEBAS	SEXO	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO	VELOCIDAD DE NATACIÓN EN M/S
50 a 100 m libres	M	-3 a 10	+0,10 a 0,28	-0,04 a 0,09
	H	-5 a 10	+0,15 a 0,30	-0,03 a 0,09
100 a 200 m libres	M	-6 a 10	+0,26 a 0,36	-0,10 a 0,22
	H	-7 a 11	+0,21 a 0,44	-0,03 a 0,07
200 a 400 m libres	M	-5 a 7	-0,03 a 0,15	-0,14 a 0,18
	H	-4 a 7	+0,20 a 0,35	-0,03 a 0,10
400 a 800/1.500 m libres	M	-3 a 5	+0,11 a 0,13	-0,06 a 0,10
	H	-2 a 3	+0,06 a 0,14	-0,03 a 0,09
100 a 200 m mariposa	M	-4 a 8	+0,05 a 0,16	-0,13 a 0,20
	H	-4 a 8	+0,08 a 0,27	-0,05 a 0,17
100 a 200 m espalda	M	-2 a 4	+0,05 a 0,08	-0,04 a 0,14
	H	-5 a 9	+0,09 a 0,21	-0,04 a 0,15
100 a 200 m braza	M	-7 a 11	+0,21 a 0,44	-0,03 a 0,07
	H	-9 a 10	+0,26 a 0,29	-0,06 a 0,08

Fuentes. Análisis de las competiciones en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos, Atlanta, GA, 1996. Publicados por la Subcomisión de Biomecánica del COI. Análisis Biomecánicos, Campeonatos Mundiales de Natación de 1998, Perth, Australia. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano del Deporte.

La frecuencia de brazada disminuyó de 4 a 8 ciclos/min para los mariposistas al cambiar de la prueba de 100 a la de 200 m. Su longitud de brazada aumentó entre 0,05 y 0,27 m/ciclo durante la más larga de las dos pruebas. La velocidad de natación se redujo entre 0,05 y 0,20 m/s para la distancia de 200 m.

En las pruebas de espalda, la frecuencia de brazada de los hombres disminuyó entre 5 y 9 ciclos/min entre la prueba de 100 y 200 m, pero disminuyó sólo en 2 a 4 ciclos/min para mujeres. Los aumentos de la longitud de brazada fueron considerablemente mayores para los hombres al cambiar de la distancia de 100 a 200 m, variando entre 0,09 y 0,21 m/ciclo, mientras que en las mujeres el aumento de la longitud de brazada sólo era entre 0,05 y 0,08 en la distancia de 200 m. A pesar de estas diferencias, la reducción de la velocidad de natación fue similar para ambos sexos al cambiar de la prueba de 100 a la de 200 m. La velocidad disminuyó entre 0,04 y 0,15 m/s para los hombres y entre 0,04 y 0,14 para las mujeres en la prueba de 200 m.

La frecuencia de brazada disminuyó entre 7 y 11 ciclos/min en los bracistas cuando cambiaron de la distancia de 100 a la de 200 m. Su longitud de brazada aumentó entre 0,21 y 0,44 m/ciclo en la prueba más larga. Estos cambios produjeron mayores reducciones de velocidad en los hombres que en

las mujeres. La velocidad de los hombres disminuyó de 0,06 a 0,08 m/s en la prueba de 200, mientras que la velocidad de las mujeres sólo disminuyó de 0,03 a 0,07 m/s.

Algunos investigadores han sugerido que los nadadores utilicen una frecuencia ligeramente más rápida para las mismas distancias de prueba en las piscinas cortas que en las olímpicas (Wirtz, Wilke y Zimmerman, 1992). Otros contradicen esta recomendación (Keskinen, Keskinen y Mero, 1996). Todos están de acuerdo en que los nadadores son capaces de mantener una longitud de brazada ligeramente mayor en las piscinas cortas, probablemente porque los virajes más frecuentes proporcionan un descanso adicional que les permite mantener un nivel de esfuerzo ligeramente mayor durante las carreras en dichas piscinas.

Factores que influyen en la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada

La tabla 20.1 revela que el rango de frecuencias y longitudes de brazada utilizado por los finalistas en los Juegos Olímpicos de 1996 y los Campeonatos del Mundo de 1998 fue bastante grande en cada prueba. Dentro de cada distancia, la frecuencia de brazada utilizada por los nadadores a menudo difirió de 4 a 10 ciclos/min, y la longitud de brazada varió de 0,10 a 0,50 m/ciclo. Las diferencias en el tamaño y la habilidad de los nadadores para realizar la brazada probablemente explican las variaciones. Los nadadores más altos típicamente utilizarán una frecuencia de brazada más lenta y cubrirán una mayor distancia con cada brazada que los nadadores más bajos. El mero hecho de que sean más altos contribuye a su frecuencia más lenta y mayor longitud. Además, generalmente tienen los miembros más largos que los nadadores más pequeños, permitiéndoles cubrir una mayor distancia con cada brazada. Sus miembros más largos también requieren más tiempo para desplazarse por el agua, lo que explica la menor frecuencia de brazada.

La mayoría de los nadadores pequeños, pero no todos, tendrán una frecuencia de brazada más rápida y una longitud menor que sus compañeros más altos. Sin embargo, algunos han logrado la misma frecuencia y longitud que sus compañeros más grandes realizando una brazada más potente. Nadar con mayor eficacia implica utilizar movimientos que generan una mayor fuerza propulsora con cada brazada y reducen el arrastre adoptando unas posiciones corporales más eficaces y utilizando movimientos más rítmicos. Los nadadores con un batido o patada excelente y los nadadores con manos muy grandes probablemente también utilizarán una frecuencia más lenta y tendrán una longitud de brazada mayor.

¿Deben enseñarse las frecuencias de brazada?

Las opiniones difieren en cuanto a la conveniencia de enseñar a los nadadores la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada para cada distancia competitiva o si escogen intuitivamente la que para cada uno de ellos es la mejor combinación de ambas (McArdle y Reilly, 1992). Ambas posiciones tienen algo de verdad. Es cierto que los nadadores suelen escoger la frecuencia de brazada para cada distancia competitiva basándose en las sensaciones y la intuición, pero dichas frecuencias no son siempre las más eficaces. Chollet y colaboradores (1996) investigaron si los intentos de modificar la frecuencia que habían escogido aumentarían el coste energético. Su hipótesis fue que aunque una combinación particular de frecuencia y longitud de brazada pudiese ser más eficaz, el esfuerzo consciente requerido para lograr y mantener una frecuencia que no se siente como normal aumentaría el coste energético de nadar. Midieron la frecuencia cardíaca real de ejercicio y los niveles de lactato sanguíneo después del esfuerzo para evaluar el coste energético de nadar. Se sorprendieron al encontrar que la frecuencia cardíaca de ejercicio y los niveles de lactato sanguíneo después del mismo solían ser ligeramente más bajos cuando los sujetos se concentraban en mantener una frecuencia de brazada indicada en lugar de una que sentían

intuitivamente que fuera correcta. Una revisión de las frecuencias autoseleccionadas que los nadadores de nivel mundial han utilizado en sus competiciones también sugiere que incluso algunos de estos nadadores de elite están cometiendo errores utilizando una frecuencia demasiado rápida o demasiado lenta en sus carreras. Por ejemplo, un nadador pudo lograr una velocidad de sólo 2,09 m/s utilizando una frecuencia de brazada de 61 ciclos/min durante los primeros 25 m de la prueba de 50 m libres en la Olimpiada de 1996. Su longitud de brazada fue 2,06 m/ciclo. El mismo nadador pudo nadar a una velocidad mayor de 2,14 m/s durante los primeros 25 m de los 100 libres reduciendo su frecuencia a 56 ciclos/min, lo que le permitió nadar con una longitud de brazada de 2,31 m/ciclo. Este nadador probablemente hubiera podido nadar más rápidamente en los 50 libres si hubiera utilizado una frecuencia de brazada que estaba entre 56 y 60 ciclos/min.

Comparar los resultados de esta forma ha demostrado que muchos competidores en los Juegos Olímpicos de 1996 cometieron algunos errores en las combinaciones de frecuencia de brazada y longitud de brazada que utilizaron en sus pruebas competitivas. El error más común que cometieron fue nadar con una frecuencia de brazada demasiado alta en las pruebas más cortas. Muchos especialistas de la prueba de 100 m movieron sus brazos demasiado rápidamente cuando nadaron los 50 m, y algunos especialistas de 200 m movieron sus brazos demasiado deprisa cuando compitieron en la prueba de 100 m. En cambio, algunos velocistas tendieron a realizar las brazadas demasiado deprisa a principio de la carrera cuando competían en las pruebas de 200 m. Los fondistas no fueron ajenos a estos errores. Algunos especialistas de la prueba de 1.500 m movieron sus brazos demasiado deprisa cuando compitieron en la prueba de 400 m y especialmente cuando nadaron los 200 m libres.

Existen dos enfoques posibles para mejorar la velocidad de natación manipulando la relación entre la frecuencia y la longitud de brazada. El primer enfoque es aumentar la longitud de brazada para una distancia competitiva particular sin disminuir la frecuencia de forma exagerada. El segundo enfoque es aumentar la frecuencia de brazada sin disminuir la longitud de forma exagerada. Los cálculos ilustrados a continuación muestran cómo la velocidad de natación puede ser aumentada en los 50 m con ambos

enfoques. La influencia de la salida ha sido descartada para hacer los cálculos más comprensibles.

Dos enfoques para mejorar la velocidad de natación manipulando la frecuencia y la longitud de brazada

Antes de entrenarse

Frecuencia de brazada = 60 brazadas/min

Longitud de brazada = 1,75 m/ciclo de brazada

60 brazadas/min = 1,00 s/ciclo de brazada

1,75 m/ciclo de brazada ÷ 1,00 s/ciclo de brazada = 1,75 m/s

50 m ÷ 1,75 m/s = 28,57 s

Enfoque número 1: aumentar la frecuencia de brazada

Después de entrenarse

La frecuencia de brazada aumentó a 63 brazadas/min

La longitud de brazada se redujo sólo a 1,71 m/ciclo

63 brazadas/min = 0,95 s/ciclo de brazada

1,71 m/ciclo ÷ 0,95 s/ciclo de brazada = 1,80 m/s

50 m ÷ 1,80 m/s = 27,77 s

Enfoque número 2: aumentar la longitud de brazada

Después de entrenarse

La longitud de brazada aumentó a 1,84 m/ciclo

La frecuencia de brazada se redujo a sólo 59 ciclos/min

59 brazadas/min = 1,02 s/ciclo de brazada

1,84 m/ciclo ÷ 1,02 s/ciclo de brazada = 1,80 m/s

50 m ÷ 1,80 m/s = 27,77 s

La nadadora en este ejemplo tiene unos valores antes de entrenarse de 60 ciclos de brazada por minuto y una longitud de brazada de 1,75 m/brazada con esta frecuencia. Por lo tanto, su tiempo para los 50 m se calcula en 28,57 (50 ÷ 1,75 m/s = 28,57). El cálculo demuestra que podría mejorar su tiempo a 27,77 si aumentase su frecuencia de brazada a 63 brazadas/min con sólo una pequeña disminución de la longitud de brazada. Alternativamente, una mejora de la longitud de brazada a 1,84 m/ciclo de brazada también produciría un tiempo de 27,77 mientras que su frecuencia de brazada no disminuyese más de 1 ciclo/min.

La sabiduría tradicional dicta que los nadadores deben concentrarse en mejorar su longitud de brazada para nadar más rápidamente. Eso generalmente es verdad. Un aumento de la longitud de brazada ganado aumentando la potencia muscular, utilizando un patrón de brazada más eficaz o reduciendo el arrastre por forma, debería mejorar el tiempo del nadador sin aumentar el coste energético del ejercicio. Pero esta generalización simplifica demasiado la relación compleja entre FB, LB y velocidad de natación. No todos los nadadores pueden aumentar su longitud de brazada sin perder velocidad. En algunos casos, su frecuencia de brazada realmente disminuye demasiado. Otros pueden invertir una cantidad exagerada de energía realizando las brazadas más lentas con mayor fuerza. No existe una solución fácil. Cada nadador debe buscar la relación óptima entre frecuencia de brazada y esfuerzo invertido en la misma que producirá la velocidad media deseada para una distancia competitiva particular con el menor coste

energético. Puede que algunos nadadores encuentren más fácil aumentar la velocidad media incrementando su frecuencia de brazada en lugar de su longitud. Puede que otros encuentren que el enfoque contrario funciona mejor para ellos. Los entrenadores deben experimentar con ambos enfoques para mejorar la velocidad de natación. Inicialmente sus esfuerzos deben orientarse a mejorar la velocidad de natación incrementando la longitud de brazada, pero deben estar dispuestos a experimentar aumentando la frecuencia si dicho enfoque no parece funcionar.

Encontrar la relación óptima entre frecuencia y longitud de brazada

La posibilidad del nadador de reproducir tiempos rápidos puedemejorarse si se determina la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada para cada una de las pruebas en las que compite. Un procedimiento que puede utilizarse para este objetivo es nadar una serie de repeticiones de 25 a 100 m a la velocidad competitiva utilizando diversas frecuencias de brazada. Se pueden calcular dichas frecuencias con un cronómetro normal cronometrando tres ciclos de brazada, o se pueden calcular en ciclos de brazada por minuto utilizando uno de los cronómetros diseñados para este fin. La información presentada en la tabla 20.1 puede utilizarse para identificar el rango probable de frecuencias de brazada en cada prueba competitiva dentro del cual se hallará la óptima para el nadador.

Inicialmente, el nadador debe intentar nadar en la parte inferior de la gama de frecuencias de brazada. Luego debe aumentar paulatinamente la frecuencia hasta que encuentre una que obtenga el mismo tiempo con menos esfuerzo o que produzca un tiempo mejor sin aumentar el esfuerzo. Se debe utilizar la frecuencia cardíaca tomada inmediatamente después de terminar, la frecuencia cardíaca de recuperación o las evaluaciones del esfuerzo percibido para evaluar el coste energético del ejercicio.

Otro método para determinar la frecuencia óptima de brazada para una distancia competitiva particular es calcular dichas frecuencias durante varias competiciones. El estrecho rango de frecuencias de brazada que produce constantemente los mejores tiempos en ciertas pruebas es probablemente el rango óptimo para dicho nadador o nadadora.

Sorprendentemente, en general la frecuencia de brazada óptima para una distancia competitiva particular no cambia cuando los nadadores se afeitan y realizan una puesta a punto. Puede que su longitud de brazada se incremente cuando descansan, y la longitud de brazada ciertamente aumentará cuando se afeitan, pero la frecuencia no cambiará mucho. Algunos nadadores aumentan su frecuencia de brazada un poco cuando descansan y se afeitan, pero según mis conocimientos ninguno disminuye la frecuencia de brazada cuando descansa y se afeita.

Ejercicios para mejorar la relación entre frecuencia de brazada, longitud de brazada y velocidad de natación

Como indiqué anteriormente, los nadadores pueden utilizar dos enfoques para mejorar la relación entre la frecuencia y la longitud de brazada de manera que puedan nadar más rápidamente o con menos esfuerzo. El primero es aumentar la longitud de brazada mientras se mantiene la frecuencia en el nivel anterior o cercano a él. El segundo es aumentar la frecuencia de brazada sin reducir apreciablemente la longitud.

Contar las brazadas es uno de los métodos menos complicados para mejorar esta relación. Los ejercicios para aumentar la longitud de brazada deben hacer hincapié en cubrir las distancias competitivas en menos tiempo con menos brazadas y ninguna reducción de la frecuencia de brazada o sólo una mínima. Hay que recordar que las ganancias de longitud de brazada

logradas a expensas de disminuciones de la frecuencia pueden producir tiempos más lentos aunque se realizan menos brazadas. La velocidad de natación también puedemejorarse incrementando la frecuencia de brazada siempre que el aumento de la frecuencia no se acompañe de una disminución exagerada de la longitud. La tabla 20.3 resume la relación de cambios en la frecuencia y longitud de brazada con el tiempo de las repeticiones y el número de brazadas realizadas durante las mismas.

El efecto será positivo cuando el número de brazadas realizadas durante la repetición no cambie pero el tiempo sea más rápido. Esto indica que la frecuencia de brazada del nadador ha aumentado sin una pérdida significativa de longitud de brazada. Si el número de brazadas por repetición disminuye y el tiempo de natación sigue siendo el mismo o menor, entonces la longitud de brazada ha aumentado, lo que también es un efecto positivo. Un tiempo más lento sin ningún cambio en el número de brazadas indica un efecto negativo. La frecuencia de brazada probablemente ha disminuido demasiado sin cambiar, o cambiando sólo un poco, la longitud de brazada. El efecto será aún más negativo si el número de brazadas aumenta y el tiempo de la repetición sigue siendo igual o disminuye. Esta circunstancia indica una pérdida significativa de distancia por brazada (longitud de brazada) junto con un aumento o ningún cambio de la frecuencia. Presentaré algunos ejercicios para aumentar la longitud y la frecuencia de brazada en las siguientes secciones.

Ejercicios para contar brazadas

Uno de los ejercicios más comunes para aumentar la longitud de la brazada es contar las brazadas realizadas para nadar un largo de la piscina y repetir el ejercicio tratando de cubrir la distancia con menos brazadas. Todo esto se realiza a velocidad lenta. Es un buen ejercicio para jóvenes nadadores de los grupos de edad sin experiencia. Mejorarán la eficacia de sus brazadas y su rendimiento cuando tratan de nadar cada largo con menos brazadas, sea cual sea la velocidad de natación.

Aunque el ejercicio que acabo de describir es excelente para los nadadores sin experiencia, tiene un valor limitado una vez que hayan aprendido a nadar con una buena coordinación y eficacia razonable. En este momento, se deben incluir la velocidad de natación y la frecuencia de brazada en los ejercicios diseñados para aumentar la longitud de la brazada. Dado que la relación entre la combinación de frecuencia y longitud de brazada que producirá la velocidad de natación más eficaz será diferente para cada distancia competitiva y cada nadador, deben incluirse los tres elementos en los ejercicios realizados para mejorar la longitud de brazada. A continuación se presentan algunos ejercicios que incluyen estos tres elementos.

Tabla 20.3. La influencia de los cambios de la frecuencia y de la longitud de brazada en el tiempo de la repetición y el número de brazadas realizadas en la misma

NÚMERO DE BRAZADAS LA LONGITUD	VELOCIDAD DE	EFECTO EN NATACIÓN DE BRAZADA	EFECTO EN LA FRECUENCIA DE BRAZADA
Efectos deseables			
Ningún cambio	Más rápida	Aumenta	Ningún cambio
Menor	Más rápida	Ningún cambio	Aumenta
Menor	Igual	Disminuye	Aumenta
Efectos indeseables			
Ningún cambio	Más lenta	Disminuye	Ningún cambio
Mayor	Más lenta	Ningún cambio	Disminuye
Mayor	Igual	Aumenta	Disminuye

*NATAGOLF**

Este ejercicio se llama así porque implica nadar y se puntúa como el golf. La ventaja del ejercicio es que permite a cada nadador descubrir la mejor manera de mejorar la relación entre la longitud de brazada y su frecuencia para lograr una velocidad de natación particular, aumentando la longitud, aumentando la frecuencia o utilizando alguna combinación de ambas. Se realiza el ejercicio de la siguiente manera. Los nadadores realizan una repetición de una distancia determinada, 25 ó 50 m o yardas, mientras cuentan las brazadas. Se registra el tiempo, y ambos valores, número de brazadas y el tiempo de la repetición se combinan para dar una puntuación. Por ejemplo, un tiempo de

30,00 para una repetición de 50 m con un total de brazadas de 40 daría una puntuación de 70.

Una vez establecida una puntuación de base, los nadadores pueden utilizar cualquiera de varias variaciones del juego para mejorar la relación entre su frecuencia de brazada y su longitud. El objetivo es reducir la puntuación mediante: (1) una mayor velocidad con menos brazadas, (2) una mayor velocidad sin aumentar el número de brazadas o sólo un poco, o (3) realizar el mismo tiempo o casi con menos brazadas. Si el nadador en el ejemplo anterior nadase 29,00 con el mismo número de brazadas, la puntuación de 69 representaría una mejora. Indudablemente, la frecuencia de brazada del mismo ha aumentado con ninguna pérdida de longitud o sólo una mínima, lo que explica el mejor tiempo. De igual forma, el mismo tiempo de 30,00 junto con un total de brazadas de 38 produciría una mejor puntuación de 68. En este caso, la longitud del nadador habría mejorado y la frecuencia habría disminuido sin perjudicar la velocidad de natación.

Los resultados serán más difíciles de calcular cuando las puntuaciones más bajas provienen de mejores tiempos asociados a un mayor número de brazadas. Éste es generalmente un efecto deseable porque las puntuaciones más bajas provienen de reducciones del tiempo que son proporcionalmente mayores que la disminución de la longitud de brazada. Este efecto puede ciertamente considerarse beneficioso para mejorar la velocidad máxima. Aumentos de la frecuencia de brazada y reducciones de la longitud de brazada pueden no ser beneficiosos para carreras más largas, de mediofondo y de fondo si la evaluación del esfuerzo percibido que produjo la puntuación más baja es mayor de lo que los nadadores sienten que pueden sostener durante toda la distancia.

LLEGADAS CON SÓLO PIERNAS

El ejercicio de realizar las llegadas con sólo piernas funciona mejor para aumentar la longitud de brazada. Para realizarlo, los nadadores completan una serie de repeticiones de 50 ó 100 contando el número de brazadas necesarias

para terminar cada una. Antes de empezar, se le debe asignar a cada uno el número máximo de brazadas que se le permite utilizar para la distancia de la repetición en el tiempo determinado. Dicho número debe ser uno o dos ciclos menos que los que generalmente necesitan para terminar la distancia. El objetivo, por tanto, es terminar las repeticiones con menos brazadas. Si no la han terminado cuando hayan completado el número asignado de ciclos de brazada, deben cubrir la distancia restante con sólo piernas. Se debe fijar el tiempo de salida de las repeticiones de manera que sea un reto pero sea factible si los nadadores terminan las repeticiones sin hacer la llegada con sólo piernas. El objetivo del tiempo motivará a los nadadores para intentar reducir sus brazadas sin sacrificar la velocidad de natación. El ejercicio premia aumentar la longitud de brazada y hacerlo sin aumentar el coste energético de la repetición.

CONTAR LAS BRAZADAS A VELOCIDAD MÁXIMA

Este ejercicio puede ayudar a los velocistas a aumentar su longitud de brazada mientras nadan a la velocidad competitiva. Se puede hacer el ejercicio de varias formas. Con un método, los nadadores hacen 25 m o yardas a velocidad máxima mientras tratan de reducir el total de sus brazadas. Este método premia nadar rápidamente con una mayor longitud de brazada. Otro método es intentar nadar cada repetición más rápidamente sin incrementar el total de brazadas. Esto les anima a aumentar su frecuencia de brazada sin disminuir la longitud. La distancia que los nadadores cubren con el impulso desde la pared puede ser una variable de confusión en ambos ejercicios. Por lo tanto, los nadadores deben intentar mantener esta distancia igual de repetición en repetición. La influencia del impulso desde la pared para diferentes distancias puede ser eliminada de este ejercicio, contando sólo el número de brazadas requeridas para ir desde una línea de banderas hasta la siguiente.

Otro método para aumentar la longitud de brazada a velocidad máxima es que los nadadores realicen sólo un número específico de ciclos de brazada mientras tratan de cubrir una mayor distancia con cada repetición. Por

ejemplo, el entrenador puede medir la distancia que el nadador puede cubrir con dos o tres ciclos de brazada, y luego el nadador puede intentar aumentarla. Esta distancia debe medirse en medio del largo para eliminar la influencia del impulso desde la pared.

CONTAR LAS BRAZADAS A VELOCIDAD COMPETITIVA

El objetivo de este ejercicio es también aumentar la longitud de brazada. El ejercicio implica nadar una serie de repeticiones de 25 ó 50. La distancia total de la serie debe ser corta, quizá sólo 150 ó 300 m o yardas. El tiempo de salida de cada repetición debe ser suficientemente largo para permitir a los nadadores avanzar a la velocidad competitiva sin fatigarse. Deben nadar las repeticiones a la velocidad competitiva mientras intentan reducir el número de brazadas realizadas desde el principio hasta el final de la serie. Se debe establecer una puntuación base durante las primeras repeticiones. Luego los nadadores deben intentar realizar el mismo tiempo con menos brazadas o realizar un tiempo más rápido sin incrementar el número de brazadas realizadas.

REPETICIONES MÁS RÁPIDAS CON MENOS BRAZADAS

Éste es otro ejercicio en el que los nadadores realizan una serie de repeticiones mientras cuentan las brazadas. Este ejercicio puede ayudar a los nadadores a aumentar la longitud de la brazada, aumentar la frecuencia de la brazada o mejorar la relación entre ambos valores y la velocidad de natación. La distancia de las repeticiones debe ser 50 ó 100 m o yardas. Los nadadores empiezan la serie haciendo las primeras dos a cuatro repeticiones a una velocidad moderada mientras cuentan sus brazadas. Luego deben intentar aumentar su longitud de brazada nadando a la misma velocidad con menos brazadas durante las siguientes dos a cuatro repeticiones. Finalmente, deben

intentar aumentar su frecuencia de brazada nadando las últimas dos a cuatro repeticiones a una velocidad mayor sin aumentar el número de brazadas. El tiempo de salida de estas series debe proporcionar un descanso moderado para que la fatiga no influya en los resultados.

Un ejemplo de una serie de este tipo sería nadar 12 repeticiones de 50 m con un tiempo de salida de 1 min. Las primeras cuatro repeticiones deben realizarse a una velocidad que sea moderada en relación con el número de brazadas. Deben contar las brazadas para cada una de estas repeticiones para establecer un valor de base. Luego deben intentar reducir el número uno o dos ciclos por repetición sin perder velocidad durante la siguiente serie de cuatro repeticiones. Finalmente, deben intentar realizar la serie final de cuatro repeticiones más rápidamente sin aumentar el número de brazadas utilizado en las primeras cuatro repeticiones.

Ejercicios que utilizan frecuencias y longitudes de brazada calculadas

Los ejercicios descritos anteriormente implicaban contar las brazadas. Los presentados en esta sección utilizan cálculos de la frecuencia y longitud de brazada que pueden realizarse con un cronómetro o uno de los dispositivos cronometradores mencionados anteriormente en este capítulo. Los ejercicios más sencillos son aquellos en los que los nadadores intentan completar una cierta distancia de repetición más rápidamente sin aumentar su frecuencia de brazada. La distancia debe ser de 12,5 a 50 m o yardas, y el descanso entre cada repetición debe ser suficientemente largo para que la fatiga no afecte los resultados. La distancia de las repeticiones debe ser de 50 a 100 m o yardas cuando el objetivo es mejorar la longitud de brazada a la velocidad competitiva o cercana a ella. Los nadadores deben intentar realizar los mismos tiempos con una menor frecuencia de brazada o tiempos más rápidos sin incrementar la frecuencia. Cualquiera de estos cambios significará que los nadadores han aumentado su longitud de brazada.

Para realizar un ejercicio de este tipo con velocistas, el entrenador primero

debe medir la distancia que cada nadador puede cubrir en 10 s en medio de la piscina. Los nadadores intentan:

- cubrir una mayor distancia sin aumentar la frecuencia de brazada (en cuyo caso la longitud de brazada ha aumentado), o
- cubrir una mayor distancia con una frecuencia de brazada más rápida (lo que indica que la longitud de brazada no ha disminuido de manera significativa).

Si la frecuencia de brazada aumenta pero no la distancia cubierta, la longitud de brazada probablemente ha disminuido, y el efecto será negativo. De igual forma, no habrá un aumento de la longitud de brazada de los nadadores cuando la distancia que cubren y su frecuencia de brazada siguen sin cambios.

Los valores de frecuencia de brazada también pueden emplearse en combinación con varios de los ejercicios de contar brazadas descritos anteriormente. En este caso, no es necesario cronometrar a los nadadores durante los ejercicios. Simplemente pueden intentar cubrir una distancia específica con menos brazadas mientras nadan con una frecuencia de brazada especificada. El entrenador o los compañeros deben controlar su cumplimiento de dicha frecuencia con un cronómetro o un dispositivo que cuenta la frecuencia. Por ejemplo, un nadador puede intentar reducir su frecuencia de brazada mientras realiza una serie de repeticiones de 25 m a velocidad máxima con una frecuencia que se asemeja a la que utiliza en las pruebas de 100 m.

Los nadadores pueden utilizar variaciones de este ejercicio intentando nadar las repeticiones con una frecuencia de brazada más rápida sin aumentar el número de brazadas que utilizan para cubrir la distancia. Los entrenadores deben valorar el coste energético de dichas repeticiones registrando los tiempos y la frecuencia cardíaca o la valoración del esfuerzo percibido para asegurarse de que la frecuencia más rápida no aumenta el esfuerzo del nadador de forma exagerada. Cualquier aumento de la frecuencia cardíaca

tomada inmediatamente después del esfuerzo o de recuperación o un aumento de la sensación subjetiva del esfuerzo puede no ser beneficioso.

Los efectos de la fatiga sobre la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación durante las competiciones

La longitud de brazada de un nadador disminuirá a medida que se fatiga. Por esta razón, los ejercicios diseñados para mejorar la relación entre frecuencia y longitud de brazada deben realizarse tanto cuando los nadadores están descansados como cuando están fatigados. Los esfuerzos hechos en un estado descansado ayudarán a mejorar la eficacia de la brazada, y los ejercicios hechos en un estado de fatiga ayudarán a los nadadores a mantener una mejor relación entre la longitud y la frecuencia de brazada al final de las carreras. Wakayoshi *et al.* (1993) encontraron que una de las adaptaciones al entrenamiento de la resistencia era una mejor capacidad para mantener una mayor longitud de brazada a finales de las carreras.

Como indiqué anteriormente, no existen garantías de que los nadadores escojan la mejor combinación de frecuencia y longitud de brazada por ellos mismos cuando están descansados. De hecho, existe una indicación de que para muchos no es así. De igual forma, la mayoría probablemente no mantendrán una buena relación entre las dos cuando están fatigados. Algunos nadadores pueden aumentar su frecuencia de brazada a expensas de su longitud, y otros pueden cometer el error contrario reduciendo su frecuencia demasiado para mantener la longitud. Por esta razón, todos los nadadores deben experimentar con diferentes combinaciones de frecuencia y longitud de brazada cuando están fatigados y cuando están descansados.

Un estudio de los finalistas de los Campeonatos Mundiales de 1998 reveló grandes variaciones en la relación que los nadadores mantenían entre frecuencia y longitud de brazada desde el principio hasta el final de la carrera.

La información presentada en la tabla 20.4 indica cómo la frecuencia y longitud de brazada y la velocidad de natación cambiaron en algunos de estos nadadores desde el principio hasta el final de varias carreras.

Yo esperaba ver ciertas tendencias en estos datos, pero no se revelaron. Por ejemplo, suponía que los medallistas mostrarían menores disminuciones de la frecuencia y de la longitud de brazada y de la velocidad de natación desde el inicio hasta el final de sus pruebas. Pero algunos medallistas tuvieron grandes reducciones en las tres, y sólo la velocidad inicial les dio la ventaja. En cambio, algunos nadadores aumentaron su frecuencia de brazada y disminuyeron su longitud más tarde en las pruebas, mientras que otros redujeron su frecuencia de brazada y aumentaron la longitud. Sospecho que los nadadores no planificaron todos los cambios y que no siempre hicieron la elección más eficaz, a pesar del hecho de que ganaron medallas. La frecuencia de brazada, la longitud de brazada y la velocidad de natación fueron similares tanto en los hombres como en las mujeres, de manera que no se han presentado los datos en la tabla 20.4 separadamente para hombres y mujeres.

Como muestra la tabla, la frecuencia de brazada disminuyó desde el principio hasta el fin de las pruebas para la mayoría de los nadadores en casi todas las distancias, aunque hubo alguna excepción. La mayoría de los fondistas mantuvieron frecuencias similares de principio a fin. Uno de los resultados interesantes fue que la mayoría de las mujeres bracistas finalistas aumentaron su frecuencia de brazada desde el principio hasta el final tanto en la prueba de 100 como en la de 200. Otro fue que la mayoría de los hombres aumentaron su frecuencia de brazada al final de la prueba de 200 braza. La demanda energética de braza puede requerir una elección más precisa del ritmo apropiado incluso en la prueba de 100. Por lo tanto, los nadadores se inhiben hasta más tarde en la prueba. No tengo ninguna explicación del hecho de que los hombres bracistas aumentaran la frecuencia sólo en la prueba de 200.

Muchos nadadores disminuyeron la longitud de brazada además de la frecuencia durante la carrera. La fatiga es la explicación probable de esta reacción. Pero algunos nadadores aumentaron su longitud de brazada desde el principio hasta el fin de la carrera, quizá para compensar la menor frecuencia.

Esto ocurrió en la mayoría de las mujeres velocistas tanto en la prueba de 50 como en la de 100. La longitud de brazada también disminuyó drásticamente en los bracistas que aumentaron su frecuencia de brazada desde el principio hasta el fin de la prueba. El patrón de aumentos y reducciones de longitud de brazada estuvo distribuido de forma aleatoria en la mayoría de las demás pruebas con la excepción de los 800 y 1.500 m libres, en las que la longitud de brazada cambió poco en la mayoría de los nadadores durante toda la carrera.

Tabla 20.4. Efectos de la fatiga en la frecuencia de brazada, la longitud de brazada y la velocidad de natación entre los competidores de los Campeonatos Mundiales de Natación de 1998

	Rango de los cambios		
PRUEBA	FRECUENCIA DE BRAZADA (CICLOS/MIN)	LONGITUD DE BRAZADA (M/CICLO)	VELOCIDAD (M/S)
50 m libres	0 a - 7	+0,26 a -0,06	-0,01 a -0,15
100 m libres	0 a -10	+0,21 a -0,30	-0,11 a -0,39
200 m libres	-1 a -9	+0,26 a -0,32	-0,03 a -0,30
400 m libres	+3 a -12	+0,36 a -0,32	0 a -0,12
800/1.500 m libres	+3 a -5	+0,07 a -0,23	-0,02 a -0,14
100 m espalda	-3 a -8	+0,15 a -0,26	-0,03 a -0,06
200 m espalda	+2 a -9	+0,13 a -0,27	-0,08 a -0,27
100 m braza	+10 a -4	-0,03 a -0,31	-0,03 a -0,22
200 m braza	+14 a -4	-0,01 a -0,88	-0,03 a -0,24
100 m mariposa	+2 a -8	+0,08 a -0,30	-0,11 a -0,42
200 m mariposa	0 a -6	+0,06 a -0,38	-0,09 a -0,32

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonatos Mundiales de Natación 1998, Perth, Australia, Departamento de Biomecánica; Instituto Australiano de Deporte.

La velocidad de natación disminuyó desde el principio hasta el final en todos los nadadores menos en una carrera. La excepción fue los 1.500 m libres, durante la que muchos nadadores aumentaron su velocidad durante los últimos 50 m. Por esta razón, el segmento de la carrera entre los 1.400 y los 1.450 m se compara con los primeros 50 m de esta carrera en la tabla 20.4 para que los efectos de la fatiga fueran más evidentes. Aun así, la reducción de la velocidad de natación de principio a fin fue menor en las pruebas de fondo que en cualquier otra.

Cinco nadadores ganaron la medalla de oro a pesar de que su velocidad de natación disminuyó más que la de los otros finalistas desde el principio hasta el final de sus carreras. Esto ocurrió en los 50 m libres masculino, en los 200 m libres masculino y femenino, en los 100 m braza femenino y en los 200 m

mariposa femenino.

Escoger el ritmo apropiado con la frecuencia de brazada

Las frecuencias de brazada representan una de las mejores maneras de controlar la distribución del esfuerzo para los nadadores. Los patrones recomendados para esta elección son una velocidad estable y un parcial negativo. La velocidad estable se refiere a empezar las pruebas con la velocidad más rápida que puede ser mantenida sin desacelerar al final de la misma. El parcial negativo se refiere a nadar las primeras partes de las pruebas a una velocidad ligeramente inferior y luego aumentarla más tarde. Sin embargo, en la práctica, la mayoría de los nadadores utilizan un patrón rápidolento, nadando la primera parte de las carreras más rápidamente que la última. Muchos nadan la primera parte de la carrera muy rápidamente y desarrollan una acidosis demasiado pronto, haciendo que desaceleren mucho en las últimas partes. Las frecuencias de brazada representan un método excelente para enseñar a los nadadores a controlar la primera parte de la prueba. Con sólo un poco de práctica pueden aprender a controlar su velocidad a principios de la carrera simplemente utilizando una frecuencia de brazada más lenta de la que emplearán más tarde.

Aunque algunos nadadores de nivel mundial parecen emplear este método para escoger la velocidad de su carrera, otros no, especialmente en las pruebas más cortas. Varias razones pueden explicar esto. Una posibilidad es que el efecto de una salida lenta es demasiado difícil de superar más tarde. Otra es que los nadadores con una mayor capacidad aeróbica pueden permitirse nadar más rápidamente al principio de la prueba sin producir una acidosis elevada. Una tercera explicación es que algunos nadadores ganan las carreras a pesar del hecho de que no distribuyan su esfuerzo de la manera más económica a lo largo de la distancia.

El diagrama de barras presentado en la figura 20.5 ilustra el patrón típico de cambios de frecuencia y longitud de brazada durante la mayoría de las carreras. En este ejemplo se ha utilizado una carrera de 200 m. Los nadadores

utilizan patrones similares de cambio de estas variables en otras distancias.

El diagrama de barras presentado en la figura 20.5 muestra los cambios de frecuencia y de longitud de brazada de Susan O'Neill durante cada segmento de 50 m de los 200 m mariposa en los que ganó la medalla de oro en los Juegos Olímpicos de 1996. Se muestran los valores tanto para la primera como la segunda parte de 25 m de los primeros 50 m de esta carrera porque su FB, LB y velocidad cambió tanto entre estos dos segmentos.

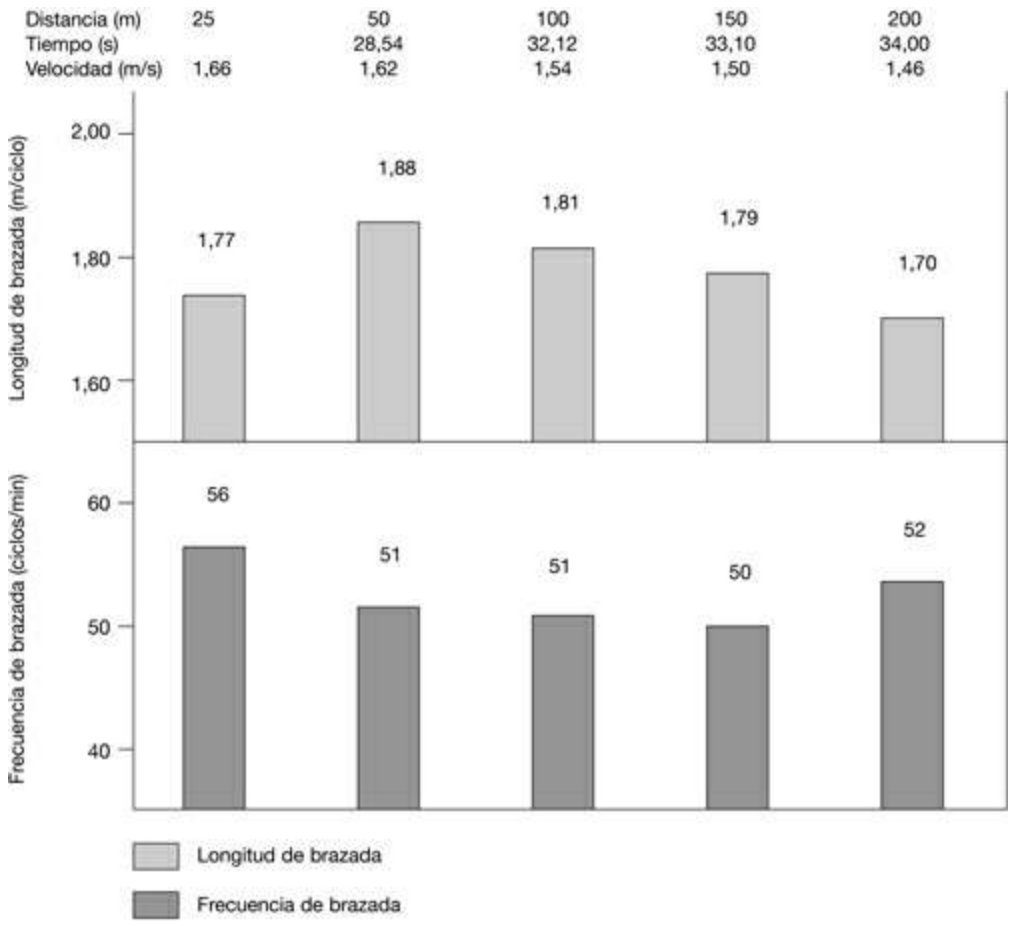


Figura 20.5. Los cambios de frecuencia y de longitud de brazada de Susan O'Neill cuando ganó los 200 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 1996 con un tiempo de 2:07,76.

Su frecuencia de brazada fue mayor, 56/ciclos/min, durante los primeros 25 m de la carrera. Luego disminuyó a entre 50 y 51 ciclos/min y permaneció

así hasta los últimos 50 m de la carrera cuando aumentó a 52 ciclos/min. Su longitud de brazada estuvo en su punto más bajo, 1,77 m/ciclo, durante los primeros 25 m de la carrera. Aumentó a 1,88 m/ciclo durante los siguientes 25 m quizás a causa de la reducción de la frecuencia. Su longitud de brazada disminuyó durante la parte media de la carrera a pesar del hecho de que la frecuencia no cambió apreciablemente. Disminuyó a 1,84 y luego a 1,79 m/ciclo durante los segmentos medios de 50 m, probablemente a causa de la fatiga progresiva. Su longitud de brazada estuvo en su punto más bajo, 1,70 m/ciclo, durante los últimos 50 m a pesar de, o quizás a causa de, un aumento de la frecuencia.

Su tiempo fue considerablemente más rápido durante los primeros 50 m de la carrera a causa de la salida y porque su velocidad de natación estuvo en su nivel más alto durante este período. Su velocidad disminuyó ligeramente durante cada uno de los siguientes dos segmentos de 50 m, y se redujo más durante los últimos 50 m.

Susan empezó la prueba con una combinación de frecuencia y longitud de brazada y una velocidad de natación que no podía mantener hasta el final. Puede que hubiera podido mantener una velocidad media mayor durante toda la prueba si hubiera reducido su frecuencia un poco durante los primeros 50 m de la misma. Por supuesto, ésta es una especulación por mi parte, pero se basa en la experiencia que muestra que la mayoría de los nadadores rinden mejor cuando distribuyen su esfuerzo igualmente a lo largo de la distancia. Algunas investigaciones sugieren la misma conclusión.

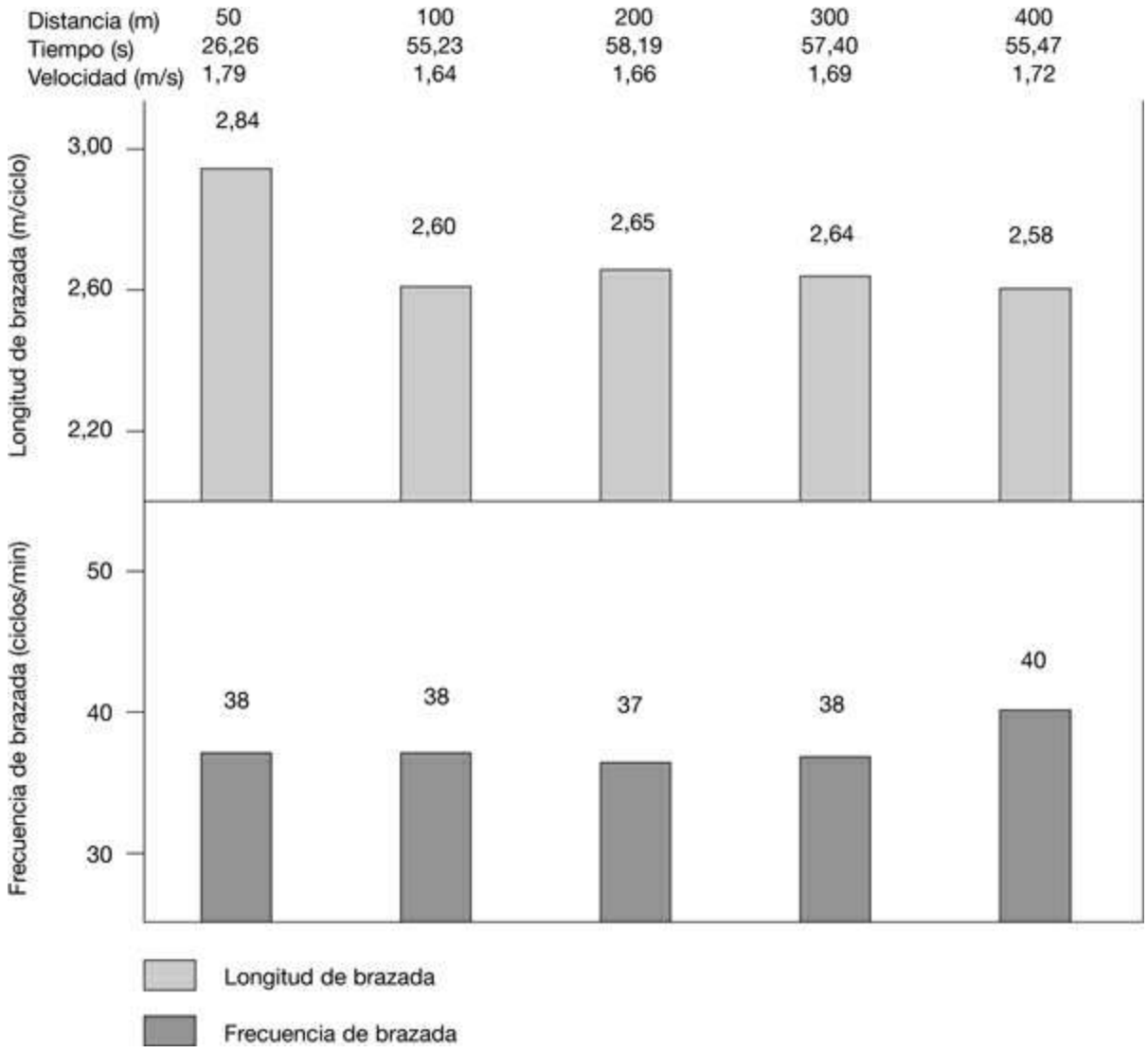


Figura 20.6. Los cambios de frecuencia y de longitud de brazada de Ian Thorpe cuando ganó los 400 m libres en los Campeonatos Mundiales de Natación de 1998 con un tiempo de 3:47,48.

El diagrama de barras presentado en la figura 20.6 muestra los resultados de un nadador que utilizó una distribución más igual del esfuerzo a lo largo de la carrera. Los resultados son de Ian Thorpe cuando ganó los 400 m libres en los Campeonatos Mundiales de Natación de 1998. Utilizó una frecuencia de brazada de 37 a 38 ciclos/min para los primeros 350 m de la carrera y luego la aumentó a 41 ciclos/min durante los últimos 50 m. Su longitud de

brazada fue 2,84 m/ciclo durante los primeros 50 m de la carrera y luego se estableció en una distancia de aproximadamente 2,6 m/ciclo hasta los últimos 50 m cuando disminuyó a 2,52 m/ciclo. La reducción de su longitud de brazada durante los últimos 50 m de la carrera ocurrió probablemente porque aumentó la frecuencia.

Después de los primeros 50 m de la carrera, su velocidad de natación se quedó entre 1,60 y 1,70 m/s hasta los últimos 50 m, cuando su aumento de frecuencia mejoró su velocidad hasta 1,72 m/s. Sus tiempos parciales estaban entre 28,38 y 29,32 s por 50 m durante la mayor parte de la carrera después de los primeros 50 m. El aumento de la frecuencia de brazada y de la velocidad durante los últimos 50 m mejoró su tiempo a 27,09 para este segmento.

El patrón mostrado por Thorpe en la figura 20.6 representó una forma económica de nadar. El hecho de utilizar una frecuencia y una longitud de brazada casi constantes a lo largo de toda la carrera probablemente le hizo conservar energía. Al mismo tiempo, su salida más lenta probablemente retrasó la acidosis. Como resultado, pudo nadar más rápidamente en la última parte de la carrera.

Los nadadores pueden utilizar dos estrategias que implican la frecuencia de brazada para mejorar su elección del ritmo en sus carreras. Con la primera estrategia los nadadores deben determinar la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada que les permita nadar a la velocidad competitiva deseada con el menor esfuerzo. Luego deben entrenarse para emplear estas frecuencias durante la carrera hasta los últimos 25 ó 50 m, cuando pueden aumentar su frecuencia. Los nadadores también pueden utilizar la estrategia de empezar la carrera con una frecuencia de brazada ligeramente menor para que puedan mantener su velocidad aumentándola cuando la fatiga hace que su longitud de brazada disminuya. Los nadadores deben experimentar con ambos métodos para determinar cúal funciona mejor para ellos.

Creo que se puede decir con seguridad que los nadadores no deben empezar la carrera con una frecuencia de brazada que no pueden mantener de principio a fin.

* *N. de la T*. Traducción del nombre inventado inglés de «Swolf» formado por las primeras dos letras de la palabra swim (nadar) y las últimas tres letras de la palabra golf.

21

Escoger el ritmo y la estrategia apropiados

No se comprende bien en qué consiste la habilidad para escoger el ritmo y la estrategia apropiados para la competición y a menudo faltan en muchos programas de entrenamiento. Esto es desafortunado porque ambos desempeñan un papel significativo en el rendimiento de los nadadores. El primer tema de este capítulo será escoger el ritmo apropiado, y después se presentará una descripción de las estrategias competitivas y las contraestrategias.

Escoger el ritmo apropiado

Una carrera en la que se escoge el ritmo apropiado generalmente será en 0,50 s más rápida por 100 m o yardas que una en la que no se logra dicho objetivo. Escoger el ritmo apropiado implica nadar la primera mitad o tres cuartos de la

carrera más lentamente de manera que se pueda nadar el resto más rápido. Los nadadores encuentran que el tiempo total de las carreras es más rápido cuando siguen este patrón. Este procedimiento es particularmente perceptible en las carreras de 400 m y más. También se debe utilizar en las pruebas de 100 y 200 m, aunque la segunda mitad de éstas será normalmente ligeramente más lenta que la primera.

Por qué funciona el hecho de escoger el ritmo apropiado

Los nadadores pueden realizar un esfuerzo máximo sólo durante 40 a 45 s antes de que aparezca una acidosis intensa. Esto no significa que los nadadores puedan mantener la velocidad máxima durante 40 s. Los efectos de una acidosis progresiva realmente empiezan a reducir la tasa de glucólisis anaeróbica después de aproximadamente 15 s de esfuerzo máximo (Jacobs *et al.*, 1983; Song *et al.*, 1988). Esta tasa, y por consiguiente la velocidad del nadador, seguirán disminuyendo durante los próximos 25 a 30 s hasta que el nadador apenas pueda mover los brazos.

En las carreras de 100 m y más, los nadadores retrasan la acidosis manteniendo una velocidad más lenta en las primeras etapas. Nadar más lentamente en las primeras etapas de la carrera reduce la tasa de metabolismo anaeróbico de manera que el ácido láctico se acumule más lentamente y la acidosis no aparezca tan rápido. En general, los nadadores pueden compensar sobradamente la velocidad que ceden al principio de la carrera aumentándola más tarde, logrando así un tiempo total más rápido para la carrera. En cambio, los nadadores que cometen el error de nadar demasiado rápido al principio de la carrera normalmente encuentran que desaceleran tanto al final que pierden la ventaja ganada anteriormente.

Los planteamientos del ritmo apropiado

Una de las decisiones más importantes que los nadadores toman es escoger el ritmo, o la velocidad de natación, apropiados para cada carrera. A lo largo de los años los nadadores han utilizado tres planes generales: un ritmo uniforme, un ritmo rápido-lento y un ritmo lento-rápido que también se conoce como un *parcial negativo*. El ritmo uniforme implica que el nadador mantiene una velocidad constante durante toda la carrera. El ritmo rápido-lento se refiere al hecho de nadar las primeras etapas de la carrera más rápidamente que las últimas. La estrategia es salir más rápido que la competencia y luego aguantar hasta ganar la carrera. En el planteamiento de ritmo lento-rápido, o el parcial negativo, los nadadores avanzan a una velocidad más lenta en la primera parte de la carrera que en la última. La estrategia implicada en este planteamiento es retrasar la acidosis al principio de la carrera nadando lentamente y luego recuperar el tiempo nadando más rápido al final. La investigación ha demostrado que el planteamiento de ritmo rápido-lento es el menos eficaz de los tres métodos, pero no ha sido concluyente en cuanto a cuál de los otros dos métodos es mejor (Mathews *et al.*, 1963; Robinson *et al.*, 1958).

Treinta años dedicados a estudiar los ritmos escogidos para los campeonatos nacionales y mundiales me ha demostrado que los nadadores con mayor éxito han utilizado un patrón lento-rápido en las pruebas de 100. Algunos también han utilizado un patrón lento-rápido en las pruebas de 200, con sólo una ligera disminución desde el principio hasta el fin de las mismas. La mayoría han utilizado un ritmo uniforme en las pruebas de 200. El ritmo uniforme es utilizado por la mayoría de los nadadores con mayor éxito en las pruebas de 400, 800 y 1.500 libres, aunque varios nadadores han logrado resultados excelentes en la prueba de 400 utilizando un planteamiento de parcial negativo. Las carreras de 50 m se realizan a velocidad máxima de principio a fin. El único elemento de elección del ritmo apropiado que entra en juego en esta carrera es el de escoger la combinación de frecuencia y longitud de brazada que produzca la mayor velocidad de natación.

Repasaré algunos aspectos de la competición antes de hablar sobre cómo

los nadadores utilizan los diferentes planteamientos para escoger el ritmo apropiado. Los tiempos parciales a menudo dan una impresión errónea a causa de la influencia positiva de la salida y de los virajes. La salida hará que el primer tiempo parcial sea 1 ó 2 s más rápido que los otros parciales incluso cuando los nadadores mantienen una velocidad constante durante toda la prueba. Por supuesto, esto ocurre porque el vuelo de los nadadores por el aire será más rápido que cualquier velocidad de natación que puedan alcanzar. Además, podrán mantener un poco de esta velocidad durante un tiempo limitado después de entrar en el agua durante el deslizamiento antes de empezar realmente a nadar. Los nadadores de estilo libre, mariposa y braza ganan una mayor ventaja de la salida desde el poyete que los espaldistas porque éstos empiezan en el agua. Por consiguiente, el vuelo de los espaldistas por el aire será más corto, y su deslizamiento después de la entrada tendrá una velocidad menor.

Se añade el tiempo del viraje al tiempo parcial en las carreras de estilo libre y de espalda; por lo tanto, la única ventaja que los nadadores ganan del viraje proviene de la velocidad añadida que logran durante un tiempo corto después de impulsarse desde la pared. El tiempo adicional del viraje añadido al tiempo parcial y el aumento de velocidad debido al impulso desde la pared suelen cancelarse, de manera que la única diferencia en tiempo entre el primer tiempo parcial y los posteriores en estas pruebas se deberá a la influencia de la salida.

Sin embargo, en las carreras de mariposa y braza, el tiempo que tardan en realizar el viraje se añadirá a la diferencia entre el primer y los posteriores tiempos parciales. Después de la salida, todos los tiempos parciales de las carreras de braza y mariposa empiezan con un viraje que añadirá casi 1 s al tiempo parcial, lo que es más de lo que gana el nadador con el impulso desde la pared. Por consiguiente, la salida aumentará la velocidad del primer tiempo parcial aunque el nadador está manteniendo una velocidad constante a lo largo de toda la carrera, y el tiempo que tarda en realizar el viraje reducirá la velocidad del segundo parcial y de los posteriores. La influencia combinada de la salida y de los virajes hace que el primer tiempo parcial de las carreras de mariposa y de braza sea 2 ó 3 s más rápido que los posteriores cuando el nadador mantiene una velocidad constante. En cambio, el primer tiempo parcial de las carreras de estilo libre y espalda sólo será 1 ó 2 s más rápido

cuando el nadador mantiene la misma velocidad porque sólo la salida influye en el tiempo parcial.

Por estas razones, la velocidad de natación proporciona un método mejor que los tiempos parciales para evaluar los planteamientos de ritmo en las pruebas. Por lo tanto, en los siguientes análisis presentaré la velocidad de natación junto con el tiempo parcial para cada segmento de la carrera para permitir una evaluación más precisa de las diferencias de velocidad entre el primero y los posteriores segmentos de la carrera. También se incluirán la frecuencia y la longitud de brazada en estos análisis para indicar cómo los nadadores han ajustado dichos parámetros durante sus competiciones.

Otra información necesaria para evaluar los planteamientos de ritmo concierne a lo rápido que nadan los competidores la primera parte de una prueba en relación con su velocidad máxima para esta distancia. La frase «empezar la carrera» se refiere a la velocidad utilizada en el primer cuarto o la primera mitad de la carrera. El ritmo ideal para empezar la carrera es normalmente la velocidad más lenta que un nadador pueda realizar y tener todavía la posibilidad de ganarla o lograr un tiempo objetivo. Una manera de estimar el ritmo apropiado para empezar la carrera es comparar el primer parcial con el mejor tiempo de un nadador particular para esta distancia. Esta valoración indica cuánto ha estado aguantándose. Las comparaciones entre los tiempos parciales y los mejores tiempos para el primer segmento de la carrera han mostrado una relación coherente a lo largo de los años. Quisiera ofrecer un ejemplo de cómo determinar el ritmo apropiado para empezar una prueba particular a partir del mejor tiempo del nadador.

Supongamos que una competidora nade 200 m en 1:58,00 con tiempos parciales de 58,50 y 59,50. Si esta competidora tuviera un mejor tiempo de 56,00 s para los 100 m, estaría nadando la primera mitad de la carrera 2,50 s más lentamente que su mejor tiempo. Como demostraré más tarde, un nadador está escogiendo bien el ritmo para los 200 m cuando realiza la primera parte 2 ó 3 s más lentamente que su mejor tiempo para los 100 m.

Aunque los tiempos de los antiguos plusmarquistas mundiales y nacionales fueron considerablemente más lentos que los de hoy en día, la diferencia entre los tiempos para los primeros segmentos de estos nadadores

y su mejor tiempo para la misma distancia son similares a los de los nadadores contemporáneos. Por ejemplo, Frank Heckl ganó las 200 yardas libres en el Campeonato Nacional de EE.UU en piscina corta en 1971 con un tiempo de 1:40,55. Su tiempo parcial para las primeras 100 yardas fue 48,80, que era 3,24 s más lento que su tiempo ganador en las 100 yardas libres (45,56) en el mismo campeonato. Su aumento de tiempo desde el primer al segundo segmento de la carrera fue 2,95 s. Comparemos esto con la plusmarca estadounidense de 1987 de Matt Biondi de 1:33,03 en la misma prueba. Nadó esta prueba con tiempos parciales de 45,34 y 47,69. El tiempo de Biondi en las 100 yardas libres fue la plusmarca estadounidense de 41,80 en el mismo campeonato. Produciendo resultados casi idénticos a los que Heckl, Biondi nadó las primeras 100 de la prueba de 200 yardas 3,46 s más lentamente que su mejor tiempo para las 100 yardas, y su aumento del primer segmento al segundo fue de 2,35 s.

Los mejores planteamientos para las pruebas específicas pueden aprenderse estudiando los tiempos parciales de los registros ganadores en los campeonatos nacionales y mundiales. Los ritmos utilizados en estas pruebas no son siempre ideales como demuestra el hecho de que algunos nadadores hayan registrado tiempos más rápidos en la misma distancia competitiva con planteamientos diferentes. No obstante, los planteamientos utilizados por los nadadores en los campeonatos a menudo se aproximan a los ideales. En las secciones siguientes he seleccionado carreras que ejemplifican planteamientos de ritmo que han tenido éxito a lo largo de los años. Dichos ejemplos representan patrones que los nadadores utilizaron para la mayoría de las pruebas en las que fueron plusmarquistas, de manera que me siento justificado al afirmar que representan el mejor método para realizar dichas pruebas. Cuando nadadores de diferente sexo, de diferentes partes del mundo y de diferentes épocas escogen el ritmo de sus carreras más destacadas de una forma casi igual, la conclusión de que los métodos que utilizaron merecen ser emulados parece inevitable.

En los análisis competitivos escogidos presentaré la siguiente información, empezando con los tiempos parciales de los nadadores para ciertos segmentos. Además, si están disponibles, enumeraré su velocidad de natación, su frecuencia de brazada y su longitud de brazada para dichos segmentos. Se incluirá su tiempo para la salida y los primeros 10 ó 15 m de la

carrera, y, si están disponibles, los tiempos de los virajes. Los tiempos de los virajes engloban una distancia de 15 m, empezando 7,5 m antes del viraje e incluyendo el tiempo tardado en cubrir dicha distancia, el tiempo invertido en el viraje mismo y el tiempo que tardan en cubrir los 7,5 m después del viraje. El primer análisis es de la prueba de 50 m libres.

Los 50 m libres

He escogido la carrera donde ganó la medalla de oro Amy Van Dyken en los Juegos Olímpicos de 1996 como ejemplo de esta prueba. Su tiempo fue 24,87. La tabla 21.1 presenta la información correspondiente. El tiempo para los primeros 25 m fue 11,73 s, su velocidad fue 1,97 m/s, su frecuencia de brazada fue 61 ciclos/min y la longitud de su brazada fue 1,92 m/ciclo. Nadó los siguientes 25 m de la prueba en 13,14 s. Su velocidad disminuyó ligeramente a 1,90 m/s en estos 25 m. La frecuencia de brazada aumentó ligeramente a 62 ciclos/min, pero la longitud de brazada disminuyó a 1,83 m/ciclo. Su tiempo para cubrir los primeros 10 m de la carrera desde la salida del poyete fue 4,13 s, uno de los tiempos más lentos en la carrera. El tiempo más rápido fue 3,83 s, y el tiempo para la salida de la mayoría de los nadadores estuvo cerca de los 4,10 s.

Aparte de su velocidad, el principal punto fuerte de la carrera de Amy fue su capacidad para mantener su velocidad cerca de la máxima a lo largo de toda la distancia. Esto, a su vez, probablemente fue resultado de su capacidad para mantener la frecuencia de brazada a pesar de su creciente fatiga. La velocidad de la mayoría de los nadadores disminuye en 0,10 m/s o más entre los primeros 25 m y los siguientes 25 m en las pruebas de 50. Su frecuencia de brazada generalmente disminuye 2 ó 3 ciclos/min, y su longitud de brazada normalmente disminuye 0,12 m/ciclo o más.

El mejor planteamiento para los 50 libres parece ser nadar a velocidad máxima desde el principio hasta el final. Los nadadores deben escoger una combinación de frecuencia de brazada y longitud de brazada que produzca su velocidad máxima, y deben intentar mantenerla durante toda la prueba

mientras minimizan la reducción de su longitud de brazada. Aunque la velocidad disminuirá ligeramente entre los primeros 25 m y los siguientes 25 m de la prueba, la reducción no debería ser más de 0,30 a 0,50 m/s. Ésta representa una diferencia de aproximadamente 1 s entre los primeros 25 m y los siguientes 25 m en las carreras de 50 m en piscina olímpica. El aumento será ligeramente menor, entre 0,70 y 0,90 s, en las carreras en piscina corta, probablemente a causa de la velocidad adicional que los nadadores adquieren del impulso desde la pared después del viraje.

Los tiempos parciales de la prueba en la que consiguió Matt Biondi la plusmarca estadounidense para las 50 yardas libres figuran en la tabla 21.2, como guía para determinar la diferencia de tiempo ideal entre la primera y la segunda mitad de las carreras de 50 m en piscina corta. Nadó las primeras 25 yardas incluyendo el viraje y el contacto de sus pies con la pared en 9,15 s, y las siguientes 25 yardas en 10,00. De manera que el aumento entre el primer y el segundo segmento de la carrera fue 0,85 s.

Los análisis de la competición como el que se presenta en la tabla 21.2 no existían para las carreras de 50 m de mariposa, espalda y braza en el momento de escribir este libro. Los nadadores que compiten en estas pruebas probablemente realizan los 50 m a velocidad máxima de la misma forma que los que nadan estilo libre, aunque el aumento entre los primeros 25 y los segundos debe ser algo mayor en las pruebas de mariposa y braza en piscina corta porque el segundo parcial incluye el tiempo del viraje.

Tabla 21.1. Un planteamiento de ritmo para la prueba de 50 m libres, en piscina olímpica

Amy Van Dyken, 50 m libres, 24,87
Medalla de oro, Juegos Olímpicos de 1996

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD BRAZADA EN M/CICLO
25	11,73		1,97	61	1,92
50	24,87	13,14	1,90	62	1,83

Tiempo de la salida 4,13 (10 m)

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Atlanta GA, 20-26 julio, 1996. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

Tabla 21.2. Datos sobre la prueba ganadora de las 50 yardas libres de Matt Biondi en los Campeonatos Universitarios Estadounidenses de 1987

Matt Biondi, 100 yardas libres, 41,80
Plusmarca estadounidense, Campeonatos Universitarios Estadounidenses de Natación Masculinos
Tiempo para las 50 yardas: 19,15

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	20,25 (-1,10)	
100	41,80	21,55 (+ 1,30)

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Los 100 m libres

En la tabla 21.3 se presentan los datos de la prueba de Pieter van den Hoogenband que ganó la medalla de oro en 48,30 s en los Juegos Olímpicos de 2000. Estableció un nuevo récord mundial de 47,84 en las semifinales de dicha prueba, pero los datos de esta carrera no están disponibles. La información presentada en la tabla 21.3 representa un patrón típico de velocidad. Pieter nadó los primeros 50 m de la carrera en 23,32, que fue 1,29 s más lento que su tiempo en los 50 m en la misma competición. La diferencia de tiempo fue probablemente más cerca de 0,50 ó 0,80 s porque la carrera de los 50 m libres termina con el toque de la mano y el tiempo parcial de los primeros 50 en la prueba de 100 incluye un viraje.

Pieter nadó el segundo segmento de 50 m de esta carrera en 24,98. Por lo

tanto, la diferencia entre el tiempo del primer y segundo segmento de 50 m de la carrera fue de 1,66 s. En cambio, muchos de los otros competidores en esta prueba nadaron sus primeros 50 m sólo 1,00 s más lento que su mejor tiempo en los 50 m, y sus segundos 50 m de la carrera fueron más de 2,00 s más lentos que los primeros. Los tiempos parciales de Pieter para los segmentos de 25 m fueron 10,74, 12,58, 12,10 y 12,88 s desde el primero hasta el cuarto, respectivamente.

Tabla 21.3. Un planteamiento de ritmo para los 100 m libres en piscina olímpica

Pieter van den Hoogenband, 100 m libres, 48,30
Medalla de oro, Juegos Olímpicos de 2000
Tiempo para los 50 m: 22,03

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
25	10,74		2,15	56	2,28
50	23,32	12,58	2,04	51	2,38
75	35,42	12,10	1,99	52	2,28
100	48,30	12,88	1,90	50	2,30
Tiempo para la salida	N.D.				
Tiempo del viraje	7,28				
Tiempo de la llegada	2,74				

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Sydney, Australia, 16-23 de septiembre, 2000. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

La frecuencia de brazada de Pieter fue 56 ciclos/min durante los primeros 25 m de la prueba. Mantuvo una frecuencia casi constante de 51 a 52 ciclos/min durante los 50 m medios de la prueba y una frecuencia de 50 ciclos/min durante los últimos 25 m.

La longitud de brazada de Pieter fue 2,28 m/ciclo durante los primeros 25 m de la prueba y 2,38 durante los siguientes 25 m. Luego disminuyó a 2,28 m/ciclo de nuevo durante el tercer segmento de 25 m antes de aumentar ligeramente a 2,30 m/ciclo durante los últimos 25 m. La longitud de brazada de la mayoría de los nadadores disminuirá en 0,10 a 0,20 m/ciclo, al igual que la de Pieter, cuando se fatigan más tarde en la carrera. Esta disminución puede aumentar su tiempo en 2 a 4 s en 50 m.

La velocidad de Pieter fue 2,15 m/s en los primeros 25 m de la prueba. Disminuyó a 2,04 m/s en los siguientes 25 m, a 1,99 m/s en el tercer

segmento de 25 m y finalmente a 1,90 m/s en los últimos 25 m de la carrera.

El tiempo para la salida no está disponible, pero su tiempo de viraje fue 7,28 s. Éste fue uno de los tiempos de viraje más lentos de los finalistas. La mayoría tuvo un tiempo de viraje entre 7,00 y 7,13 s. Su tiempo de llegada fue 2,35 s, que fue uno de los mejores de los finalistas. La mayoría hicieron la llegada con tiempos de 2,38 a 2,55 s.

Se podría argumentar que Pieter debió utilizar una frecuencia de brazada ligeramente menor durante los primeros 25 m de esta carrera en los que la suya fue 56 ciclos/min. Puede que hubiera sido más efectivo si hubiera utilizado una de 50 a 52 durante estos 25 m. Puede que su tiempo hubiera sufrido ligeramente porque su velocidad de natación habría sido ligeramente más lenta, pero puede que hubiera tenido más energía para los últimos 50 m, permitiéndole quizá mantener una longitud de brazada mayor de 2,30 m/ciclo y una velocidad más cercana a 2,0 m/s en los últimos 25 m. Por supuesto ésta es sólo una especulación. La mayoría de los nadadores, incluso los de nivel mundial, empiezan su prueba de 100 m con una frecuencia de brazada que es ligeramente mayor que la media, al igual que Pieter. Puede que lo cause la excitación de la prueba, o puede que estén intentando mantener la velocidad adquirida de la salida durante un mayor tiempo. Por consiguiente, es difícil asegurar si es un error nadar con una frecuencia de brazada ligeramente mayor que la media durante los primeros 25 m.

La velocidad de Pieter disminuyó bastante al final de su prueba. Esta disminución es típica de la mayoría de los nadadores competidores en la prueba de 100. Aparentemente, no pueden permitirse inhibirse demasiado al principio de una carrera tan corta. Deben tolerar alguna disminución de la velocidad al final de la carrera para seguir siendo competitivos al principio. La frecuencia de brazada de la mayoría de los nadadores disminuye, al igual que la de Pieter. La frecuencia suele disminuir de 3 a 5 ciclos/min desde el principio hasta el fin, pero Pieter mantuvo su longitud de brazada mejor que la mayoría.

Un planteamiento sugerido para nadar los 100 m libres en una piscina olímpica es nadar los primeros 25 m de la carrera en un margen de 0,50 s de la velocidad máxima. El tiempo a los 50 m debe ser ligeramente más de 1 s

por encima del mejor tiempo del nadador para los 50 m. En otras palabras, en esta prueba los nadadores deben empezar la carrera rápidamente pero no a velocidad máxima. Parecen reducir su velocidad en aproximadamente 0,10 m/s, o en 0,50 s durante los primeros 25 m. El aumento de tiempo de los primeros a los segundos 50 m de la carrera debe ser menos de 2,00 s.

Los nadadores deben escoger la frecuencia de brazada más rápida que puedan mantener durante toda la distancia de la carrera, siempre, por supuesto, que su combinación de frecuencia y longitud de brazada sea óptima para esta distancia. Los nadadores pueden utilizar una frecuencia más rápida durante los primeros 10 a 15 m de la carrera, pero deben establecer su frecuencia óptima antes de que hayan completado los primeros 25 m de la prueba. Pueden aumentar la frecuencia ligeramente durante los últimos 25 m si pueden hacerlo sin perder demasiada longitud de brazada y velocidad de natación.

Los nadadores deben esperar desacelerar un poco durante los últimos 25 m de las pruebas de 100, probablemente porque una buena carrera de 100 m requiere una alta velocidad inicial. En estas pruebas es probablemente mejor que los nadadores empiecen rápidamente y desaceleren ligeramente más al final que nadar demasiado despacio al principio y tratar de alcanzar a los demás más tarde.

Los nadadores parecen seguir los mismos patrones en los 100 m libres en piscina corta y piscina olímpica. Se presentan en la tabla 21.4 los tiempos parciales de Matt Biondi en su carrera récord de 100 yardas libres de 41,80 s. Nadó las primeras 50 1,10 s más lentamente que su tiempo en las 50 en la misma competición, y la diferencia de tiempo entre el primer segmento de 50 y el segundo fue 1,30. Desafortunadamente no está disponible la información sobre la longitud de brazada, la frecuencia de brazada ni la velocidad de esta prueba.

El descanso adquirido en los virajes adicionales debe hacer que sea posible para los nadadores que compiten en piscina corta empezar la carrera de 100 ligeramente más rápido y terminarla con una reducción de la velocidad ligeramente menor, como se ve en los tiempos parciales de Biondi en su carrera de 100 yardas en piscina corta. Evidencias de que los nadadores

puedan mantener una mayor longitud de brazada en las carreras en piscina corta comparadas con las de piscina larga apoyan esta afirmación (Keskinen, Keskinen y Mero, 1996), aunque las diferencias no serán enormes.

Tabla 21.4. Un planteamiento de ritmo para las 100 yardas libres

Matt Biondi, 100 yardas libres, 41,80
Plusmarca estadounidense, Campeonatos Universitarios Estadounidenses de Natación Masculinos
Tiempo para las 50 yardas: 19,15

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	20,25 (-1,10)	
100	41,80	21,55 (+ 1,30)

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Los 100 mariposa

La elección del ritmo apropiado para los 100 m mariposa es similar al de los 100 libres. Los nadadores deben recorrer los primeros 50 m de la carrera alrededor de 0,50 a 0,80 s más lentamente que su velocidad máxima en la prueba de 50. El aumento de tiempo de los primeros 50 m a los segundos será mayor que en los 100 libres, generalmente entre 3,00 y 3,50 s. Sin embargo, la verdadera diferencia es más cercana a los 2,00 s porque el tiempo parcial de los segundos 50 m en mariposa empieza con un viraje que tarda alrededor de 1,00 s en realizarse, mientras que el primer parcial en la prueba de estilo libre incluye un viraje.

Los tiempos parciales de la carrera de Inge de Bruijn que ganó la medalla de oro y estableció un nuevo récord mundial para los 100 m mariposa en los Juegos Olímpicos de 2000, que se presentan en la tabla 21.5, ilustran este patrón de velocidad. Sus tiempos parciales fueron 26,67 para los primeros 50 m y 29,94 para los siguientes 50. El mejor tiempo de Inge para los 50 m mariposa es 25,64, de manera que nadó los primeros 50 m 0,97 s más lentamente que su mejor tiempo para los 50. Su aumento de tiempo fue de 3,27 s de los primeros 50 a los segundos. Sus tiempos parciales para los segmentos de 25 fueron 12,39, 14,28, 14,54 y 15,40 del primero al cuarto, respectivamente.

Su frecuencia de brazada en los primeros 25 metros, 59 ciclos/min, fue más rápida que su frecuencia en cualquier otro segmento de la prueba. La redujo a 55 ciclos/min en el segundo segmento de 25 m, la aumentó a 58 ciclos/min en el tercer segmento de 25 m y la bajó a 56 ciclos/min durante los últimos 25 m.

La longitud de su brazada fue casi idéntica durante los primeros 50 m. Fue 1,92 m/ciclo durante los primeros 25 y 1,90 m/ciclo durante los siguientes

25. La longitud disminuyó a 1,76 m/ciclo durante el tercer segmento y luego a 1,73 m/ciclo durante los últimos 25 m.

La velocidad de natación de Inge fue más rápida durante los primeros 25 m de la carrera y alcanzó 1,81 m/s. Permaneció bastante estable durante los 50 metros medios de la prueba, en 1,73 m/s para el segundo segmento de 25 m y 1,72 m/s durante el tercer segmento. Luego la velocidad cayó a su nivel más bajo, 1,60 m/s durante los últimos 25 m.

Su tiempo para la salida y los primeros 15 m de la prueba fue 6,73 s, uno de los tiempos más rápidos de las finalistas. La mayoría tuvieron un tiempo para la salida entre 6,80 y 7,30 s. Su tiempo de viraje fue 8,64 s, el más rápido del rango de las finalistas, que estuvo entre 8,64 y 9,33. El tiempo de su llegada fue 2,92. La mayoría de las finalistas hicieron la llegada en 2,80 a 3,50 s.

De nuevo se podría argumentar que la carrera de Inge podría haber sido

mejor realizada si hubiera reducido su frecuencia de brazada y velocidad de natación ligeramente durante los primeros 25 m. Mantuvo bien su frecuencia de brazada desde el principio hasta el final de la prueba, pero la velocidad de natación bajó drásticamente durante los últimos 25 m. Puede que hubiera sabido mantener una longitud de brazada ligeramente mayor y una velocidad de natación más rápida durante los últimos 25 m si hubiera empezado la prueba con un poco menos de esfuerzo.

Tabla 21.5. Un planteamiento de ritmo para los 100 m mariposa en piscina olímpica

Inge de Bruijn, 100 m mariposa, 56,61
Récord mundial, Juegos Olímpicos de 2000
Tiempo para los 50 m: 25,64

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
25	12,39		1,81	59	1,92
50	26,67	14,28	1,73	55	1,90
75	41,21	14,54	1,72	58	1,76
100	56,61	15,40	1,60	56	1,73
Tiempo para la salida: 6,73 (15 m)					
Tiempo del viraje: 8,64					
Tiempo de la llegada: 2,92					

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Sydney, Australia, 16-23 de septiembre, 2000. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

Las carreras de mariposa en piscina corta se realizan con un planteamiento de ritmo similar. Los nadadores cubren los primeros 50 m 0,50 a 1,00 s más lentamente que su mejor tiempo en una prueba de 50 m. El aumento del tiempo será normalmente un poco menor del primer al segundo segmento de 50 de una prueba de mariposa en piscina corta probablemente a causa de la velocidad y descanso añadidos que adquieren de los dos virajes adicionales. El aumento en estas carreras suele estar entre 2,40 y 3,00 s.

Los 100 m braza

Los nadadores compiten en esta carrera de manera similar a la de otras pruebas de 100 m. Nadan los primeros 50 m aproximadamente 0,50 a 0,80 s

más lentamente que su velocidad máxima para los 50 m. El aumento de tiempo entre los primeros 50 y los segundos está generalmente entre 3,50 y 4,00 s, ligeramente mayor que en las pruebas de estilo libre. Algunos nadadores mantienen una frecuencia estable durante toda la carrera, mientras que otros la aumentan de 2 a 5 ciclos/min durante la segunda mitad de la carrera. La longitud de brazada y la velocidad de los nadadores suelen reducirse durante la segunda mitad de la carrera. Un repaso a los resultados de los Juegos Olímpicos de 1996 y del Campeonato del Mundo de 1998 muestra que los bracistas que aumentan su frecuencia de brazada durante la segunda mitad de la carrera no pierden tanta velocidad como los que empiezan con una frecuencia más alta. Los nadadores que aumentan su frecuencia de brazada pierden alrededor de la misma cantidad de velocidad que los nadadores que mantienen una frecuencia de brazada relativamente constante durante toda la prueba.

En la tabla 21.6 se presenta el análisis de la carrera de Penny Heyns que ganó la medalla de oro en los 100 m braza en los Juegos Olímpicos de 1996. Nadó los primeros 50 m de la carrera en 31,65 s. Su mejor tiempo para los 50 m braza, que nadó tres años más tarde, se registró como 30,83. La diferencia entre éste y su tiempo en los primeros 50 m fue 0,82 s. Su tiempo para los siguientes 50 m de la prueba fue 36,08, un aumento de 4,43 s comparado con los primeros 50. Sus tiempos parciales para los segmentos de 25 m fueron 14,50, 17,15, 17,42 y 18,66 desde el principio hasta el final.

La frecuencia de brazada de Penny fue excelente durante toda la prueba. Mostró una tasa constante de esfuerzo que, según creo, representa la forma más económica de nadar esta prueba. Mantuvo una frecuencia constante de 51 ciclos/m durante los primeros tres segmentos de 25 m y la aumentó ligeramente a 52 ciclos/min durante los últimos 25 m. Su longitud de brazada se mantuvo constante durante los primeros 50 m en 1,76 m/ciclo y luego disminuyó a 1,61 en el tercer segmento de 25 m y a 1,52 m/ciclo en los últimos 25 m probablemente a causa de la fatiga. Su velocidad de natación también se mantuvo constante en 1,49 m/s durante los primeros 50 m de la carrera. Disminuyó a 1,38 m/s durante el tercer segmento. Su mayor reducción de velocidad ocurrió en los últimos 25 m ya que terminó con una velocidad de 1,33 m/s. Esta secuencia es similar a lo que ocurre en otras pruebas de 100 y apoya la noción de que aunque los nadadores se inhiben un

poco durante los primeros 25 m de la carrera, siguen nadando rápidamente al principio, generando una mayor velocidad de la que puedan mantener hasta la llegada. Al parecer, es mejor nadar rápidamente al principio y aceptar alguna reducción de la velocidad hacia el final. Inhibirse demasiado probablemente imposibilita adelantar a los competidores en una distancia tan corta.

El tiempo para la salida y los primeros 15 m de Penny de 7,77 s fue el mejor de todas las finalistas. La mayoría de los otros estaban en el rango de 8,00 a 8,30 s. Su tiempo del viraje de 13,57 también fue el mejor de la final. El tiempo de viraje de las demás finalistas fue de 13,60 a 13,93. No disponemos de su tiempo de llegada.

Al igual que las otras pruebas de 100, el aumento del tiempo de la primera mitad a la segunda en pruebas de braza será generalmente menor en las carreras en piscina corta. Este aumento es normalmente de entre 2,70 y 3,50 para los 100 braza en piscina corta. Se controla la velocidad de salida de la misma forma que en las pruebas celebradas en piscina olímpica. Generalmente es de 0,50 a 0,80 s más lenta que el mejor tiempo del nadador para una prueba de 50 en piscina corta. Los nadadores deben intentar mantener frecuencias de brazada casi constantes de principio a fin de las pruebas en piscina corta. La longitud de brazada normalmente no disminuirá tanto en las carreras en piscina corta a causa del momento y el descanso adicionales proporcionados por los dos virajes adicionales.

Los 100 m espalda

La carrera de Jeff Rouse en los 100 m espalda que le representó la medalla de oro en los Juegos Olímpicos de 1996 ha sido seleccionada para esta prueba. Se muestra un análisis de la misma en la tabla 21.7. Jeff nadó los primeros 50 m de la prueba en 26,30 s. Su mejor tiempo para los 50 m espalda no está disponible pero estaría cerca de los 25 s. Por consiguiente, su tiempo durante los primeros 50 m de la carrera fue aproximadamente de 1,00 a 1,30 s más lento que su mejor tiempo en esta distancia. Este tiempo se compara favorablemente con la diferencia de tiempo encontrado en los competidores

de estilo libre en los 100 m, probablemente porque el primer tiempo parcial incluye un viraje en ambas pruebas. Al igual que en todas las pruebas de 100, la verdadera diferencia entre el tiempo de un nadador de espalda en los 50 m y el tiempo registrado en los primeros 50 m de una prueba de 100 sería de 0,50 a 0,80 si se excluyese el efecto del viraje.

Tabla 21.6. Un planteamiento de ritmo para los 100 m braza en piscina olímpica

Penny Heyns, 100 m braza, 1:07,73
Medalla de oro, Juegos Olímpicos de 1996
Tiempo para los 50 m: 30,83

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
25	14,50		1,49	51	1,76
50	31,65	17,15	1,49	51	1,76
75	49,07	17,42	1,38	51	1,61
100	1:07,73	18,66	1,33	52	1,52
Tiempo para la salida:	7,77 (15 m)				
Tiempo del viraje:	13,57 (20 m)				

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Atlanta, GA, 20-26 julio, 1996. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

El tiempo registrado por Jeff de 27,80 s durante los siguientes 50 m de esta carrera representa un aumento de 1,50 s. Los espaldistas no adquieren tanta ventaja de la salida como los nadadores de otros estilos, lo que probablemente explica el aumento ligeramente menor de tiempo entre los primeros 50 m de la carrera y los siguientes 50. Los tiempos parciales de Jeff en los cuatro segmentos de 25 m fueron respectivamente 11,97, 14,33, 12,87 y 14,93.

El aumento del tiempo de la primera a la segunda mitad de estas carreras para nadadores de nivel mundial será generalmente similar al de Rouse, alrededor de 1,50 s o menos. Pero el aumento de Kristina Egerzegi sólo fue de 0,57 s entre los primeros 50 m y los siguientes 50 m de su prueba de 100 m espalda que estableció un nuevo récord mundial en 1991.

Como se mencionó anteriormente, el aumento para los 100 m libres y de espalda es menor que para los 100 mariposa y braza porque las dos primeras pruebas empiezan con un impulso desde la pared después del viraje, mientras

que en las últimas dos el último parcial incluye el viraje.

Se debe nadar los primeros 50 m de la prueba de 100 m espalda en piscina corta de la misma forma que la prueba de 100 m en piscina olímpica. Se debe mantener la frecuencia de brazada constante, con un ligero aumento al final. Los nadadores pueden esperar un aumento de tiempo ligeramente menor, entre 0,80 y 1,40 s de la primera mitad a la segunda en las pruebas celebradas en piscina corta porque los virajes adicionales les permiten mantener una longitud de brazada ligeramente mayor durante los últimos 50 m de la carrera.

Resumen de los planteamientos de ritmo para las pruebas de 100 m

En las pruebas de 100 m, el planteamiento usual para escoger el ritmo apropiado utilizado por los nadadores es nadar los primeros 50 m aproximadamente de 0,50 a 0,80 s más lento que un esfuerzo máximo sobre la misma distancia. La diferencia de tiempo entre los mejores registros para los 50 m y el tiempo de los primeros 50 m de una prueba de 100 son normalmente mayores de 1,00 s en las carreras de estilo libre y espalda porque el tiempo parcial de los primeros 50 m incluye un viraje.

El aumento de tiempo en la segunda mitad de las carreras de estilo libre y espalda debe ser alrededor de 1,50 a 2,00 s para los competidores de estilo libre y entre 0,70 y 1,50 s para los espaldistas. En mariposa el aumento de los primeros 50 m a los siguientes debe ser de 2,50 a 3,00, y en braza puede ser ligeramente mayor, de 3,50 a 4,00 s.

Tabla 21.7. Un planteamiento de ritmo para los 100 m espalda en una piscina olímpica

Jeff Rouse, 100 m espalda, 54,10
Medalla de oro, Juegos Olímpicos de 1996
Tiempo para los 50 m: ND

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
25	11,97		1,81	50	2,17
50	26,30	14,33	1,77	50	2,13
75	39,17	12,87	1,79	49	2,18
100	54,10	14,93	1,66	51	1,97
Tiempo para la salida:	6,43 (15 m)				
Tiempo del viraje:	10,37 (20 m)				

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Atlanta, GA, 20-26 julio, 1996. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

Los primeros 50 m de las pruebas celebradas en piscina corta también deben nadarse aproximadamente 0,50 a 0,80 s más lento que el mejor tiempo del nadador para los 50 m. El aumento de tiempo de la primera a la segunda mitad de estas carreras debe ser menor que en las carreras en piscina olímpica a causa de los virajes adicionales. La diferencia debe ser de 1,30 s o menos en las pruebas de espalda en piscina corta, entre 1,30 y 1,70 s en las pruebas de 100 libres en piscina corta, entre 2,40 y 3,00 s para las pruebas de mariposa en piscina corta, y entre 2,70 y 3,00 para 100 m braza en piscina corta.

Los nadadores deben empezar las pruebas de 100 con una frecuencia de brazada que puedan mantener durante los primeros tres cuartos de dichas carreras. Luego deben aumentar esta frecuencia 1 ó 2 ciclos/min en los últimos 25 m. Empezar estas carreras con una frecuencia de brazada demasiado alta hará que los nadadores se fatiguen antes y reducirá la velocidad al final tanto que su tiempo total será generalmente más alto.

A pesar de lo que acabo de decir, durante la primera mitad de las pruebas de 100, los nadadores deben tener una velocidad ligeramente más alta de la que pueden mantener durante la carrera. Deben esperar que su velocidad disminuya aproximadamente 0,10 m/s o alrededor de 0,50 s en los últimos 25 m de la prueba como consecuencia de esta velocidad inicial. Si se inhiben demasiado, puede que no sean capaces de compensar la diferencia al final. Sin embargo, al mismo tiempo, no deben nadar a velocidad máxima de

principio a fin.

Los 200 m libres

Los mejores competidores de las pruebas de 200 m libres generalmente utilizan dos variaciones de un planteamiento de ritmo uniforme. Algunos empiezan la carrera nadando a la velocidad más alta que puedan mantener hasta el fin de la prueba. Otros empiezan ligeramente más lento, mantienen un ritmo uniforme a lo largo de 150 m, y luego terminan los últimos 50 m con un acelerón que es ligeramente más rápido que su velocidad media para el segmento central de la carrera. Recientemente, la mayoría de las mejores pruebas de 200 m libres se han realizado utilizando un ritmo uniforme con una salida más rápida.

Generalmente, los nadadores harán los primeros 50 m de la carrera aproximadamente 2,00 s más lento que su mejor tiempo para una prueba de 50 m. Su tiempo en el punto medio es normalmente de 2,50 a 3,00 s más lento que su tiempo más rápido para una prueba de 100 m libres. Luego mantienen una velocidad relativamente constante durante el resto de la prueba. El aumento de tiempo de la primera a la segunda mitad de la carrera suele ser entre 1,00 y 2,00 s.

Cuando compiten en los 200 m libres, los nadadores deben escoger una combinación de frecuencia y longitud de brazada que puedan mantener durante toda la carrera sin disminuir ninguna de las dos de forma significativa antes de la llegada. La mayoría de los nadadores aumentarán la frecuencia 1 ó 2 ciclos/min durante los últimos 50 m de la carrera.

Tabla 21.8. Un planteamiento de ritmo uniforme para los 200 m libres en piscina olímpica

Pieter van den Hoogenband, 200 m libres, 1:45,35
Medalla de oro y récord del mundo, Juegos Olímpicos de 2000
Tiempo para los 100 m: 47,84

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
50	24,44		1,95	51/56	2,29/2,56
100	50,85	26,41	1,87	48/44	2,37/2,48
150	1:18,21	27,36	1,80	46/43	2,35/2,49
200	1:45,35	27,14	1,80	47/46	2,31/2,26

Tiempo para la salida: 6,05 (15 m)
Tiempo del viraje: 7,40, 7,60, 7,88
Tiempo de la llegada: 2,58

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Sydney, Australia, 16-23 de septiembre, 2000. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

La carrera de Pieter van den Hoogenband en los 200 m libres que le representó la medalla de oro y estableció un nuevo récord mundial en los Juegos Olímpicos de 2000 ha sido seleccionada como ejemplo de un planteamiento de ritmo para esta prueba. La tabla 21.8 muestra el análisis de la carrera.

Su mejor tiempo para los primeros 50 m de la carrera fue 24,44 y su tiempo a los 100 m fue 50,85. Los mejores tiempos de Pieter para los 50 y 100 m libres fueron 22,03 y 47,84 en esta competición. Por lo tanto, su tiempo a los 50 m fue aproximadamente 2,50 s más lento que su mejor tiempo, y su tiempo a los 100 m fue aproximadamente 3,00 s más lento que su mejor registro. Pieter estaba inhibiéndose aproximadamente en el mismo grado que un velocista debe inhibirse durante los primeros 100 de una carrera de 200. Los mediofondistas y los fondistas a menudo nadarán la primera mitad de sus carreras en un margen de 2,00 s de su mejor tiempo, probablemente porque dependen más de su capacidad aeróbica en esta distancia competitiva.

Los siguientes 50 m de la carrera de Pieter fueron aproximadamente 2,00 s más lentos que los primeros con un tiempo de 26,41. Su tiempo luego aumentó a 27,36 durante el tercer segmento de 50 m. Incrementó ligeramente la velocidad en los últimos 50 m para registrar un tiempo de 27,14. El aumento del tiempo de los primeros 50 m a los siguientes fue entre 2,00 y

3,00 s, y el aumento entre los primeros 100 y los siguientes fue de 4,50 s. Estos aumentos son ligeramente mayores que los recomendados. Basándose en otras destacadas pruebas de 200 m libres, se podría argumentar que Pieter debe haber nadado los primeros 100 m de la carrera ligeramente más lento para reducir el aumento del tiempo de la primera a la segunda mitad de la misma.

La velocidad de natación, la frecuencia de brazada y la longitud de brazada de Pieter están enumeradas para cada segmento de 25 m de la carrera. Su velocidad de natación estaba entre 1,87 y 1,95 m/s durante los primeros 75 m de la carrera. Mantuvo la velocidad entre 1,79 y 1,83 m/s durante los siguientes 100 m y luego la redujo a 1,74 m/s en los últimos 25 m.

Su frecuencia de brazada de 51 ciclos/min durante los primeros 25 m fue ligeramente mayor que en otros momentos de la prueba. Después se mantuvo en el rango de 43 a 48 ciclos/min. De nuevo, se podría argumentar que podría haber nadado la prueba más económicamente manteniendo una frecuencia de brazada de entre 44 y 46 ciclos/min durante toda ella.

Su longitud de brazada estuvo en su nivel más bajo durante los primeros 25 m de los 200 cuando su frecuencia estaba en el nivel más alto. Mantuvo su longitud de brazada entre 2,35 y 2,49 m/ciclo durante la parte media de la carrera. Disminuyó ligeramente a 2,31 y luego a 2,26 m/ciclo durante los últimos 50 m al aumentar ligeramente la frecuencia.

Su tiempo para la salida de 6,05 s fue excelente. La mayoría de los competidores masculinos cubren los primeros 15 m de esta prueba en tiempos de entre 6,10 y 6,70 s. Sus tiempos para los tres virajes fueron 7,40, 7,60 y 7,88. Dichos tiempos fueron ligeramente mejores que los de la mayoría de sus competidores en esta carrera. Los tiempos de viraje variaron desde 7,40 hasta 7,60 y 7,88. Estos tiempos fueron ligeramente mejores que los de la mayoría de sus competidores en esta prueba. Los tiempos de viraje variaron desde 7,40 hasta 7,90 s. Su tiempo de llegada fue de 2,58 s, también uno de los mejores tiempos del grupo. El rango de todos los competidores estaba entre 2,30 y 2,80 s.

Pieter empezó esta carrera ligeramente más rápido de lo que se recomienda, y como resultado su aumento de tiempo fue ligeramente mayor.

Los 200 m mariposa

Las carreras de 200 m mariposa deben nadarse con un ritmo uniforme. Los nadadores normalmente cubren los primeros 50 m de la carrera aproximadamente 2,00 s más lento que su mejor tiempo para la prueba de 50 m. Su tiempo en el punto medio es normalmente de 2,50 a 3,00 s más lento que su mejor registro para los 100 m mariposa. Mantienen una velocidad relativamente constante durante toda la carrera, aunque su velocidad puede ser ligeramente mayor durante los primeros 50 m y ligeramente más lenta en los últimos 50 m de lo que será en la parte media de la prueba.

El aumento de tiempo entre la primera y la segunda mitad de la prueba es normalmente de 3,00 a 4,50 s, más que en la prueba de estilo libre. El mayor aumento se debe en parte al hecho de que el tiempo parcial para los últimos 100 m empieza con el contacto de las manos en mariposa, mientras que en el estilo libre los últimos 100 m empiezan con el contacto de los pies. Esto puede explicar 1,00 s de la diferencia. El resto se debe probablemente a la naturaleza rigurosa de este estilo. Las fluctuaciones de velocidad intracíclicas son mayores en mariposa que en estilo libre. Por lo tanto, el estilo de mariposa requiere probablemente más esfuerzo que el estilo libre para mantener una velocidad competitiva durante la primera mitad de la carrera.

Los nadadores de mariposa, al igual que los de estilo libre, deben intentar nadar con una velocidad constante durante toda la carrera en lugar de empezar rápidamente y desacelerar. Deben escoger una combinación de frecuencia y longitud de brazada que puedan mantener durante la prueba sin disminuir ninguna de las dos de forma significativa al final. La mayoría de los mariposistas aumentarán su frecuencia de brazada 1 ó 2 ciclos/min durante los últimos 50 m de la carrera en un intento de mantener la velocidad de natación cuando se enfrentan a una longitud decreciente.

La prueba en que Susan O’Neill ganó la medalla de oro en el Campeonato Mundial de Natación de 1998 es representativa del planteamiento de ritmo utilizado por la mayoría de los mariposistas destacados. La tabla 21.9 presenta un análisis de su prueba.

Estos datos muestran elementos tanto del patrón rápido-lento como de ritmo uniforme. Empezó la carrera con una frecuencia y velocidad ligeramente más rápidas de las que podía mantener. Como resultado, su velocidad disminuyó ligeramente al final. Su ritmo fue relativamente estable desde el segundo hasta el séptimo segmento de 25 m de la carrera. Evidentemente se inhibió un poco al principio. Puede que hubiera podido registrar un tiempo más rápido si hubiera reducido su frecuencia a 50 ciclos/min durante los primeros 25 m de la carrera. Mary T. Meagher siguió este planteamiento cuando estableció el anterior récord del mundo en esta prueba. Se presentan sus tiempos parciales en la tabla 21.10. No están disponibles los parámetros de brazada para esta prueba.

Mary T. escogió el ritmo apropiado nadando los primeros 100 m 3,48 s más lento que su mejor tiempo para los 100 m. Esta velocidad menor probablemente le permitió nadar los últimos 50 m a casi la misma velocidad a la que había nadado los dos segmentos medios de 50 m.

Para obtener una eficacia máxima los nadadores deben probablemente empezar las pruebas de 200 m con una frecuencia de brazada y velocidad que pueden mantener hasta la llegada. Puede que dicho patrón produzca una llegada más rápida como en el caso de Mary T., y un tiempo total más rápido. Empezar de forma más lenta y utilizar el planteamiento de un parcial negativo probablemente no es una buena idea. Los nadadores no deben nadar detrás, a través de la turbulencia producida por los otros competidores. Además, el estilo es tan riguroso que los nadadores probablemente tendrán mucha dificultad para aumentar la velocidad suficientemente en los últimos 50 para compensar una salida más lenta. Por dichas razones, recomiendo que los mariposistas intenten mantener un ritmo uniforme durante toda la carrera, como Mary T., o empiecen la carrera con una primera mitad ligeramente más rápida y utilicen una llegada un poco más lenta, como hizo Susan O’Neill. Nunca deben intentar nadar a velocidad máxima de principio a fin.

En la tabla 21.11 se presentan los tiempos parciales de Susan O'Neill en su prueba de 200 m mariposa en la que estableció un nuevo récord mundial como otro ejemplo de un planteamiento de ritmo uniforme con una salida fuerte. Utilizó un plan similar al presentado en la tabla 21.9. Desafortunadamente, no pude conseguir sus parámetros de brazada para esta prueba. Utilicé los resultados de su carrera en el Campeonato Mundial en su lugar como ejemplo de esta prueba porque dichos parámetros sí estaban disponibles.

Tabla 21.9. Un planteamiento típico de ritmo para los 200 m mariposa

Susan O'Neill, 200 m mariposa, 2:07,93
Medalla de oro, Campeonato Mundial de Natación de 1998
Tiempo para los 100 m: 59,27

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
50	29,08		1,63/1,57	54/50	1,82/1,90
100	1:01,71	32,63	1,52	50	1,85
150	1:34,56	32,85	1,51	50	1,81
200	2:07,93	33,37	1,48	51	1,73

Tiempo para la salida: 7,27 (15 m)
Tiempo del viraje: 9,49 (media de tres virajes)

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-16 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

Susan nadó los primeros 100 m de su prueba ré-cord 1,47 s más rápido de lo que hizo en el Campeonato Mundial de 1998.

Su tiempo en los 100 m había mejorado casi 0,50 s esta vez, de manera que nadó los primeros 100 m 1,52 s más lentamente que su mejor tiempo para los 100 m mariposa. Su aumento de tiempo del primer al segundo segmento de 100 m de la carrera fue de 5,57 s.

Tabla 21.10. Los tiempos parciales para la prueba de 200 m mariposa en piscina olímpica de Mary T. Meagher que estableció el anterior récord del mundo

Mary T. Meagher
200 m mariposa, 2:05,96
Anterior récord mundial, 1981
Tiempo para 100 m: 57,93

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	29,53	
100	1:01,41	31,88
150	1:33,69	32,28
200	2:05,96	32,27 (aumento + 3,14 s)

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Tabla 21.11. Los tiempos parciales para la prueba de 200 m mariposa en piscina olímpica de Susan O'Neill que estableció el récord del mundo

Susan O'Neill
200 m mariposa, 2:05,81
Récord mundial, 2000
Tiempo para 100 m: 58,71

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	28,51	
100	1:00,24	31,73
150	1:32,71	32,47

200	2:05,81	33,10 (aumento + 5,57 s)

Fuente. Swimnews online. **www.swimnews.com**

Tabla 21.12. Los tiempos parciales para la prueba de 200 m mariposa en piscina corta de James Hickman que estableció el récord del mundo en 1998

James Hickman
200 m mariposa, 1:51,76
Récord mundial para piscina corta, 1998
Tiempo para 100 m: 51,20

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	25,53	
100	53,91	28,38
150	1:22,71	28,80
200	1:51,76	29,05 (aumento + 3,94 s)

Fuente. Swimnews online. **www.swimnews.com**

Los nadadores realizan las carreras de 200 m mariposa en piscina corta con planteamientos similares al descrito para las pruebas en piscina olímpica. Suelen nadar los primeros 100 metros o yardas de 2,00 a 3,00 s más lento que su mejor tiempo para los 100 m. Su aumento de tiempo del primero al segundo segmento de 100 m normalmente será menor que para las carreras en piscina olímpica a causa de los virajes adicionales. Los aumentos de

tiempo normalmente estarán en el rango de 3,50 a 4,50 s. Los tiempos parciales para la prueba de 200 m mariposa de James Hickman, que estableció un nuevo récord mundial en piscina corta, se presentan como ejemplo en la tabla 21.12.

Los primeros 100 m de Hickman fueron 2,71 s más lentos que su tiempo más rápido en piscina corta para los 100 m. Esta reducción de velocidad es similar a la que ocurre en las pruebas de 200 m mariposa de piscina olímpica. Hickman nadó el resto de la carrera a una velocidad casi constante con una ligera desaceleración en los últimos 50 m, imitando un patrón que se presenta en las carreras en piscina olímpica. Su aumento de tiempo del primer segmento de 100 m al segundo de esta prueba fue de 3,94 s, que es ligeramente menor de lo que vemos normalmente en las pruebas de 200 m mariposa en piscina olímpica.

Los 200 m braza

La mayoría de los nadadores destacados también utilizan un planteamiento de ritmo uniforme en esta prueba. Normalmente nadan los primeros 50 m de la carrera unos 2,00 s más lento que su mejor tiempo para la prueba de 50. Su tiempo en el punto medio es generalmente de 2,00 a 3,00 s más lento que su mejor tiempo para la prueba de 100 m braza. El aumento de tiempo de la primera mitad a la segunda es normalmente de 3,50 a 4,50 s. Los bracistas aumentan el tiempo más de la primera a la segunda mitad que los nadadores de estilo libre o espalda, por las mismas razones mencionadas con respecto a las carreras de 200 m mariposa. Primero, el tiempo parcial para los primeros 100 m no incluye el tiempo necesario para hacer un viraje con contacto de las manos al completar los 100 m, mientras que el segundo de los siguientes 100 m sí. Segundo, el estilo de braza implica grandes fluctuaciones intracíclicas de velocidad, que son mayores que en cualquier otro estilo competitivo.

Los bracistas deben nadar los primeros 150 m de la carrera a una velocidad constante. También deben utilizar una frecuencia de brazada constante durante los primeros 150 m y hacer lo posible para aumentarla

durante los últimos 50 m. Muchos de los bracistas de nivel mundial han aumentado su frecuencia de brazada de forma considerable en los últimos 50 m de su prueba de 200 m en competiciones recientes. Seis de los ocho finalistas aumentaron su frecuencia de brazada 2 ciclos/min o más durante los últimos 50 m de la última eliminatoria para la prueba de 200 m braza masculino en el Campeonato Mundial de Natación de 1998. Las ocho finalistas en la prueba de 200 m braza femenino hicieron lo mismo en dicho campeonato. Seis de ellas aumentaron su frecuencia más de 5 ciclos/min.

La longitud de brazada debe ser bastante constante durante los primeros tres cuartos de esta prueba. La longitud disminuirá durante los últimos 50 m de la prueba cuando los nadadores aumentan la frecuencia. La velocidad de natación debe permanecer razonablemente constante a lo largo de la prueba.

Sólo puedo especular sobre por qué tantos bracistas actuales están aumentando su frecuencia de brazada durante el último segmento de la prueba. Las grandes variaciones intracíclicas de velocidad de natación aumentan el coste energético de nadar a braza con respecto a las carreras de estilo libre y espalda incluso cuando los nadadores escogen el ritmo apropiado para la prueba. Por esta razón, los bracistas pueden intuitivamente escoger nadar con una longitud de brazada mayor y una frecuencia menor durante la primera mitad o los primeros tres cuartos de la carrera para conservar energía. Luego aumentan su frecuencia de forma considerable en una tentativa de mantener la velocidad de natación cuando se enfrentan a una inminente fatiga en el último segmento de la carrera.

Se ha escogido el análisis competitivo de la carrera ganadora de 200 m braza de Agnes Kovacs en el Campeonato Mundial de Natación de 1998 como ejemplo del planteamiento de ritmo que utilizan muchos nadadores en esta carrera. La tabla 21.13 presenta un análisis de su carrera. Utilizó un planteamiento de ritmo uniforme. Su frecuencia de brazada fue bastante estable durante los primeros 150 m de la prueba. Luego la aumentó drásticamente durante los últimos 50 m. He presentado su frecuencia y longitud de brazada para cada segmento de 25 m de los últimos 50 m para ilustrar cómo realizó el acelerón final.

El tiempo parcial de Kovacs fue 33,60 s para los primeros 50 m de la

prueba. Este tiempo fue probablemente alrededor de 2,26 s más lento que su mejor tiempo en los 50 m. Su tiempo a los 100 m fue 1:11,66, que era aproximadamente 3,00 s más lento que su tiempo en la prueba de 100 m en este mismo campeonato. Nadó el segundo segmento de 100 m en 1:13,79, un aumento de 2,13 comparado con los primeros. Sus tiempos parciales fueron un poco desiguales durante los 100 m medios, con 38,06 en el segundo segmento de 50 y 36,12 en el tercero. Esta distribución de tiempos parciales sugiere que quizás estuviera tratando de realizar un parcial negativo nadando más suavemente los primeros 100 m y luego aumentando su velocidad drásticamente en el tercer segmento de 50. Esto fue un error porque produjo un aumento de tiempo de 37,67 durante los últimos 50 m de la carrera. Habría sido mejor si hubiera mantenido un tiempo constante de alrededor de 37,00 s durante los 100 m medios y luego realizar un esfuerzo para aumentarla durante los últimos 50 m. Los aumentos repentinos de velocidad antes del acelerón final son costosos y normalmente no pueden mantenerse hasta el final de la prueba.

Kovacs utilizó una frecuencia de brazada bastante estable entre 35 y 37 ciclos/min durante los primeros 150 m de la carrera. Su longitud de brazada fue 2,36 m/ciclo durante los primeros 50 m y 2,30 m/ciclo durante los siguientes 50, y luego bajó a 2,18 m/ciclo en el tercer segmento de 50. Esta pérdida de longitud de brazada durante el tercer segmento se debió probablemente al aumento de su frecuencia porque su tiempo parcial fue rápido para este segmento de la prueba.

Tabla 21.13. Un planteamiento típico de ritmo uniforme para la prueba de 200 m braza

Agnes Kovacs, 200 m braza, 2:25,45
Medalla de oro, Campeonato Mundial de Natación de 1998
Tiempo para los 100 m: 1:08,68

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
50	33,60		1,40	36	2,36
100	1:11,66	38,06	1,31	35	2,30
150	1:47,78	36,12	1,38	37	2,18
200	2:25,45	37,67	1,33	40/42	1,99/1,88

Tiempo para la salida: 6,67 (15 m)
Tiempo del viraje: 10,94 (media de tres virajes)

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-16 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

Su velocidad fue 1,40 m/s durante los primeros 50 m y luego disminyó, probablemente demasiado, a 1,31 m/s en el segundo segmento de 50 m. Su velocidad aumentó de nuevo, también demasiado, a 1,38 m/s en el tercer segmento de 50.

Aumentó su frecuencia de brazada progresivamente a 40 y luego 42 ciclos/min durante los últimos 50 m en un esfuerzo para llegar a velocidad máxima. Su longitud de brazada bajó drásticamente al igual que su velocidad. Su longitud de brazada fue 1,99 y 1,88 m/ciclo en el primero y segundo segmento de 25 m de estos últimos 50 m. Su velocidad de natación cayó a 1,33 m/s durante este mismo segmento. Puede que hubiera sido más sabia, desde el punto de vista de escoger el ritmo apropiado, si hubiera mantenido una velocidad constante durante los 100 m medios y luego aumentar su frecuencia durante los últimos 50 m. Puede que hubiera sido capaz de mantener una mayor longitud de brazada durante los últimos 50 m si hubiera mantenido su frecuencia en 35 ó 36 ciclos/min y no hubiera hecho el esfuerzo de aumentar la velocidad durante el tercer segmento de 50 m de la carrera.

El tiempo para la salida y los primeros 15 m de la carrera de Kovacs de 8,67 s fue un valor medio para las finalistas. El tiempo más rápido fue 7,91 s, y el más lento, 8,99 s. Su tiempo medio para los tres virajes fue 10,94 s, que fue el valor medio más lento de todas las finalistas. La mejor media fue 10,34 y la mayoría de las finalistas tuvieron un tiempo medio entre 10,51 y 10,67.

La prueba de Kovacs no fue una carrera distribuida de forma perfecta, pero representa una distribución del esfuerzo bastante razonable a lo largo de toda la distancia. El único error que cometió es típico de los nadadores que tratan de realizar un parcial negativo. El error es menos grave que el de intentar nadar demasiado rápido al inicio de la carrera. Los tiempos parciales de Mike Barrowman en su prueba de 200 m braza que estableció un nuevo récord mun-dial en 1992, presentados en la tabla 21.14, muestran una mejor distribución del esfuerzo a lo largo de toda la prueba. Los datos sobre la frecuencia y la longitud de brazada y la velocidad de natación no están disponibles para esta carrera.

Mike nadó los primeros 50 m en 30,43 s, que fue probablemente alrededor de 2,00 a 2,50 s más lento que su mejor tiempo para los 50 m. Su tiempo parcial a los 100 m de 1:03,91 fue 1,79 s más lento que su mejor tiempo en los 100 m. Éste está realmente más cerca de su mejor tiempo para los 100 m de lo que pueden o deben realizar la mayoría de los nadadores en la primera mitad de una carrera de 200 m. Sin embargo, no fue demasiado rápido para Barrowman porque pudo nadar el resto de la carrera sin perder velocidad. Sus tiempos de 33,48, 33,21 y 33,04 s para los siguientes segmentos de 50 m representan velocidades de natación que fueron similares a su velocidad en los primeros 50 m de la prueba porque el primer tiempo parcial incluyó la salida y no incluyó un viraje. La ventaja ganada de la salida y la ausencia de un viraje probablemente explican toda o parte de la diferencia de alrededor de 3,00 s entre su tiempo para los primeros 50 m y sus tiempos para cada uno de los siguientes segmentos de 50 de la carrera.

Tabla 21.14. Los tiempos parciales para la prueba de 200 m braza en piscina olímpica de Mike Barrowman que estableció el récord del mundo en los Juegos Olímpicos de 1992

Mike Barrowman
200 m braza, 2:10,16
Récord mundial, Juegos Olímpicos de 1992
Tiempo para 100 m: 1:02,12

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
50	30,43	
100	1:03,91	33,48
150	1:37,12	33,21
200	2:10,16	33,04

Fuente. Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Nadó la segunda mitad de esta prueba de braza de 200 m en 1:06,25. Por lo tanto, su aumento de la primera a la segunda mitad de la carrera fue de 2,24 s. También fue excelente. La mayoría de los nadadores tienen un aumento de entre 3,00 y 4,00 s de la primera a la segunda mitad de esta carrera incluso cuando escogen bien el ritmo.

Los nadadores también deben nadar las carreras de braza de 200 m en piscina corta con un planteamiento de ritmo uniforme. Deben nadar los primeros 50 y 100 m aproximadamente de 2,00 a 3,00 s más lento que su mejor tiempo para dichas distancias, como hacen en las carreras de piscina olímpica. El aumento del tiempo entre la primera y la segunda mitad de las carreras será normalmente menos de 3,50 s a causa de la velocidad y el descanso que adquieren de los virajes adicionales.

Los 200 m espalda

El mejor planteamiento para esta carrera es un ritmo uniforme, al igual que para las otras pruebas de 200 m. Los nadadores deben realizar los primeros 50 m de 2,00 a 3,00 s más lentamente que su mejor tiempo para los 50 m espalda. Los primeros 100 m deben ser de 2,00 a 3,00 s más lentos que su mejor tiempo para esta distancia. El aumento del primer segmento de 100 m al segundo será menor que en las otras pruebas de 200 m porque los espaldistas no ganan tanta velocidad de su salida dentro del agua como los otros nadadores que salen desde el poyete. Además, el tiempo parcial de los primeros 100 m de su carrera incluye el tiempo necesario para hacer dos virajes mientras que el tiempo parcial de los últimos 100 sólo incluye el tiempo de un viraje. El aumento de la primera mitad a la segunda de la prueba de 200 m espalda debe estar, por lo tanto, en el rango de 1,20 a 2,00 s.

Los nadadores deben intentar avanzar a una velocidad constante desde el principio hasta el fin de esta carrera. Sin embargo, generalmente su velocidad

bajará un poco en los últimos 50, a causa de la fatiga. Deben escoger la frecuencia más alta de brazada que puedan mantener durante toda la prueba y, si es posible, aumentarla de 2 a 3 ciclos/min durante los últimos 50 m. Su longitud de brazada debe permanecer constante durante los primeros tres cuartos de la carrera. Bajará un poco durante los últimos 50 m cuando aumentan la frecuencia. No obstante, los tiempos parciales para los últimos 50 m deben ser tan rápidos o más que los de mediados de la carrera.

La información presentada en la tabla 21.15 es de la prueba de Lenny Krazelburg de 200 m espalda que ganó la medalla de oro en el Campeonato Mundial de Natación de 1998 en piscina olímpica. Ilustra la mayoría de los factores que deben incluirse en un planteamiento de ritmo uniforme para esta prueba. Su frecuencia y longitud de brazada están indicadas para cada uno de los primeros dos segmentos de 25 m de la carrera para ilustrar cómo cambiaron durante los primeros 50 m. Su velocidad de natación, su frecuencia y su longitud de brazada se indican para cada uno de los últimos segmentos de 25 m de la carrera para ilustrar cómo terminó su acelerón hasta la llegada.

Krazelburg nadó los primeros 50 m de esta carrera en 28,66 s, que es aproximadamente 3,50 s más lento que su mejor tiempo para los 50 m espalda. Su tiempo fue 58,81 en el punto medio de la prueba, que fue 3,81 s más lento que su tiempo ganador en los 100 m espalda en el mismo campeonato. Nadó los siguientes 100 m de la prueba en 1:00,03, de manera que su aumento de tiempo fue de 1,22 del primer segmento de 100 m al segundo. Sus tiempos parciales para los cuatro segmentos de 50 m fueron 28,66, 30,15, 29,93 y 30,10, respectivamente.

Su velocidad de natación fue constante durante la parte media de la carrera. Fue ligeramente más alta en los primeros 50 m con 1,61 m/s pero luego se quedó razonablemente estable entre 1,57 y 1,59 m/s para los siguientes 125 m. Cayó ligeramente a 1,54 m/s en los últimos 25 m. Probablemente minimizó su pérdida de velocidad en los últimos 50 m de la prueba aumentando su frecuencia.

La frecuencia de brazada de Krazelburg fue más alta en los primeros 25 m que a mediados de la carrera. Su frecuencia fue 46 ciclos/min durante los

primeros 25 y luego bajó a 40 ciclos/min durante el resto de los primeros 100 m. Luego la aumentó a 43 ciclos/min durante el tercer segmento de 50 y a 45 y 46 ciclos/min en cada uno de los últimos segmentos de 25 m. La frecuencia mayor al principio puede haberse debido al hecho de que estaba nervioso o de que estaba intentando mantener el momento de su batido subacuático cuando llegó a la superficie en este segmento de 25 m. Puede que hubiera ahorrado energía sin perder tiempo reduciendo su frecuencia a aproximadamente 40 ciclos/min en el siguiente segmento de 25. Es difícil decidir si aumentar su frecuencia a 43 ciclos/min en el tercer segmento de 50 fue un acierto. Puede que hubiera podido terminar con más fuerza con un mejor tiempo total manteniendo una frecuencia de 40 ciclos/min en estos 50 m. En cambio, pudo haber sentido que su longitud de brazada estaba disminuyendo y por lo tanto aumentó su frecuencia para compensarlo.

Tabla 21.15. Un planteamiento típico de ritmo uniforme para la prueba de 200 m espalda

Lenny Krazelburg, 200 m espalda, 1:58,84
Medalla de oro, Campeonato Mundial de Natación de 1998
Tiempo para los 100 m: 55,00

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
50	28,66		1,61	46/40	2,11/2,41
100	58,81	30,15	1,57	40	2,33
150	1:28,74	29,93	1,59	43	2,23
200	1:58,84	30,10	1,57/1,54	45/46	2,11/1,99

Tiempo para la salida: 7,03 (15 m)
Tiempo del viraje: 7,87 (media de tres virajes)

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-18 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

Su longitud de brazada fue baja, 2,11 m/ciclo en los primeros 25 m de la carrera y luego aumentó considerablemente cuando redujo su frecuencia a 40 ciclos/min. Ésta fue de 2,41 m/ciclo en el segundo segmento de 25 m de la prueba y 2,33 m/ciclo durante los siguientes 50 m antes de caer a 2,23 m/ciclo en el tercer segmento de 50. Disminuyó drásticamente a 2,11 m/ciclo y luego a 1,99 m/ciclo durante los últimos dos segmentos de 25 m de la prueba, aunque la velocidad permaneció en un nivel alto a causa del aumento de la frecuencia.

El tiempo para la salida de Krazelburg de 7,03 s fue el segundo mejor de

los finalistas. El mejor tiempo fue 6,88 s, y los otros finalistas tuvieron un tiempo para la salida de entre 7,16 y 7,52. Su tiempo medio de viraje de 7,87 fue el mejor de todos los finalistas. Los otros tuvieron tiempos medios de viraje de entre 7,96 y 8,41 s.

El planteamiento de ritmo para las pruebas de 200 m espalda en piscina corta debe ser igual al de las de piscina olímpica. Los nadadores deben empezar la prueba de 2,00 a 3,00 s más lentos que su mejor tiempo para una prueba de 100 m espalda en piscina corta.

A diferencia de lo que ocurre en otras pruebas de 200 m, el aumento de tiempo de los espaldistas entre la primera y la segunda mitad de la carrera es aproximadamente igual, de 1,20 a 2,00 s, sea cual sea la longitud de la piscina en la que se celebra la carrera.

Resumen de los planteamientos de ritmo para las pruebas de 200 m

Los planteamientos de ritmo parecen similares para todas las pruebas de 200 m. Idealmente, los nadadores deben empezarlas a la velocidad más rápida que puedan mantener durante toda la carrera sin perder velocidad al final. Deben nadar los primeros 50 m de estas carreras de 2,00 a 3,00 s más lento que su tiempo mejor para los 50 m. Los primeros 100 m también deben ser de 2,00 a 3,00 s más lentos que su mejor tiempo para esta distancia. Su aumento de tiempo desde la primera a la segunda mitad de las pruebas de estilo libre y de espalda debe ser de 1,00 y 2,00 s. El aumento debe ser de 3,00 a 4,50 s en pruebas de mariposa y de braza. Existen dos razones para un mayor aumento de tiempo en estas pruebas. Primero, las fluctuaciones de velocidad son mayores en los estilos de braza y mariposa que en los otros dos estilos competitivos. Por lo tanto, se requiere más esfuerzo por parte de los mariposistas y bracistas para acelerar su cuerpo hacia delante durante cada ciclo de brazada. Segundo, el tiempo parcial de los primeros 100 m no incluye el tiempo para hacer un viraje a los 100 m en las carreras de mariposa y braza, mientras que el tiempo parcial de los primeros 100 m en pruebas de

estilo libre sí lo incluye.

Para distribuir su energía de forma constante a lo largo de la distancia de 200 m, los nadadores deben mantener una velocidad constante de principio a fin. Es difícil hacerlo en situaciones competitivas, y la mayoría nadarán un poco más rápidamente en los primeros tres cuartos de la carrera y un poco más lentamente en el último. Puede que tengan que nadar de esta forma para quedarse con los líderes y evitar tener que nadar en la turbulencia creada por ellos. Pero la mayoría de los nadadores probablemente harían mejor distribuyendo su esfuerzo de tal forma que pudiesen mantener la misma velocidad en los últimos 50 que utilizaron en los primeros.

La mayoría de los nadadores de la prueba de 200 m empiezan con una frecuencia de brazada que es más alta de la que pueden mantener durante toda la carrera. Luego la disminuyen en medio de la prueba y la aumentan al final. Cambios repentinos de velocidad y esfuerzo generalmente aumentan el coste energético de forma desproporcionada, por lo que los nadadores deben ahorrar sus esfuerzos para el acelerón final.

Probablemente economizarían su utilización de la energía si seleccionasen una combinación de frecuencia y longitud de brazada que puedan mantener durante los primeros tres cuartos de la carrera y luego pudiesen todavía aumentarla 1 ó 2 ciclos/min durante los últimos 50 m de la carrera. Puede que necesiten prestar más atención a la selección del ritmo apropiado que los otros nadadores a causa del alto coste energético de su estilo.

Las pruebas de 400 m y 500 yardas libres

Se han realizado unas carreras excelentes en estas pruebas con planteamientos tanto de ritmo uniforme como de parcial negativo. Algunos medallistas y plusmarquistas olímpicos y mundiales han utilizado una velocidad relativamente constante durante los primeros 350 m de la carrera y luego han realizado un acelerón rápido hasta la llegada. Los nadadores que han realizado la segunda mitad de la carrera a una velocidad relativamente

mayor que la primera han tenido unas actuaciones igualmente destacadas. El análisis competitivo de la primera prueba de Ian Thorpe en los Juegos Olímpicos de 2000 que le representó la medalla de oro y estableció su primer récord mundial, presentado en la tabla 21.16, ilustra un planteamiento de ritmo uniforme con una llegada rápida.

Los tiempos parciales de Ian fueron 1:48,86 en los primeros 200 m y 1:51,73 para los siguientes 200 m de esa carrera. A primera vista estos tiempos parciales parecen ser un ejemplo de un plan rápido-lento en lugar de uno de ritmo uniforme. Cuando se estudian los tiempos parciales por segmentos de 100 m, el planteamiento de ritmo uniforme se vuelve más evidente. Después de los primeros 100 m, que nadó en 52,64 s, Ian nadó con un tiempo relativamente constante de aproximadamente 56 s durante los siguientes dos segmentos de 100 m. Aceleró la velocidad en los últimos 100 m, que nadó en 55,50.

Su tiempo para los primeros 100 m de esta carrera fue probablemente 3,00 s más lento que su mejor tiempo para los 100 m en piscina olímpica. Su tiempo de 1:48,86 a los 200 m fue aproximadamente 3,50 s más lento que su mejor tiempo para los 200 m estilo libre en este momento de su carrera.

Su velocidad de natación de los primeros 50 m de la prueba de 1,91 m/s fue el más rápido de la carrera. Desaceleró a una velocidad de entre 1,73 y 1,76 m/s durante el resto de la misma. Como una prueba adicional de su elección de un ritmo uniforme, su frecuencia de brazada fue constante entre 35 y 38 ciclos/min durante los últimos 350 m de la carrera. La frecuencia fue 46 ciclos/min más alta durante los primero 50 m.

La longitud de brazada en los primeros 50 m de 2,66 m/ciclo fue baja probablemente a causa de la alta frecuencia. La longitud fue alta, 2,97 m/ciclo, en los siguientes 50 m cuando la frecuencia era 35 ciclos/min. Después, la distancia por brazada permaneció entre 2,79 y 2,89 m/ciclo (media 2,86) durante la parte media de la carrera. Disminuyó ligeramente a 2,76 m/ciclo durante los últimos 100 m cuando la frecuencia aumentó a 38 ciclos/min.

No disponemos de los tiempos para la salida y llegada de esta prueba. Su

tiempo medio para los siete virajes fue 7,86 s, una de las mejores medias entre los finalistas. La mayoría tardaron 8,00 s para cubrir los 15 m antes y después de los virajes. Los competidores masculinos suelen registrar tiempos de 6,30 a 7,00 s en esta prueba. Su tiempo de llegada estaba generalmente en el rango de 2,30 a 2,90 s.

El planteamiento de ritmo de Ian representa una manera eficaz de realizar esta prueba. A lo largo de los años, las grandes carreras de 400 m libres en piscina olímpica se han realizado con planteamientos de ritmo uniforme similares a ésta, aunque la mayoría han nadado los primeros 50 m ligeramente más lento. Por consiguiente, sus tiempos parciales durante los primeros segmentos de 100 y 200 m de las pruebas de 400 m han sido aproximadamente 5 a 6 s más lentos que su mejor tiempo para dichas distancias. Luego nadan los siguientes 200 m en un tiempo que es sólo 1 ó 2 s más lento que el primero. La frecuencia de brazada y la velocidad, al igual que las de Ian, han permanecido constantes a lo largo de la carrera después de los primeros 50 m, y han podido aumentar ligeramente la frecuencia, y por tanto su velocidad de natación, en los últimos 50 ó 100 m.

Los fondistas pueden nadar más cerca de su mejor tiempo durante la primera mitad de la carrera. Muchos pueden nadar los primeros 100 ó 200 m de esa prueba con sólo 3 a 4 s de diferencia respecto a su mejor tiempo en dicha distancia. Los mediofondistas normalmente tienen que inhibirse un poco más porque reciben más energía del metabolismo anaeróbico.

Tabla 21.16. Un planteamiento típico de ritmo uniforme para los 400 m libres

Ian Thorpe, 400 m libres, 3:40,59
Medalla de oro y récord del mundo, Juegos Olímpicos de 2000
Tiempo para los 200 m: 1: 45,37

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
100	24,48/52,64		1,91/1,75	46/35	2,66/2,97
200	1:48,86	56,22	1,74	35	2,89
300	2:45,09	56,23	1,73	37	2,82
400	3:40,59	55,50	1,76	38	2,76

Tiempo para la salida: ND
Tiempo del viraje: 7,86 (media de siete virajes)
Tiempo de la llegada: ND

Fuente. Análisis biomecánico. Pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Sydney, Australia, 16-23 de septiembre, 2000. Preparados por el Departamento de Biomecánica. Instituto Australiano del Deporte.

En esta prueba, los nadadores deben escoger una frecuencia de brazada que les permita nadar 350 m a una velocidad constante y luego aumentarla en los últimos 50 ó 100 m en aproximadamente 1 s en los 100 m. Han estado nadando demasiado lento al principio de la carrera si pueden nadar los últimos 100 m 2 ó 3 s más rápidamente de lo que hacían en medio de la carrera.

Los nadadores que prefieren realizar un parcial negativo en esta prueba normalmente nadan los primeros 200 m un poco más lento que los que escogen un ritmo uniforme. Luego aumentarán su velocidad gradualmente en los próximos 150 m y realizarán un acelerón en los últimos 50 m. Los nadadores que realizan un parcial negativo no deben intentar aumentar su velocidad de repente después de 200 m. El esfuerzo implicado será demasiado costoso, y tendrán dificultad para terminar la carrera con un fuerte acelerón. Su aumento de velocidad debe ser gradual desde los 200 a los 350 m, incrementándose hasta el acelerón de los últimos 50 m. Su frecuencia de brazada debe aumentar sólo ligeramente durante la segunda mitad de la prueba. Un aumento de 1 ciclo/min sería satisfactorio hasta el acelerón de los últimos 50 m, cuando puede aumentar 1 ó 2 ciclos adicionales/min. Estos nadadores que escogen el parcial negativo también pueden ejercer más fuerza en su brazada hasta el último acelerón.

La notable carrera nadada por Janet Evans en los 400 m libres que le representó la medalla de oro y estableció un récord mundial es un ejemplo excelente de un parcial negativo. La realizó en los Juegos Olímpicos de 1988. Se presentan sus tiempos parciales en la tabla 21.17.

Nadó los primeros 200 m de esta carrera en 2:02,14 y los siguientes 200 m en 2:01,71. Su velocidad fue evidentemente más rápida en el segundo segmento de 100 m porque no tenía la ventaja de la salida desde el poyete. Sus tiempos parciales fueron 59,99 y 1:02,15 para los primeros dos segmentos de 100 m. Luego aumentó su velocidad ligeramente a 1:01,26 en el tercer segmento de 100 m. Nadó los últimos 100 m con un tiempo muy rápido de 1:00,45.

Los planteamientos de ritmo para las pruebas de 400 m y 500 yardas libres deben ser similares al patrón para las pruebas en piscina olímpica que se acaba de describir. La velocidad debe ser constante para los primeros 350 m de la carrera de 400 m y las primeras 450 de la carrera de 500 yardas. El segmento final de 50 m o yardas de ambas pruebas debe nadarse a una velocidad ligeramente más rápida que los segmentos medios. Un ejemplo de una prueba de 400 m libres en piscina corta que se planificó de manera excelente es la de Grant Hackett, que estableció un nuevo récord mundial en esta prueba y que se presenta en la tabla 21.18.

Tabla 21.17. La carrera de 400 m libres de Janet Evans que estableció un récord mundial

Janet Evans
400 m libres, 4:03,85
Medalla de oro y récord del mundo
Juegos Olímpicos de 1988
Tiempo para los 200 m, ND

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
100	59,99	
200	2:02,14	1:02,15
300	3:03,40	1:01,26
400	4:03,85	1:00,45

Tabla 21.18. Los tiempos parciales de la prueba de 400 m libres de Grant Hackett que estableció un nuevo récord mundial en piscina corta

Grant Hackett
400 m libres, 3:35,01
Récord del mundo en piscina corta 1999
Tiempo para los 200 m, ND en este momento

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
100	52,40	
200	1:47,11	54,71 (aumento + 2,31 s)
300	2:42,08	54,99
400	3:35,01	52,93 (1:47,90)

La diferencia entre el primer segmento de 200 y el segundo fue + 0,79.
Fuente. Swimnews online. **www.swimnews.com**

Hackett nadó los primeros 200 m de esta carrera en 1:47,11 y los siguientes 200 m en 1:47,90. Su mejor tiempo para una prueba de 200 m libres en piscina corta no estaba disponible, pero ha nadado 1:46,67 en una prueba de 200 m en piscina olímpica. Por consiguiente, evidentemente estaba siguiendo un planteamiento de ritmo al principio de esta carrera. Probablemente nadó los primeros 200 m aproximadamente 5 a 6 s más lento de lo que era capaz en una prueba de 200 m de esfuerzo máximo en piscina corta.

Los tiempos parciales para cada segmento de 200 m de esta carrera parecen indicar que estaba utilizando un planteamiento de parcial negativo. Ganó una ventaja de 1 ó 2 s en los primeros 200 m de la carrera porque salió desde el poyete. Por consiguiente, nadó el segundo segmento de 200 m a una velocidad media más rápida que el primero. Un análisis de sus tiempos parciales por segmento de 100 m revela que nadó a aproximadamente la misma velocidad durante 300 m y luego terminó la carrera con un acelerón.

Nadó los primeros 100 m en 52,40 y los siguientes dos segmentos de 100 m en 54,71 y 54,99 s. Luego nadó los últimos 100 m en 52,93 s, ligeramente más rápido que los segmentos medios. El tiempo de Hackett de 52,40 s para los primeros 100 m representa la misma velocidad que utilizó en medio de la carrera. El tiempo fue más rápido sólo a causa de la influencia de la salida. Esta distribución de tiempos parciales representa un planteamiento de ritmo uniforme durante la mayor parte de la carrera, con un acelerón rápido al final.

En la tabla 21.19 se presenta el planteamiento utilizado por Tom Dolan en las 500 yardas libres que estableció un récord estadounidense en 1997. Su tiempo fue un increíble, 4:08,75, para dicha prueba. Dolan utilizó un planteamiento de ritmo uniforme, aunque nadó los primeros 100 m a una velocidad ligeramente más rápida que la que mantuvo en el resto de la carrera.

Su tiempo fue 47,07 s para las primeras 100 yardas. Después, su velocidad fue razonablemente constante en alrededor de 50,40 s para cada segmento restante de 100 yardas. Sospecho que podría haber nadado las últimas 100 yardas ligeramente más rápido, y quizás hubiese logrado un tiempo total ligeramente menor, si hubiera nadado las primeras 100 yardas a una velocidad un poco más lenta.

No está disponible su mejor tiempo para las 200 yardas libres, pero es probable que fuera aproximadamente 1:33 a 1:34. Por lo tanto, nadó las primeras 200 yardas de la prueba de 500 yardas aproximadamente 4 s más lento que su mejor tiempo probable para dicha distancia.

Tabla 21.19. Los tiempos parciales para la prueba de 500 yardas libres de Tom Dolan, que estableció el récord estadounidense en los Campeonatos Universitarios Estadounidenses de 1997

Tom Dolan
500 yardas libres, 4:08,75
Récord estadounidense
1997, Tiempo para 200 yardas, ND en el momento

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
100	47,07	
200	1:37,51	50,45 (aumento + 3,44 s)
300	2:27,93	50,41
400	3:18,33	50,40 (1:50,81)
500	4:08,75	50,42

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Tabla 21.20. Los tiempos parciales para la prueba de 800 m libres de Janet Evans, que estableció el récord mundial en piscina olímpica

Janet Evans
800 m libres, 8:16,22
Récord mundial 1989
Tiempo para 400 m: 4:03,85

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
100	1:00,20	
200	2:02,53	1:02,33
300	3:05,12	1:02,59
400	4:07,92	1:02,80
500	5:10,27	1:02,35

600	6:12,82	1:02,55
700	7:15,54	1:02,72
800	8:16,22	1:00,68

Tiempos parciales por 200 m: 2:02,53; 2:05,39; 2:04,90; 2:03,40
Tiempos parciales por 400 m: 4:07,92; 4:08,30
Fuente. Swimnews Online. **www.swimnews.com**

Las pruebas de 800 m y 1.000 yardas libres

Un ritmo uniforme durante toda la prueba con una llegada rápida parece ser el planteamiento preferido por los nadadores en esta prueba. Los tiempos parciales de la prueba de 800 m libres en piscina olímpica de Janet Evans que estableció un nuevo récord mundial, presentados en la tabla 21.20, proporcionan un buen ejemplo de un patrón de ritmo uniforme. Nadó los primeros 100 m de la prueba en 1:00,20. Nadó los siguientes seis segmentos de 100 m a aproximadamente la misma velocidad que el primero, si se elimina la influencia de la salida. Nadó estos segmentos con tiempos entre 1:02,33 y 1:02,80. Su tiempo de 1:00,68 de los últimos 100 m representa la velocidad más alta de la carrera.

Los nadadores suelen hacer los primeros 200 m de esta carrera entre 3 y 5 s más lento que su mejor tiempo en los 200 m libres. Su velocidad en los siguientes 400 m es entre 4 y 6 s más lenta que su mejor tiempo para los 400 m libres. El tiempo de cada mitad de la prueba debe ser casi idéntico.

Se presenta en la tabla 21.21 un análisis competitivo de la prueba de 800 m en piscina olímpica de Brooke Bennett que ganó la medalla de oro en el Campeonato Mundial de Natación de 1998. Dicho análisis incluye datos sobre su longitud y frecuencia de brazada y velocidad de natación, que deben ayudar a mostrar el patrón de ritmo uniforme de dicha carrera.

Bennett nadó los primeros 400 m de esta carrera 5,50 s más lento que su tiempo en los 400 m en el mismo campeonato. Nadó los siguientes cuatro segmentos de 100 m con un tiempo entre 1:03,40 y 1:04,60. Su velocidad y frecuencia de brazada fueron bastante estables durante toda la prueba. Mantuvo una velocidad de natación de entre 1,49 y 1,55 m/s durante la parte media de la carrera. Su frecuencia de brazada fue de 54 a 55 ciclos/min. Su velocidad aumentó a 1,69, aunque su frecuencia cayó a un valor medio de 53 ciclos/min durante los últimos 100 m de la carrera. Su longitud de brazada disminuyó ligeramente desde el principio hasta el final de la prueba. Empezó en 1,73 m/ciclo y cayó hasta 1,60 m/ciclo a los 500 m. Aumentó de nuevo a entre 1,69 y 1,72 m/ciclo cuando redujo su frecuencia durante los últimos 150 m.

Sus pérdidas de longitud de brazada, velocidad y tiempo en los últimos segmentos de la carrera sugieren que podría haber tenido un mejor rendimiento si hubiera nadado los primeros 200 m de la carrera con un esfuerzo ligeramente menor. No obstante, la carrera es un buen ejemplo de un planteamiento de ritmo uniforme bien ejecutado con una llegada fuerte característica de las actuaciones con mayor éxito sobre esta distancia.

El tiempo medio del viraje de Brooke de 8,93 s fue uno de los mejores entre las finalistas. El tiempo medio del viraje de las ocho nadadoras osciló entre 8,80 y 9,20 s. Su tiempo para la salida y la llegada no están disponibles, pero un repaso a los resultados del Campeonato Mundial de Natación de 1998 reveló que las finalistas en esta prueba tuvieron un tiempo para la salida que varió de 5,48 a 8,17. El rango de sus tiempos de llegada fue de 2,68 a 3,12 s.

Tabla 21.21. Un planteamiento típico de ritmo uniforme para los 800 m libres en piscina olímpica

Brooke Bennett, 800 m libres en piscina olímpica, 8:29,19
Medalla de oro, Campeonato Mundial de Natación de 1998. Tiempo para los 400 m: 4:06,85

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
100	1:01,53		1,57	54	1,73
200	2:04,93	1:03,40	1,55	54	1,71
300	3:08,74	1:03,61	1,52	54	1,68
400	4:12,35	1:03,61	1,51	55	1,65
500	5:16,01	1:03,66	1,52	55	1,60
600	6:20,61	1:04,60	1,49	54	1,65
700	7:25,27	1:04,58	1,49	53	1,72
800	8:29,19	1:03,92	1,69	52/54	1,69/1,70

Tiempo del viraje: 8,93 (media de quince virajes)

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-16 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

Los nadadores utilizan el mismo planteamiento de ritmo uniforme en las carreras de 1.000 yardas libres.

Nadan a una velocidad constante las primeras 900 yardas, aumentan su velocidad gradualmente durante el siguiente segmento de 50 yardas y realizan un acelerón en las últimas 50. Los tiempos parciales para 200 y 500 yardas son generalmente de 4,00 a 5,00 s más lentos que su mejor tiempo en estas distancias.

Las primeras 100 yardas suelen ser aproximadamente 4,00 s más lentas que el mejor tiempo del nadador para esta distancia. Los otros tiempos parciales para la carrera serán generalmente 2,00 s más lentos que el primero. El tiempo de las últimas 100 yardas de una prueba de 1.000 yardas normalmente se acercará al tiempo del nadador particular para las primeras 100 yardas de la carrera.

Las pruebas de 1.500 m y 1.650 yardas libres

Al igual que otras carreras de fondo, la mayoría de los nadadores utilizan un

planteamiento de ritmo uniforme para casi la totalidad de la prueba y terminan con un acelerón final. Nadan a aproximadamente la misma velocidad desde el comienzo de la carrera hasta los últimos 100 ó 200 m o yardas, momento en que la aumentan gradualmente hasta que están nadando a velocidad máxima los últimos 50 m o yardas. La mayoría nadan los primeros 400 m de una carrera de 1.500 m entre 8 y 10 s más lento que su mejor tiempo para los 400 m libres. El análisis de la carrera de 1.500 m de Grant Hackett con la que ganó la medalla de oro en el Campeonato Mundial de 1998, que se presenta en la tabla 21.22, muestra claramente este patrón.

Grant nadó los primeros 200 m de la carrera aproximadamente 6 s más lento que su mejor tiempo para esta distancia, y nadó los primeros 400 m aproximadamente 9 s más lento que su mejor tiempo para esta distancia. Nadó los primeros 100 m en un tiempo de 55,67. Nadó los restantes segmentos de 100 m de la carrera aproximadamente 4 s más lento que el primero, con la excepción del último, en el que aumentó su velocidad hasta 57,31 s.

Tabla 21.22. Un planteamiento típico de ritmo uniforme para los 1.500 m libres en piscina olímpica

Grant Hackett, 1.500 m libres en piscina olímpica, 14:51,70
Medalla de oro, Campeonato Mundial de Natación de 1998. Tiempo para los 400 m: 3:44,88

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
100	55,67		1,75/1,66	42/40	2,53/2,49
200	1:54,62	58,95	1,63	40	2,47
300	2:54,04	59,42	1,62	40	2,46
400	3:53,99	59,95	1,60	40	2,43
500	4:53,80	59,81	1,61	39	2,45
600	5:53,69	59,89	1,60	40	2,41
700	6:53,53	59,84	1,60	39	2,45
800	7:53,73	1:00,20	1,59	39	2,44
900	8:53,78	1:00,05	1,59	39	2,44
1.000	9:54,84	1:00,06	1,59	39	2,44
1.100	10:54,88	1:00,04	1,59	39	2,44
1.200	11:54,98	1:00,10	1,59	39	2,43
1.300	12:55,04	1:00,06	1,59	39	2,44
1.400	13:55,39	1:00,35	1,58	38	2,45
1.500	14:51,70	57,31	1,67	40	2,51

Tiempo del viraje: 8,08 (media de 29 virajes)

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-18 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

La velocidad y la frecuencia de brazada de Grant fueron ligeramente mayores durante los primeros 50 m que más tarde en la prueba. Sin embargo, después, nadó sus segmentos parciales a una velocidad relativamente constante de entre 1,59 y 1,60 m/s y con una frecuencia de brazada constante de entre 39 y 40 ciclos/min. Nadó los primeros 100 m más rápido, a 1,67 m/s aumentando su frecuencia ligeramente a 40 ciclos/min y su longitud de brazada a 2,51 m/ciclo.

Su tiempo medio para los 29 virajes durante la prueba fue 8,08 s. Fue la segunda mejor media entre los finalistas en el Campeonato Mundial de Natación de 1998. La media mejor fue 7,99 s, y los demás finalistas tuvieron un tiempo medio de viraje de entre 8,12 y 8,64 s. No están disponibles sus tiempos para la salida y la llegada. Los tiempos para la salida varían típicamente de 6,50 a 7,50 s para los nadadores masculinos en esta prueba. El tiempo de llegada está típicamente entre 2,40 y 3,00 s.

Las pruebas de 1.500 m y 1.650 yardas libres en piscina corta deben también nadarse con un ritmo uniforme y una llegada rápida. Los tiempos parciales de Tom Dolan en su prueba de 1.650 yardas que estableció un récord estadounidense, presentados en la tabla 21.23, muestran el planteamiento de ritmo uniforme que la mayoría de los nadadores destacados han utilizado en esta prueba.

Después de una salida rápida de los primeras 100 yardas, cuando registró un tiempo parcial de 48,96, Dolan nadó una carrera estable con tiempos de aproximadamente 53,00 s por 100 yardas durante las primeras 1.200 yardas. En este punto, aumentó la velocidad ligeramente hasta registrar 52,50 s. Sus últimas 50 yardas de la carrera fueron muy rápidas, en 24,13 s.

Las primeras 200 yardas de la prueba fueron aproximadamente 8 s más lentas que su mejor tiempo probable en esta distancia. Su tiempo para las primeras 500 yardas fue aproximadamente 8 s más lento que su mejor tiempo para esta distancia. Los siguientes tiempos para los dos segmentos de 500 yardas fueron 4:27 y 4:23.

Tabla 21.23. Tiempos parciales para la prueba de 1.650 yardas

libres de Tom Dolan, que estableció el récord estadounidense en los Campeonatos Universitarios Estadounidenses de 1997

Tom Dolan
1.650 yardas libres, 14:29,31
Récord estadounidense
1997, Campeonato Universitario Estadounidense
Tiempo para 500 yardas: 4:08,75

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
100	48,96	
200	1:41,25	52,29
300	2:34,11	52,86
400	3:27,26	53,15
500	4:20,79	53,53
600	5:14,11	53,32
700	6:07,32	53,21
800	7:00,79	53,47
900	7:54,46	53,67
1.000	8:48,16	53,70
1.100	9:41,56	53,40
1.200	10:34,71	53,15
1.300	11:27,28	52,57
1.400	12:20,04	52,76
1.500	13:12,54	52,50

1.600	14:05,18	52,64
1.650	14:29,31	24,13

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

Las pruebas de estilos individual

Es difícil calcular los mejores patrones de ritmo para la prueba de estilos individual porque los aumentos de tiempo no son concluyentes cuando los nadadores cambian de estilo durante cada cuarto de la carrera. No obstante, la duración de estas pruebas hace imprescindible que los nadadores utilicen algún patrón para escoger el ritmo apropiado si quieren tener éxito. Basándome en las otras pruebas, creo que una distribución constante del esfuerzo a lo largo de la distancia sería el mejor método que podrían utilizar.

Otro problema para determinar cómo los nadadores pueden plantear el ritmo apropiado para la prueba de estilos individual es que es imposible saber hasta qué punto están planificando el ritmo de cada segmento basándose en los tiempos, frecuencia de brazada, longitud de brazada o velocidad de natación. Estos, por supuesto, difieren de estilo a estilo y de nadador a nadador incluso cuando están nadando con el mismo esfuerzo relativo. Por consiguiente, mis sugerencias relacionadas con la velocidad a la que se debe nadar un estilo particular durante una prueba de estilos individual se basan en mi experiencia con nadadores que compiten en este tipo de pruebas.

La prueba de estilos individual de 200 m. Los competidores que realizan las pruebas de estilos individual de 200 m normalmente completan los primeros 50 m o yardas de mariposa en un tiempo 1,00 s más lento que su mejor registro para esta misma distancia. El tiempo parcial para el segmento de espalda es normalmente 3,00 s más lento que su mejor tiempo para los 50 m

o yardas en este estilo. El segmento de braza es normalmente de 5,00 a 6,00 s más lento, y el segmento de estilo libre es aproximadamente 4,00 s más lento.

Otra manera de ver el planteamiento del ritmo en esta prueba es considerar la diferencia entre los tiempos para cada segmento. Estas diferencias no serán las mismas para todos los nadadores porque cada uno será relativamente más fuerte o más débil que los otros en los diversos estilos. Sin embargo, la experiencia ha demostrado que estas diferencias son remarcablemente similares de un nadador a otro, incluso considerando este factor distorsionante. Por lo tanto, una comparación de las diferencias de tiempo entre los parciales puede proporcionar una guía de la relación que los nadadores pueden esperar tener entre sus parciales de un estilo a otro en esta prueba. Basándose en esto, el tiempo parcial del segmento de espalda en una prueba de estilos individual de 200 m será normalmente de 3,00 a 4,00 s más lento que el de mariposa. El segmento de braza será normalmente de 4,00 a 5,00 s más lento que el de espalda. El último segmento de estilo libre será normalmente de 5,00 a 7,00 s más rápido que el de braza, y será similar al tiempo registrado para el parcial de mariposa. Estas relaciones entre segmentos se aplican tanto a pruebas celebradas en piscina olímpica como en piscina corta. En la tabla 21.24 se presenta un análisis de una prueba de estilos individual de 200 m en piscina olímpica que se ajusta a este patrón. Dicho análisis es de la prueba de Yana Klochkova que ganó la medalla de oro en los Juegos Olímpicos de 2000.

Los nadadores suelen utilizar una frecuencia de brazada ligeramente mayor para cada estilo en la prueba de estilos individual que la que utilizan típicamente los competidores en los 200 m de cada estilo. Al mismo tiempo, la frecuencia de brazada de los competidores en EI es ligeramente inferior a la utilizada por los competidores en las pruebas de 100 m. Dicha tendencia no se reveló en cada uno de los tiempos parciales de Klochkova, pero ha sido característica de la mayoría de los nadadores de 200 m estilos individual de nivel mundial. Su utilización de una frecuencia de brazada más alta en esta prueba indica que los nadadores realizan un mayor esfuerzo, por lo menos durante los primeros tres cuartos de la prueba, de lo que harían si compitiesen en una prueba de 200 m en un sólo estilo. El descanso que se ofrece a las fibras musculares cuando se cambia de estilo es probablemente lo que les permite nadar con un mayor esfuerzo durante las pruebas de estilos

individual.

El tiempo de Yana para el viraje de transición de mariposa a espalda fue 9,20 s. El rango estuvo entre 9,10 y 9,50 s entre las demás competidoras. Su tiempo fue de 10,08 para el viraje de transición tanto de espalda a braza como de braza a estilo libre. Fueron unos tiempos muy buenos. El rango entre las competidoras de nivel mundial en esta prueba está entre 10,00 y 10,50 s. El tiempo para la salida varió entre 7,30 y 7,80 para las nadadoras en esta prueba en el Campeonato del Mundo de 1998. El tiempo de llegada de dichas nadadoras osciló entre 2,74 y 3,02 s.

Desafortunadamente no disponemos de información sobre la frecuencia y la longitud de brazada y velocidad de natación que los nadadores utilizan en las pruebas de 200 m de estilos individual celebradas en piscina corta. Sin embargo, los tiempos parciales de la carrera de Summer Sanders que estableció un récord estadounidense indican un planteamiento de ritmo similar al de la prueba en piscina olímpica. (Sospecho que los nadadores pueden permitirse empezar una prueba de estilos individual en piscina corta ligeramente más rápido que en una piscina olímpica porque harán más virajes.) En la tabla 21.25 se presentan los tiempos parciales de Sanders.

Tabla 21.24. Análisis de la prueba de estilos individual de 200 m de Yana Klochkova que ganó la medalla de oro en los Juegos Olímpicos de 2000

Yana Klochkova, 200 m estilos individual, 2:10,68
Medalla de oro: Juegos Olímpicos de 2000

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
Mariposa					
25	13,34		1,65	55	1,81
50	28,70	15,36	1,60	53	1,83
Espalda					
75			1,47	42	2,09
100	1:01,78	33,08	1,48	42	2,13
Braza					
125			1,33	46	1,74
150	1:40,05	38,27	1,26	46	1,66
Estilo libre					
175			1,63	48	2,02
200	2:10,68	30,63	1,61	46	2,08

Tiempos de viraje (15 m): 9,20 mariposa/espalda, 10,08 espalda/braza, 10,08 braza/estilo libre
Tiempo para la salida: 7,62 (15 m)
Tiempo de llegada: 2,70

Fuente. Análisis de la competición en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos de Sydney, Australia, 16-23 de septiembre, 2000. Preparados por la Subcomisión de Biomecánica y Fisiología del Deporte del COI.

Tabla 21.25. Tiempos parciales para la prueba de 200 yardas estilos individual de Summer Sanders que estableció el récord estadounidense en los Campeonatos Universitarios Estadounidenses

Summer Sanders
200 yardas estilos individual: 1:55,45
Récord estadounidense
1992, Campeonato Universitario Estadounidense

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S
Mariposa 50	25,08	
Espalda 100	54,59	29,51 (+ 4,51 s)
Braza 150	1:27,70	33,11 (+ 3,60 s)
Estilo libre 200	1:55,45	27,75 (-5,36 s)

Fuente. Página web oficial de USA Swimming. **www.usswim.org**

La prueba de 400 m estilos individual. Los nadadores deben nadar el segmento de mariposa de esta prueba en un tiempo aproximadamente 2,50 a 3,00 s más lento que su mejor registro para los 100 m o yardas mariposa. Los segmentos de espalda y estilo libre son generalmente de 6,00 a 7,00 s más lentos que el mejor tiempo de un nadador particular para este estilo y esta distancia. El segmento de braza es generalmente de 8,00 a 10,00 s más lento.

El tiempo de estilo libre es generalmente parecido al primer segmento de mariposa.

Un nadador con una habilidad casi igual en todos los estilos nadaría el segmento de espalda de esta prueba de 4,00 a 5,00 s más lento que su mejor tiempo para el primer segmento de mariposa. El segmento de braza sería de 5,00 a 12,00 s más lento que el de espalda, y el último segmento de estilo libre sería de 10,00 a 15,00 s más rápido que el segmento de braza. Dichas relaciones parecen darse en las pruebas de estilos individual de 400 m tanto en piscina olímpica como en piscina corta.

He seleccionado la carrera ganadora de Tom Dolan en el Campeonato Mundial de Natación de 1998 como ejemplo de un buen planteamiento de ritmo para los 400 m EI. La tabla 21.26 presenta un análisis de su carrera. Se dan los datos para cada segmento de 50 m de la prueba para demostrar cómo distribuyó su esfuerzo igualmente en cada 50 m para cada estilo particular.

El tiempo parcial de Tom para los primeros 100 m mariposa fue 58,54 s. Su frecuencia de brazada fue 53 ciclos/min durante el primer segmento de 50 m y 50 ciclos/min durante el segundo de mariposa. Su velocidad y su longitud de brazada fueron más altas durante los primeros 50 m del segmento de mariposa, a 1,70 m/s y 1,94 m/ciclo. Disminuyeron a 1,57 m/s y 1,89 m/ciclo durante los siguientes 50 m del segmento. Tom estaba evidentemente escogiendo el ritmo apropiado para el segmento de mariposa de la prueba. Su frecuencia fue ligeramente mayor que la de un mariposista de nivel mundial en la prueba de 200 m, pero fue más lenta que la que utilizan los nadadores de nivel mundial en los 100 m mariposa.

Nadó el parcial de espalda en 1:03,77 con una frecuencia de brazada de 40 y 39 ciclos/min para cada uno de los segmentos de 50 m de estos 100 m. Dichas frecuencias fueron aproximadamente iguales a las utilizadas por muchos espaldistas masculinos en la prueba de 200 m. Su longitud de brazada fue 2,29 m/ciclo en los primeros 50 m de este parcial y 2,35 m/ciclo en los siguientes 50 m. Su velocidad aumentó de 1,53 m/s a 1,60 m/s en el segundo segmento de 50 m cuando redujo la frecuencia a 39 ciclos/min y aumentó la longitud de brazada a 2,35 m/ciclo.

Su tiempo parcial para el segmento de braza fue 1:12,85. Su frecuencia de brazada fue 45 y 46 ciclos/min en el primer y segundo segmento de 50 m, que fueron bastante más rápidos que los que utilizan la mayoría de los bracistas masculinos en los 200 m braza. Sin embargo, fueron de 3 a 5 ciclos/min más lentas que las utilizadas en los 100 m braza. Su longitud de brazada disminuyó de 1,79 m/ciclo a 1,70 m/ciclo del primero al segundo segmento de 50 m de esta parte. Su velocidad de natación disminuyó de 1,34 a 1,30 m/s como resultado.

Nadó los últimos 100 m libres en 59,79 s. Su frecuencia de brazada fue la misma para ambos segmentos de 50 m con 43 ciclos/min. Esta frecuencia es similar a la utilizada por muchos nadadores de los 400 m libres de nivel mundial. Su longitud de brazada aumentó de 2,29 a 2,36 m/ciclo del primero al segundo segmento de 50 m. Su velocidad de natación también aumentó de 1,63 a 1,68 m/s.

No estaban disponibles los tiempos para la salida, de viraje y de llegada de Dolan. Un repaso a los resultados del Campeonato Mundial de Natación de 1998 reveló que los nadadores masculinos en esta prueba tuvieron un tiempo para la salida entre 6,53 y 6,92 s. El tiempo de viraje osciló entre 8,72 y 9,36 s para el viraje de mariposa a espalda, de 9,32 a 10,20 para espalda a braza y de 9,64 a 9,92 de braza a estilo libre. El tiempo de llegada estuvo entre 2,60 y 2,93 para los competidores masculinos en esta prueba.

Cuando compiten en la prueba de 400 m EI, los nadadores parecen utilizar una frecuencia de brazada en cada estilo que es similar a la que utilizan los nadadores del mismo estilo en las pruebas de 200 m. Esto no siempre se reveló así en la carrera de Dolan. Solía tener una frecuencia más lenta en algunos estilos. Sin embargo, otros finalistas en esta prueba utilizaron una frecuencia de brazada para cada estilo que era similar a la que se utiliza en las pruebas de 200 m.

Al igual que en la prueba de 200 m EI, el cambio de estilo probablemente proporciona algún alivio que permite a los nadadores utilizar una intensidad más alta de lo que emplearían si estuvieran nadando los 400 m utilizando sólo un estilo. Algunas fibras musculares fatigadas probablemente tienen la posibilidad de descansar cuando los nadadores cambian de estilo. Entonces,

las fibras que han estado descansando recogen la carga de trabajo.

Tabla 21.26. Análisis de la carrera de 400 m estilos individual de Tom Dolan que ganó la medalla de oro en el Campeonato Mundial de Natación de 1998

Tom Dolan, 400 m estilos individual, 4:14,95
Medalla de oro, Campeonato del Mundo de natación de 1998

DISTANCIA	TIEMPO EN S	TIEMPOS PARCIALES EN S	VELOCIDAD EN M/S	FRECUENCIA DE BRAZADA EN CICLOS/MIN	LONGITUD DE BRAZADA EN M/CICLO
Mariposa					
50	27,29		1,70	53	1,94
100	58,54	31,26	1,57	50	1,89
Espalda					
150	1:31,14	32,60	1,53	40	2,29
200	2:02,31	31,17	1,60	39	2,35
Braza					
250	2:38,32	36,01	1,34	45	1,79
300	3:15,16	36,84	1,30	46	1,70
Estilo libre					
350	3:45,83	30,67	1,63	43	2,29
400	4:14,95	29,12	1,68	43	2,36

Fuente. Análisis biomecánico, Campeonato Mundial de Natación de 1998, Perth, Australia, 8-16 de enero, 1998. Preparados por el Departamento de Biomecánica, Instituto Australiano de Deporte.

Enseñar a los nadadores a escoger el ritmo apropiado

El método más común que utilizan los entrenadores para enseñar a escoger el ritmo apropiado es hacer que los nadadores realicen repeticiones de una distancia menor a la velocidad competitiva deseada. Desafortunadamente, a menudo nadan dichas velocidades sin distribuir el esfuerzo de forma estable a lo largo de la distancia de la repetición. Comúnmente nadan la primera mitad de la repetición con una frecuencia de brazada y una velocidad más altas que la segunda mitad. Los nadadores deben concentrarse en distribuir el esfuerzo de forma estable durante toda la repetición para aprender a nadar a la velocidad correcta de la forma más económica. También deben experimentar con diferentes frecuencias y longitudes de brazada para encontrar la combinación que les permita nadar a la velocidad deseada con el menor

esfuerzo. Los nadadores deben poder nadar repeticiones que son un cuarto de la distancia de la prueba o menos con una diferencia de 0,20 a 0,50 s de su tiempo ideal para una prueba para cuando tenga lugar el campeonato más importante de la temporada.

En los ejemplos de planteamientos de ritmo presentados en las tablas 21.1 a 21.26, la mayoría de los nadadores tuvieron una mayor velocidad y frecuencia de brazada al principio de la prueba. Empezar la carrera demasiado rápidamente es un error común. Se debe entrenar a los nadadores a utilizar una frecuencia de brazada y una velocidad que utilizarán durante toda la prueba. Hacerlo así disminuirá la acidosis y les ayudará a terminar la carrera con un tiempo más rápido. Por esta razón, los nadadores deben practicar la velocidad con la que deben empezar la carrera desde la salida del poyete para tener una mayor precisión, y deben restringir su frecuencia de brazada y velocidad a las que utilizarán durante toda la prueba.

Las repeticiones con ritmo escogido para la parte media de la carrera deben empezar con el viraje de mariposa y de braza para que los tiempos reflejen con exactitud su velocidad verdadera. Los nadadores pueden utilizar un impulso desde la pared para las pruebas de estilo libre y espalda, aunque empezar con un viraje proporcionará una mejor sensación del ritmo apropiado para la parte media de la carrera en estos estilos.

Las series rotas también proporcionan un vehículo excelente para enseñar a escoger el ritmo apropiado. Los nadadores pueden dividir la carrera en partes y practicar nadar al ritmo apropiado durante cada segmento. Deben también practicar nadar con una distribución estable del esfuerzo o un amento gradual de velocidad según el planteamiento que prefieran. Los nadadores siempre deben realizar los últimos 50 m de sus series rotas a velocidad máxima para acondicionarse a aumentar la velocidad durante el último segmento de la carrera.

La frecuencia de brazada puede proporcionar otro método excelente para que los nadadores aprendan a juzgar su velocidad en las pruebas. Aprender a controlar la frecuencia de brazada es la manera más rápida y fácil de aprender a escoger el ritmo apropiado. El capítulo anterior trató este tema, así que aquí sólo repasaré unas pocas sugerencias.

Los nadadores deben determinar la combinación óptima de frecuencia y de longitud de brazada para cada prueba en la que compiten. Dicha combinación les permitirá nadar a la velocidad deseada con el menor esfuerzo. Después de haber determinado la mejor combinación de frecuencia y longitud, pueden escoger el ritmo apropiado aprendiendo a controlar y a mantener dicha combinación durante casi la distancia total de la prueba. Sorprendentemente pocos nadadores son conscientes de la relación entre mantener una frecuencia constante de brazada y minimizar el gasto energético. Nadar con una frecuencia de brazada y una velocidad constantes durante la mayor parte de la carrera gastará menos energía que cambiar de velocidad. El cuerpo utiliza energía de forma análoga a como un automóvil utiliza la gasolina. Conducir una distancia particular a una velocidad constante de 64 km/h utilizará una pequeña cantidad de gasolina. Conducir la misma distancia a la misma velocidad media variando la velocidad entre 40 y 88 km/h utilizará mucha más gasolina. Los nadadores deben aprender a recorrer la distancia competitiva de la forma más económica, con una distribución estable de esfuerzo.

Los nadadores pueden utilizar la frecuencia de brazada con eficacia con series rotas para practicar distribuir el esfuerzo de forma apropiada a lo largo de toda la distancia de la prueba y para encontrar la combinación óptima de frecuencia y longitud de brazada. Calcular la frecuencia de brazada para cada segmento de una serie rota puede hacer que los nadadores sean más conscientes de mantener una frecuencia constante. También pueden experimentar con diferentes combinaciones de frecuencia y longitud de brazada para determinar la forma más económica de nadar una velocidad particular.

Mencioné anteriormente que los nadadores deben empezar la carrera con una frecuencia de brazada que puedan mantener de principio a fin. Un método incluso mejor podría ser nadar las primeras partes de la carrera con una frecuencia de brazada ligeramente más lenta y luego aumentarla gradualmente en las últimas partes de la carrera cuando disminuye la longitud de brazada. Como muestran los análisis de las carreras destacadas, la longitud de brazada suele disminuir al final de la carrera cuando aparece la fatiga. Puede que los nadadores sean capaces de contrarrestar dicha tendencia de la reducción de la longitud de brazada a reducir la velocidad entrenándose a

aumentar su frecuencia de brazada progresivamente durante la carrera.

El método que acabo de describir es probablemente apropiado para las carreras de 200 m o yardas o más. La mejor manera de nadar las pruebas de 100 m o yardas puede ser utilizar una frecuencia de brazada constante durante toda la distancia porque la velocidad inicial es más importante durante las carreras más cortas. Los nadadores probablemente deben experimentar con ambos métodos hasta que sepan cuál funciona mejor para ellos.

La estrategia

Aunque el hecho de escoger el ritmo apropiado determina tiempos más rápidos, éstos no siempre ganarán la carrera. En carreras entre competidores con tiempos similares, el nadador que realiza una acción inesperada que altera el planteamiento competitivo de otro competidor es a menudo el que gana. Una acción sorprendente puede asustar o desmoralizar a un competidor y hacer que responda con un bajo rendimiento. Por esta razón, los nadadores deben conocer las estrategias ofensivas y defensivas comunes de la competición. Deben saber cuándo realizar una acción inesperada que alterará a sus contrincantes, y deben aprender a contraatacar cuando un oponente nada su carrera de una forma inesperada.

Tácticas ofensivas

Los nadadores pueden utilizar varias tácticas ofensivas para ayudarse ellos mismos o a sus compañeros de equipo a tener éxito en las carreras. Las describiré en las siguientes secciones.

Empezar una carrera más rápidamente de lo esperado

Contra contrincantes que no tienen experiencia y contra los que tienen un fuerte acelerón de llegada, empezar una carrera más rápidamente de lo esperado puede funcionar bien. Esta táctica es también útil para los nadadores, especialmente los fondistas, que no tienen un fuerte batido al final de la carrera cuando compiten en carreras de mediofondo contra oponentes que sí lo tienen.

Los nadadores sin experiencia pueden desmoralizarse cuando un oponente se adelanta a ellos inesperadamente al principio de la carrera. Aunque puede que el que va en cabeza se fatigue más pronto a causa de su repentino aumento de velocidad, es posible que todavía sea capaz de ganar la carrera porque su ventaja inicial puede hacer que los oponentes se rindan antes de terminarla.

Empezar una carrera más rápidamente de lo esperado también funciona bien contra los nadadores a quienes les gusta hacer un parcial negativo. A menudo dichos nadadores no pueden realizar una llegada rápida a no ser que naden despacio al principio.

Empezar rápidamente puede alterar el planteamiento competitivo de los que empiezan despacio. Si se ven obligados a nadar más rápidamente de lo que habían planificado al principio de la carrera para mantenerse al nivel del otro, puede que no puedan realizar su llegada fuerte acostumbrada. Por consiguiente, un nadador que debe depender más de su capacidad aeróbica que de su velocidad puede mantenerse a nivel de un oponente que normalmente es más rápido durante el acelerón final.

Empezar la carrera más lentamente de lo esperado

La táctica de empezar la carrera más lentamente de lo esperado puede utilizarse en beneficio de un nadador que compita contra otro que tiene un tiempo más rápido. Nadar más lentamente al principio de la carrera puede engañar al oponente a nadar más lentamente de lo que había planificado. Como resultado, un nadador más lento puede mantenerse al nivel del más rápido sin fatigarse. Por consiguiente, el acelerón final hasta la llegada ofrecerá la oportunidad de ganar la carrera.

Utilizar un acelerón para distanciarse en medio de la carrera

Contra un oponente que tiene un tiempo similar, un acelerón para distanciarse en medio de la carrera puede ser una buena táctica. Esta acción puede desmoralizar al oponente. Puede sentir que la posibilidad de ganar es nula y desacelerar.

Ponerse en cabeza

Ponerse en cabeza a principio de la carrera es una ventaja, particularmente en piscinas turbulentas y en carreras de mariposa. Los primeros pueden crear turbulencia con cualquier estilo, especialmente cuando las calles son estrechas y cuando no están bien construidas las corcheras y los rebosaderos. Nadar en la estela de otros competidores aumenta la energía que el nadador debe gastar para combatir la resistencia por el oleaje. Por lo tanto, los nadadores deben ponerse en cabeza cuando piensan que pueden hacerlo sin perder demasiada velocidad al final de la carrera. Sin embargo, cuando la velocidad es demasiado rápida para ponerse en cabeza, los nadadores deben permanecer lo más cerca posible de los primeros para reducir la cantidad de estela que deben atravesar, aunque signifique que tengan que nadar ligeramente más rápido de lo que habían planificado.

Chupar rueda

Chupar rueda significa nadar en la estela de un competidor. Los nadadores dicen que chupar rueda reduce el coste energético de la carrera porque son «remolcados» por los competidores que están inmediatamente al lado de ellos. Debido a la succión trasera, la presión del agua será más baja inmediatamente detrás de un oponente. Por lo tanto, los competidores que nadan al lado de la corchera cerca de las piernas o justo detrás de los pies de un nadador en la calle adyacente, estarán realizando sus brazadas en una zona de baja presión creada por la estela del batido del oponente. Al hacerlo, serán «remolcados» y gastarán menos energía para superar la resistencia del agua. Esta táctica les dejará más energía para adelantar a sus competidores durante el acelerón final. Chatard y sus colaboradores (1998) calcularon que chupar rueda a otro nadador podría mejorar el tiempo de un nadador en 9,5 s en 400 m. Queda por ver si dichos cálculos son precisos. No obstante, la experiencia de los nadadores competidores ha sido universal en que chupar rueda efectivamente ahorra energía.

Proteger a un compañero de equipo

En competiciones de dos equipos, a menudo los nadadores utilizan la técnica de proteger a los compañeros de equipo. Un nadador de un equipo en medio de la piscina nadará deliberadamente a una velocidad lenta al principio de la carrera para hacer que otro competidor en una calle interior adyacente haga lo mismo. Mientras tanto, uno de los compañeros de equipo del primer nadador en una calle exterior se pondrá en cabeza y tratará de ganar la carrera o al menos vencer a los competidores del otro equipo. Esta táctica funciona mejor cuando el nadador que protege es el mejor de la piscina con mucho. Los contrincantes a menudo tienen miedo de ponerse en cabeza; por lo tanto, puede que naden una carrera lenta y pierdan no sólo contra el protector sino también contra su compañero de equipo.

Esconderse del oponente

Algunos nadadores se clasificarán deliberadamente con una velocidad lenta para poder nadar en una calle exterior lejos de sus principales contrincantes en un campeonato importante. Es especialmente probable seguir esta estrategia cuando se sabe que el oponente es un buen competidor o alguien a quien le gusta chupar rueda a los otros nadadores. Competir en una calle exterior permite al nadador que se esconde nadar la carrera con su mejor ritmo. Al mismo tiempo, el oponente puede estar compitiendo contra nadadores más lentos en medio de la piscina, sin saber que el nadador de la calle exterior está en cabeza.

Tácticas defensivas

Los nadadores pueden utilizar diversas tácticas defensivas para contraatacar las tácticas ofensivas que se acaban de describir.

Contraatacar a un competidor que empieza la carrera más rápidamente de lo esperado

Un nadador nunca debe permitir a un contrincante sacar una gran ventaja durante la primera parte de una carrera. El oponente puede motivarse y sacar más energías si se le permite establecer una ventaja sustancial, y puede ser más difícil adelantarle más tarde. Un nadador debe mantenerse lo bastante cerca para poder adelantar a su rival, aunque signifique nadar más rápidamente de lo planificado al principio de la carrera. Si un nadador y su

oponente tienen tiempos similares, el oponente estará esforzándose mucho para mantenerse por delante y no tendrá una llegada fuerte. El hecho de que el contrincante no puede distanciarse también puede desmoralizarle. Por consiguiente, si el nadador se mantiene justo detrás, puede que sea capaz de ponerse en cabeza cuando el primero empiece a fatigarse.

Contraatacar a un competidor que empieza más lentamente de lo esperado

Los nadadores no deben temer ponerse en cabeza cuando un competidor empieza más lentamente de lo esperado. Algunos nadadores son tan devotos del parcial negativo que esperan estar por detrás en las etapas iniciales de la carrera, y luego se niegan a ponerse en cabeza aunque la velocidad sea demasiado lenta. Los nadadores con una buena resistencia aeróbica, especialmente los que tienen una velocidad máxima marginal, no deben dejarse engañar para que naden lentamente durante las primeras etapas de la carrera. Deben conocer su mejor velocidad para cada prueba lo bastante bien para no ser engañados y cometer este error. Pueden que se vean superados al final por el acelerón de un oponente más rápido pero menos resistente si no establecen una buena ventaja al principio cuando tengan la oportunidad.

Contraatacar a un oponente que realiza un acelerón para distanciarse en medio de la carrera

Los nadadores no deben dejar que un oponente se aleje a velocidad máxima en ningún momento de la carrera, aunque la velocidad requerida para acompañarle parezca demasiado rápida. Si un nadador y su oponente tienen tiempos similares, el oponente probablemente utilizará más energía tratando de adelantarse que el otro nadador tratando de acompañarle.

Un oponente que logra distanciarse puede ganar confianza. En cambio, un nadador que trata de distanciarse puede desanimarse si no logra hacerlo. En este caso, el nadador que se mantuvo cerca de él puede adelantarle y ganar la carrera.

Contraatacar a un oponente que chupa rueda

Desde un punto de vista defensivo, los nadadores deben intentar mantenerse en el centro de la calle para que los oponentes no puedan chupar rueda. Cuando un oponente trata de hacerlo, el nadador debe desplazarse al otro lado de la calle para reducir la tracción.

El cambio debe producirse durante un viraje cuando el nadador puede cambiar de lado de la calle sin nadar una mayor distancia. Los nadadores siempre deben ser conscientes de la posición de los oponentes en las calles adyacentes.

Contraatacar cuando un oponente trata de proteger a un compañero de equipo

Los nadadores deben estar lo suficientemente bien entrenados para saber que están nadando demasiado lentos en una carrera particular. No deben temer ponerse en cabeza cuando un oponente, incluso uno que tiene un tiempo más rápido, nada a una velocidad más lenta al principio de una carrera. Deben ponerse por delante para poder buscar a los oponentes en las calles exteriores que pueden estar intentando establecer una ventaja inicial.

Contraatacar contra un oponente que trata de

esconderse

Los nadadores deben ocuparse de saber en qué calles nadan sus principales competidores para poder echarles un vistazo durante la carrera. Los nadadores pueden lograrlo leyendo la asignación de calles para la prueba o escuchando el anuncio de la asignación de las calles antes de la carrera. Los nadadores nunca deben colocarse en el poyete sin saber la posición de sus principales contrincantes en una carrera.

Enseñar las estrategias competitivas ofensivas y defensivas

Un buen procedimiento de entrenamiento para preparar a los nadadores a utilizar tácticas ofensivas y a contraatacar las tácticas defensivas durante las carreras es hacerles nadar algunas de las repeticiones de entrenamiento a velocidades que sean más rápidas y más lentas que la velocidad que planifican utilizar en ciertas pruebas. Si nadan más rápido que la velocidad competitiva en el entrenamiento, aprenderán hasta qué punto pueden desviarse del plan propuesto sin perder demasiada velocidad más tarde en la carrera.

De igual forma, nadar más lentamente que la velocidad competitiva en el entrenamiento les ayudará a darse cuenta de cuándo se está maniobrando para que naden demasiado lentamente en la competición.

Los entrenadores deben asesorar a los nadadores cuando cometen errores ofensivos o defensivos durante las carreras y luego diseñar ejercicios que les enseñen a utilizar las tácticas apropiadas. Las tomas de tiempo y las series rotas son excelentes para este fin.

22

El calentamiento y la vuelta a la calma

El calentamiento es un procedimiento consagrado por los tiempos que se considera un preludio necesario a toda actividad física. La creencia es que calentar ayudará a los nadadores a prepararse tanto fisiológica como mentalmente para la inminente competición o entrenamiento. La vuelta a la calma, o el aflojamiento como también se le conoce, permite a los nadadores recuperarse más rápidamente después de una competición o una sesión de entrenamiento.

El calentamiento

En esta sección describiré los beneficios que aporta el calentamiento y los procedimientos que los nadadores deben utilizar para realizarlo. Como parte del mismo tema, también hablaré de los beneficios de practicar masajes antes

y después de la competición y del beneficio de hiperventilar justo antes del comienzo de las carreras.

Los beneficios del calentamiento

Como se ha indicado, calentarse tiene beneficios tanto fisiológicos como mentales. Fisiológicamente un buen calentamiento prepara el sistema circulatorio para suministrar más oxígeno a los músculos y prepara éstos para utilizar este oxígeno más rápidamente. El calentamiento estira las articulaciones y los músculos, aumentando su rango de movimiento para que los nadadores puedan ejecutar las destrezas de la natación con más eficacia y pericia. Calentar aumenta la velocidad de la contracción muscular para que el nadador pueda realizar movimientos potentes inmediatamente cuando comienza la carrera, y reduce la posibilidad de sufrir lesiones en los músculos y las articulaciones.

El calentamiento puede servir como un período de ensayo físico y mental para la competición inmediata y puede ayudar a los nadadores a ajustarse al ambiente de lugares diferentes de competición. Los nadadores pueden utilizar el calentamiento para ensayar físicamente trabajando las técnicas de brazada,perfeccionando las salidas y los virajes para la competición inmediata, y practicando la velocidad y la frecuencia de brazada para las diversas pruebas con objeto de prepararse a ejecutar dichos procedimientos con precisión y eficacia durante la competición.

Los nadadores pueden también ensayar mentalmente la carrera durante el calentamiento. Al nadar suavemente por la piscina o al realizar las repeticiones de velocidad máxima o a la velocidad competitiva pueden planificar su carrera y concentrarse en los aspectos de su actuación que les llevará al éxito.

Los nadadores pueden acostumbrarse a su entorno durante el calentamiento. Cada piscina ofrece una sensación diferente y presenta problemas distintos relacionados con las señales de identificación, como las

banderas, los poyetes y otros elementos que los nadadores utilizan durante la carrera. Ellos deben utilizar el período de calentamiento para acostumbrarse a dicho entorno para poder ejecutar sus salidas y virajes con precisión.

Los parámetros del calentamiento

Los entrenadores y los nadadores deben comprender varios temas del calentamiento antes de que puedan establecer un protocolo inteligente. Éstos se relacionan con la intensidad, la duración y el momento de realizar el calentamiento.

La intensidad

Durante una época la opinión dominante fue que calentar sólo sería eficaz si era lo bastante riguroso para elevar la temperatura de los músculos por encima del nivel normal (deVries, 1974). Sabemos ahora que un calentamiento vigoroso puede perjudicar el rendimiento si provoca una fatiga precompetitiva. Hermiston y O'Brien (1972) llegaron a esta conclusión cuando estudiaron a un grupo de sujetos que realizaron dos carreras simuladas de 220 yardas en tapiz rodante. Los sujetos hicieron una carrera después de un calentamiento de 10 min al 60% de $\dot{V}O_2$ máx. Hicieron la segunda carrera después de calentar a una intensidad del 30% de $\dot{V}O_2$ máx. El costo de oxígeno de la carrera después del calentamiento más intenso fue mayor que para la carrera precedida del calentamiento de baja intensidad.

Houmard y colaboradores (1991) también encontraron que un calentamiento que consistía en nadar a baja intensidad funcionó mejor que procedimientos más vigorosos para nadadores de competición. Compararon los efectos de los siguientes procedimientos de calentamiento sobre el rendimiento en unas tomas de tiempo de 400 yardas: (1) sin calentamiento;

(2) un calentamiento de una repetición de 1.500 m a baja intensidad; (3) un calentamiento de 4 x 50 m con tiempo de salida de 1 min, y (4) una combinación de una repetición de 1.500 m a intensidad baja y 4 x 50 m con un tiempo de salida de 1 min. Concluyeron que la repetición a baja intensidad mejoró más el rendimiento y que incluir un poco de natación de alta intensidad no mejoró el efecto. Otros estudios (DeBruyn-Prevost y Lefebvre, 1980; Genovely y Stanford, 1982) han encontrado resultados similares.

Basándose en éste y otros estudios, la opinión de la mayoría de los investigadores actuales es que los nadadores deben calentar con un esfuerzo moderado. El esfuerzo debe ser suficiente para estimular la circulación sanguínea, calentar la piel y los vasos sanguíneos superficiales sin ser tan vigoroso que cause fatiga. Los calentamientos diseñados para elevar la temperatura de los músculos causarán fatiga porque deben ser tan intensos que harán que se acumule el ácido láctico en los músculos. Esto, a su vez, puede reducir el pH muscular por debajo de su nivel neutro de 7,0, de manera que los nadadores pueden estar un poco acidóticos cuando empiezan la carrera, acelerando la disminución del pH muscular a los niveles que causan fatiga e interfieren con el rendimiento. Por esta razón, los nadadores deben realizar el calentamiento a una intensidad por debajo de su umbral aeróbico. Éste debe ser lo bastante intenso como para aumentar el riego sanguíneo sin causar una acumulación de ácido láctico en los músculos.

La intensidad ideal para un calentamiento parece estar entre el 30% y el 50% del $\dot{V}O_2$ máx, que es similar a esfuerzos fáciles entre el 20% y el 40% de la velocidad máxima (Chwalbinska-Moneta y Hanninen, 1989; Ingjer y Strommer, 1979; Martin *et al.*, 1975).

Aunque los nadadores deben realizar la mayor parte del calentamiento a una intensidad baja, deben incluir en él un poco de natación vigorosa a velocidad competitiva con el propósito de ensayar la carrera aunque dicho esfuerzo cause la acumulación de un poco de ácido láctico. Ensayar el ritmo apropiado para las carreras es lo bastante importante para el éxito como para hacer una excepción a la regla de mantener el calentamiento en un nivel de intensidad baja. Pero los nadadores deben limitar las repeticiones a velocidad competitiva al mínimo y realizarlas por lo menos 20 min antes del comienzo de la primera prueba para que tengan tiempo suficiente para eliminar el ácido

láctico que se ha acumulado.

La duración

Existe poca información científica para ayudar a determinar la duración óptima del calentamiento. DeVries (1974) y otros expertos recomiendan una duración de 15 a 30 min. Yo recomiendo 30 min o más porque es el tiempo que se tardaría en completar todos los procedimientos que deben componer un buen calentamiento.

La proximidad de la competición

Los nadadores deben terminar las partes vigorosas del calentamiento, las repeticiones a velocidad máxima y a la velocidad competitiva, de 15 a 30 min antes del comienzo de la prueba. Hacerlo así proporcionará bastante tiempo para eliminar el ácido láctico de los músculos y devolver el pH al nivel normal. Deben continuar las partes menos vigorosas del calentamiento hasta no más de 5 min antes de la competición. El mejor método puede ser incluso continuar nadando suavemente hasta que les llamen para la salida.

Los procedimientos del calentamiento

La parte principal del calentamiento debe ser un período razonable de natación suave. Esta actividad permitirá a los mecanismos de consumo de oxígeno de los nadadores responder más rápidamente cuando empieza la carrera para que lleguen más deprisa a un nivel óptimo de consumo de oxígeno. Como resultado, deben poder nadar más lejos y más rápidamente antes de fatigarse.

Además de aumentar el riego sanguíneo y el consumo de oxígeno, los nadadores deben incluir actividades en el calentamiento que aumenten el rango de movimiento, su mecánica de brazada y su sentido del ritmo apropiado. Otro objetivo es concentrarse en la estrategia de la carrera. La investigación disponible y las experiencias descritas por los entrenadores y nadadores destacados sugieren los siguientes procedimientos para el calentamiento. Incluyen la natación de baja intensidad para aumentar el riego sanguíneo y el consumo de oxígeno, además de actividades para aumentar el rango de movimiento y la eficacia de la brazada. También se presta atención a practicar la salida y los virajes. Finalmente, incluyen un ensayo físico de la carrera en forma de repeticiones a la velocidad competitiva.

1. *Estiramientos*. Antes de entrar en el agua, los nadadores deben pasar 5 ó 10 min haciendo algunos ejercicios de flexibilidad. Deben prestar especial atención a aumentar el rango de movimiento en las articulaciones de los tobillos, los hombros y la región lumbar. Los bracistas también deben estirar las ingles y las rodillas.
2. *La natación suave*. El paso siguiente es nadar suavemente durante 10 a 20 min, con un esfuerzo del 20% al 40%. Deben incluirse ejercicios de natación, de sólo brazos, sólo piernas y de brazada que les ayuden a ensayar la mecánica de la brazada durante estos largos. Los competidores deben nadar hasta que se sientan sueltos, eficientes y potentes. Es un buen momento para que ensayen la prueba mentalmente. Deben planificar la velocidad que pretenden utilizar, sea uniforme o rápida-lenta. También deben planificar las estrategias ofensivas que pretenden utilizar y repasar los procedimientos para contrarrestar las estrategias defensivas que puedan utilizar sus contrincantes. Deben visualizarse nadando la carrera correctamente y con éxito. Deben concentrarse intensamente, fijando sus miras en la prueba inminente mientras que excluyen de su mente los factores que podrían interferir con su objetivo de tener un buen rendimiento.
3. *Salidas y virajes*. Los nadadores deben practicar estas dos destrezas en algún momento del principio del calentamiento. Deben también practicar la salida de relevos si van a competir en una carrera de relevos. Deben ejecutar la salida con la posición hidrodinámica

apropiada, el batido de delfín si lo utilizan y una buena brazada subacuática para llevarles a la superficie. Nadar desde las banderas hasta el viraje y vuelta hasta las banderas no es la mejor manera de practicar dicha destreza. Los nadadores pueden aprender a ajustar su aproximación al viraje cuando están nadando suavemente al principio del calentamiento. Luego deben realizar sus repeticiones a la velocidad competitiva con buenas salidas y virajes. No deben dejar la piscina hasta que confíen en que podrán efectuar una buena salida y unos buenos virajes a la velocidad competitiva.

4. *Repeticiones a la velocidad competitiva y a velocidad máxima*. Luego los nadadores deben realizar algunas repeticiones a la velocidad competitiva para ensayar las velocidades que utilizarán en su prueba. La distancia de 25 m es ideal para las pruebas de 50 y 100, y la de 50 a 100 es suficiente para practicar las velocidades para las pruebas más largas. Se deben registrar la frecuencia de brazada y contar el número de las mismas durante estas repeticiones si los nadadores utilizan dichas medidas para ayudarles a escoger el ritmo apropiado para la prueba. El ritual normal de nadar unas pocas repeticiones de 25 a velocidad máxima no es necesario. No obstante, a muchos nadadores les gusta nadar a velocidad máxima antes de competir. Deben terminar todas las repeticiones a velocidad máxima y a la competitiva por lo menos 15 min antes del comienzo de la primera prueba.

5. *Mantener el efecto del calentamiento*. El procedimiento sugerido es terminar el calentamiento justo antes de acudir a los poyetes para el comienzo de una prueba. La última parte del calentamiento debe constar de natación suave. Terminar un calentamiento justo antes de competir no es siempre posible. Es desafortunado porque el efecto del calentamiento puede disminuir si pasa un tiempo prolongado después de terminar el período del calentamiento y antes del comienzo de la primera prueba. Por lo tanto, cuando sea posible, los nadadores deben entrar otra vez en el agua durante 5 ó 10 min para nadar suavemente antes de la hora de la prueba. Dicha actividad les preparará para la carrera aumentando el riego sanguíneo y el consumo de oxígeno sin causarles fatiga.

Los procedimientos sugeridos para el calentamiento

1. Estirar los tobillos, los hombros y la región lumbar durante 5 a 10 min. Los bracistas también deben estirar las ingles y las rodillas.
2. Nadar suavemente durante 10 a 20 min. Utilizar los ejercicios de brazada para ensayar las destrezas.
3. Practicar la salida y los virajes.
4. Nadar distancias de 25, 50 ó 100 a velocidad competitiva.
5. Nadar unas repeticiones de 25 a velocidad máxima si se quiere.
6. Volver a la calma nadando suavemente durante 2 a 5 min. Terminar unos 15 min antes del comienzo de la prueba.
7. Reentrar en el agua 5 ó 10 min antes de la hora de la prueba y nadar suavemente hasta que llamen para la prueba.

El masaje

Los masajes pre y poscompetición son populares entre los nadadores. Sin embargo, la evidencia científica no ha apoyado universalmente los beneficios de dichos procedimientos (Asmussen y Boje, 1945; Karpovich, 1965). No obstante, se puede presentar un argumento teórico fuerte que apoye los beneficios del masaje. Se presenta a continuación una lista de razones por las que se debe utilizar el masaje como procedimiento precompetitivo:

- La temperatura muscular puede aumentarse sin causar fatiga mediante el calor generado por el aceite y la fricción de las manos de la persona

que administra el masaje.

- La manipulación de los miembros del nadador por el terapeuta masajista debe aumentar la flexibilidad.
- La tensión muscular y la ansiedad precompetitiva pueden disminuir a causa de las combinaciones relajantes de una mayor temperatura corporal y la manipulación de las articulaciones.

También se ha utilizado el masaje para facilitar la recuperación después de la competición debido a la creencia de que aumenta la eliminación del ácido láctico de los músculos y de la sangre y su transporte a otros lugares del cuerpo donde puede ser metabolizado. Ésta parece una conclusión razonable. El masaje, cuando se realiza de forma correcta, debe ayudar a «exprimir» el ácido láctico fuera de los músculos y alejarlo de su punto de origen. Sin embargo, la investigación no ha apoyado el beneficio del masaje como procedimiento de recuperación. En un estudio, los investigadores compararon la recuperación activa, la recuperación pasiva y el masaje para comprobar su tasa de eliminación de lactato después del ejercicio (Gupta *et al.*, 1996). La recuperación activa eliminó la mitad del lactato sanguíneo acumulado en aproximadamente 15 min. El masaje y la recuperación pasiva requirieron aproximadamente 22 min para lograr los mismos resultados. Por consiguiente, los autores encontraron que el masaje no fue más eficaz para eliminar el lactato que simplemente descansar después del ejercicio. A pesar de la falta de apoyo científico, los beneficios posibles del masaje son impresionantes. Por lo tanto, yo aconsejaría utilizarlo antes y después de la competición. El masaje también puede ser útil para incrementar la recuperación después del entrenamiento.

La hiperventilación

Muchos nadadores y entrenadores creen que la hiperventilación contribuye al

rendimiento. Por lo tanto, hacen varias respiraciones profundas mientras esperan la salida de su prueba. Existe alguna base fisiológica para esta práctica, pero no por las razones normalmente ofrecidas.

La hiperventilación no aumenta el suministro de oxígeno antes de la competición. El oxígeno inhalado antes del comienzo de una carrera no puede almacenarse. En lugar de esto, es simplemente espirado con la próxima espiración. La hiperventilación es beneficiosa porque reduce el nivel de dióxido de carbono en la sangre de manera que los nadadores no sienten la necesidad de respirar hasta más tarde en la carrera. Esto les permite nadar las carreras de velocidad con menos respiraciones, y dado que respirar puede aumentar la resistencia, reducir el número de respiraciones puede mejorar el tiempo. Una reducción de la necesidad de respirar también puede ayudar a aumentar el rendimiento disminuyendo el estrés experimentado por los nadadores. La acumulación del dióxido de carbono, y no la privación del oxígeno, precipita las sensaciones de estar sin aliento y la necesidad de aire que experimentan los nadadores al principio de la carrera.

Los nadadores pueden disminuir el contenido del dióxido de carbono de la sangre realizando varias espiraciones largas y forzadas inmediatamente antes del comienzo de la carrera. Si los nadadores empiezan la carrera con una baja concentración de dióxido de carbono en la sangre, pasará más tiempo hasta que aumente al nivel en el que sienten un estímulo apremiante para respirar. La hiperventilación antes de la salida debe ser especialmente beneficiosa para las carreras de 25 y 50 m libres y de mariposa porque los nadadores tratan de realizar dichas pruebas tomando sólo de una a tres respiraciones. También puede ser beneficioso en la prueba de 50 m espalda porque muchos nadadores ahora utilizan un batido de delfín subacuático durante gran parte de ésta. Los nadadores que compiten en los 100 m libres, mariposa y espalda también pueden beneficiarse de la hiperventilación antes del comienzo de las pruebas, particularmente si planifican restringir su respiración al principio de las mismas.

Los nadadores deben empezar la hiperventilación mientras esperan detrás del poyete y continuar mientras se colocan en la parte trasera del mismo. Deben realizar varias grandes inhalaciones pero no masivas, seguidas de espiraciones largas y completas. Cinco o seis de estas exhalaciones deben ser

suficientes. No deben exagerar. Los nadadores pueden marearse e incluso desmayarse a causa de una hiperventilación excesiva.

Los nadadores no necesitan mantener la respiración cuando se colocan en el poyete después de la hiperventilación. En lugar de esto deben respirar normalmente después de oír la llamada a sus marcas. A la señal de la salida, deben realizar una gran inspiración al zambullirse en el agua. Esta inspiración, más la reducción del dióxido de carbono debido a la hiperventilación, debe permitirles nadar más lejos hasta que sientan la necesidad de respirar.

Aunque la hiperventilación debe proporcionar algún beneficio en las pruebas de 25, 50 e incluso 100, probablemente no tiene ningún efecto beneficioso en las carreras más largas. Los nadadores deben empezar a respirar con un ritmo normal justo después de zambullirse en el agua cuando compiten en pruebas más largas. Por consiguiente, no necesitan mantener la respiración en ningún momento durante la carrera excepto justo antes de la llegada.

La vuelta a la calma

Uno de los procedimientos postejercicio y postentrenamiento más importantes para los nadadores y que más a menudo se olvida es la vuelta a la calma. Los nadadores siempre deben nadar suavemente unos 800 a 1.200 m o yardas (10 a 20 min) después de terminar una carrera. Se recuperarán más rápidamente si lo hacen. Varios estudios han demostrado que se recuperarán el doble de rápido nadando en lugar de simplemente parándose y descansando al lado de la piscina (Bond *et al.*, 1987; Bonen y Belcastro, 1976; Krukau, Volker y Liesen, 1987). Nadar suavemente después de una prueba se denomina *recuperación activa* comparada con descansar, que se denomina *recuperación pasiva*.

El gráfico presentado en la figura 22.1 muestra que los nadadores pueden recuperarse en casi la mitad del tiempo si utilizan la recuperación activa en lugar de los procedimientos de recuperación pasiva.

Como ilustra el gráfico, el lactato sanguíneo cayó a cerca de los niveles de reposo en 30 min cuando los deportistas hicieron un ejercicio moderado inmediatamente después del ejercicio. Cuando los deportistas simplemente descansaron sin hacer ejercicio, tardaron 60 min para eliminar la misma cantidad de lactato.

La recuperación es más rápida con un ejercicio moderado porque la tasa de eliminación de lactato aumenta a causa de un mecanismo que se llama la *bomba muscular*. La contracción de los músculos ejerce un efecto exprimidor sobre las venas que empuja la sangre de vuelta al corazón con una tasa acelerada. A causa de dicha acción, el ácido láctico será eliminado de la sangre y transportado al corazón, al hígado y a otros músculos donde puede ser metabolizado. Por lo tanto, más ácido láctico deja los músculos donde fue producido y entra en la sangre donde puede ser eliminado más rápidamente.

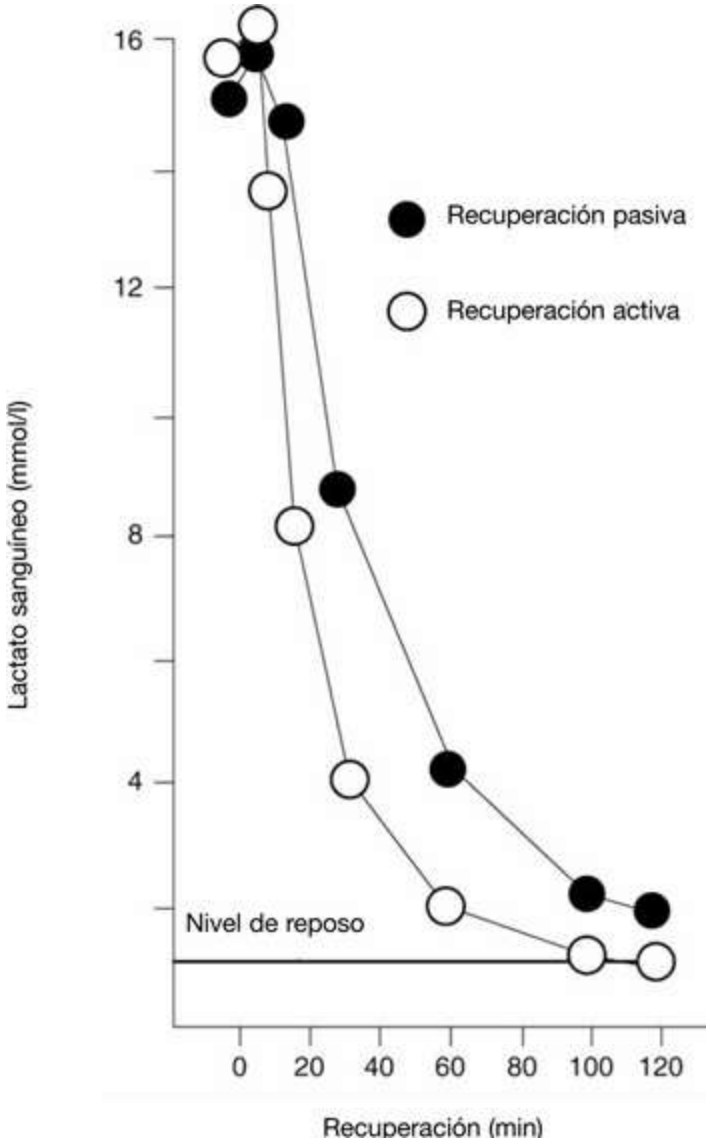


Figura 22.1. Los efectos de la recuperación activa y la pasiva en la eliminación del ácido láctico sanguíneo.

Adaptada de Wilmore y Costill, 1988.

El ejercicio moderado también permite una recuperación más rápida eliminando el dióxido de carbono de los músculos y suministrándoles oxígeno a una tasa más rápida. La tasa elevada de circulación mantenida durante el ejercicio moderado hará que más sangre llegue a los pulmones

cada minuto, donde liberará su dióxido de carbono y recogerá oxígeno. El oxígeno puede entonces ser transportado a los músculos, donde aumentará la tasa de eliminación de ácido láctico ayudando en el metabolismo de dicha sustancia para convertirla en glucosa.

Aunque se necesitaron 30 min de recuperación activa para devolver el ácido láctico sanguíneo a su nivel de reposo, la información presentada en la figura 22.1 muestra que la mayor parte del ácido láctico puede eliminarse durante los primeros 10 a 20 min después de una carrera. Por consiguiente, el pH muscular se normaliza o casi en este tiempo. Por esta razón, se recomiendan de 10 a 20 min para la natación de recuperación.

Los entrenadores tienen dificultades para persuadir a los competidores que naden tanto tiempo después de las carreras cuando sus compañeros de equipo están nadando en otras pruebas y cuando se están entregando los premios. No obstante, se debe animar a los nadadores a que lo hagan porque aumentarán sus posibilidades de nadar mejor en su próxima carrera. Un estudio demostró que los nadadores solían parar antes de recuperarse del todo a no ser que se les exigiera un largo período para la vuelta a la calma (Strozberg y Klar, 1998). Por lo tanto, los entrenadores deben recalcar la importancia de terminar la vuelta a la calma completamente.

La velocidad de natación utilizada en la vuelta a la calma debe ser suficiente para mantener una alta tasa de riego sanguíneo sin causar un gasto adicional de glucógeno muscular y la producción de ácido láctico. Los nadadores con una buena condición física probablemente pueden nadar del 30% al 50% de su velocidad máxima sin producir ácido láctico adicional y sin utilizar una cantidad significativa de glucógeno. Probablemente es innecesario escoger una velocidad particular para la vuelta a la calma. Un estudio de Bonen y Belcastro (1976) indicó que los nadadores generalmente escogerán la velocidad adecuada para la vuelta a la calma de forma intuitiva.

Bibliografía

Capítulo 1

Barthels, K. y M.J. Adrian. 1974. Three-dimentional spatial hand patterns of skilled butterfly swimmers. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por J.P. Clarys y L. Lewillie, 154-160. Baltimore: University Park Press.

Belokovsky, V. y E. Ivanchenko. 1975. A hydrokinetic apparatus for study and improvement of leg movements in breaststroke. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por J.P. Clarys y L. Lewillie, 64-69. Baltimore: University Park Press.

Berger, M.A.M., G. de Groot y A.P. Hollander. 1995. Hydrodynamic drag and lift forces on human hand/arm models. *Journal of Biomechanics* 28 (2): 125-33.

Bixler, B. 1999. The computational fluid dynamics analysis of a swimmer's hand and arm. Informe presentado al Comité de Medicina Deportiva de U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Brown, R.M. y J.E. Counsilman. 1971. The role of lift in propelling swimmers. En *Biomechanics*, editado por J.M. Cooper, 179-88. Chicago, IL: Athletic Institute.

Cappaert, J. 1992. Fluid forces on the hands and forearms. Capítulo 12 en *International Center for Aquatic Research Annual: Studies by the International Center for Aquatic Research 1991-92*, editado por J. Troup, 93-98. Colorado Springs; United States Swimming Press.

Cappaert, J. 1993. *Biomechanical Analysis of the Swimming Events in the 1992 Summer Olympic Games*. Informe publicado y distribuido por U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Colwin, C. 1984. Fluid dynamics: Vortex circulation in swimming propulsion. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 38-46. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Colwin, C. 1992. *Swimming into the 21st Century*. Champaign, IL: Leisure Press.

Counsilman, J.E. 1968. *The Science of Swimming*. Englewood Cliffs,NJ. Prentice-Hall.

Counsilman, J.E. 1977. *Competitive Swimming Manual for Coaches and Swimmers*. Bloomington, IN: Counsilman Co.

Czabanski, B y T. Koszyczyc. 1979. Relationship between stroke asymmetry and speed of breaststroke swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 148-52. Baltimore: University Park Press.

Ferrell, M.D. 1991. An analysis of the Bernoulli lift effect as a propulsive component of swimming strokes. Tésis de Máster, Stae University of New York at Cortland, Cortland.

Hay, J.G. y J.G. Reid. 1988. *Anatomy, Mechanics, and Human Motion*. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Hinrichs, R. 1986. Biomechanics of butterfly. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T. Johnston, J. Woolger y D. Scheider,94. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Hollander, A.P. y G. de Droot, G.J. van Ingen Schneau, R. Kahman y H.M. Toussaint. 1988. Contributions of the legs to propulsion in front crawl swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming Science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 39-43. Champaign, IL: Human Kinetics.

Holt, L.E. y J.B. Holt. 1989. Swimming velocity with and without lift forces. Trabajo sin publicar, Sports Science Laboratory, Dalhousie University, Dalhousie, Canadá. Citado en B. Rushall, E.J. Sprigings, L.E. Holt, y P.R. Frances, Forces in swimming– – Current status, *Swimming Coaches Science Bulletin*, 1994, 2 (4):1-24.

Luedtke, D. 1986. Backstroke biomechanics. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T. Johnston, J. Woolger y D. Scheider, 95. Fort Lauderdale, Fla: American Swimming Coaches Association.

Lyttle, A., B. Blanksby, B. Elliott y D. Lloyd. 1999. The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Journal of Swimming Research* 13:15-22.

Maglischo, C.W.,E.W. Maglischo, J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, R.E. Schleihauf y A. Thayer. 1986. A biomechanical analysis of the 1984 U.S. Olympic swimming team: The distance freestylers. *Journal of Swimming Research* 2 (3):12-16.

Plagenhoff, S. 1971. *Patterns of Human Motion*. Englewoods Cliffs,NJ: Prentice-Hall.

Reischle, K. 1979. A kinematic investigation of movement patterns in swimming with photo-optical methods. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 97-104. Baltimore: University Park Press.

Schleihauf, B. 1978. Swimming propulsion : A hydrodynamic analysis. En *ASCA World*

Clinic Yearbook, editado por R.M. Ousley, 49-85. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Schleihauf, R.E., Jr. 1979. A hydrodynamic analysis of swimming propulsion. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 70-109. Baltimore: University Park Press.

Schleihauf, R.E. 1984. The biomechanical analysis of swimming propulsion in the sprint front crawl stroke. Disertación doctoral. Columbia University. Nueva York.

Schleihauf, R.E., J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C.W. Maglischo, E.W. Maglischo y A. Thayer. 1984. Biomechanics of swimming propulsion. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.R. Welsh, 19-24. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Silvia, C.E. 1970. *Manual and Lesson Plans for Basic Swimming, Water Stunts, Lifesaving, Springboard Diving, Skin and Scuba Diving*. Springfield, Mass.: publicado por el autor.

Thayer, A.M. 1990. Hand pressures as predictors of resultant propulsive hand forces in swimming. Disertación doctoral. University of Iowa, Iowa City.

Toussaint, H.M. 1988. *Mechanics and Energetics of Swimming*. Amsterdam: publicado por el autor.

Toussaint, H.M., C. van den Berg y W.J. Beek. 2000. *Pumped-up Propulsion During Front Crawl Swimming*. ISBS 2000 (en línea). Editado por R. Sanders.

Watkins, J. y A.T. Gordon. 1983. The effects of leg action on performance in sprint front crawl stroke. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 14, *Biomechanics and Medicine in swimming* editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 310-314. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 2

Cappaert, J.M., D.L. Pease y J.P. Troup. 1996. Biomechanical highlights of world champion and Olympic swimmers. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 76-80. Nueva York: E & FN Spon.

Chatard, J.C., D. Chollet y G. Millet. 1998. Effects of draft swimming on performance and drag. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 46. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Clarys, J.P. 1979. Human morphology and hydrodynamics. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 3-41. Baltimore: University Park Press.

Counsilman, J.E. 1955. Forces in swimming two types of crawl stroke. *Research Quarterly* 26 (2): 127-139.

Glazkov. A.B. y A.N. Denentyev. 1977. Determining tractive force and hydromechanical resistance operating during swimming. *Teoriya I Praktika Fizicheskoi Kultury* 9:20-23. Traducido en *Yessis Review* 13 (2): 48-51.

Hay, J.G. 1985. The Biomechanics of Sports Techniques. Englewoods Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Hay, J.G. 1986. The status of research on the biomechanics of swimming. En *Starting, Stroking & Turning*, editado por J.G. Hay 53-76. Iowa City; Biomechanical Laboratory, University of Iowa.

Hay, J.G. 1988. The status of research on the biomechanics of swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming V*, editado por B. E. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 3-14. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hay J.G. y A.M. Thayer. 1989. Flow visualization of competitive swimming techniques: The tufts method. *Journal of Biomechanics* 22 (1): 11-19.

Kolmogorov, S.V. y O.A. Duplishcheva. 1992. Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics* 25 (3): 311-318.

Kolmogorov, S.V. y O.A. Rumyantseva. 1998. Measurement of active drag. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 83. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Miyashita, M. 1997. Water resistance in relation to body size. En *The Bio-Physics of Swimming: Three Decades of Research*, 4-9, Tokio: University of Tokyo.

Northrip, J.W., G.A., Logan y W.C. McKinney. 1974.*Introduction to Biomechanic Analysis of Sport*. Dubuque: Wm. C. Brown.

Ohmichi, H., M. Takamoto y M. Miyashita. 1983. Measurement of waves caused by swimmers. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 14, *Biomechanics and Medicine in swimming* editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 103-107. Champaign, IL: Human Kinetics.

Pendergast, D.R., P.E. diPrampero, A.B. Craig, D.R. Wilson y D.W. Rennie. 1977. Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *Journal of Applied Physiology* 43:475-79.

Prandtl, L. y O.G. Tietgens. 1957. *Applied Hydro- and Aerodynamics*. Nueva York: Dover Press.

Rouard, A.H. y R.P. Billat. 1990. Influences of sex and level of performance on freestyle stroke: An electromyography and kinematic study. *International Journal of Sports Medicine* 11: 150-155.

Sharp, R.L. y D.L. Costill. 1989. Influence of body hair removal on physiological responses during breaststroke swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21 (5), 576-580. Sidney, M., G. Falgairette, B. Fustier, B. Morlon y B. Ria. 1997. Biomechanic analysis of swimming performances. *Perceptual and Motor Skill* 85 (1) 167-177.

Strojnik, V., J. Bednarik y B. Strombelj. 1998. Active and passive drag in swimming. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 132. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Toussaint, H.M., G de Groot, H.H.C.M. van de Savelberg, K. Vervoorn, A.P. Hollander y G.J. van Ingen Schneau. 1988. Active drag related to velocity in male and female swimmers. *Journal of Biomechanics* 21: 435-438.

Vaart, A.J.M., H.H.C.M. van de Savelberg, G de Groot, A.P. Hollander, H.M. Toussaint y G.J. van Ingen Schneau. 1987. An estimation of active drag in front crawl swimming. *Journal of Biomechanics* 20: 543-546.

Watkins, J., y A.T. Gordon. 1983. The effects of leg action on performance in the sprint front crawl stroke. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 14, *Biomechanics and medicine in swimming* editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 310-314. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 3

Cappaert, J. 1993. *Biomechanical Analysis of the Swimming Events in the 1992 Summer Olympic Games*. Informe publicado y distribuido por U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Cappaert, J. 1997. Increasing arm power: Hip rotation and its relationship to pulling pattern force during the freestyle. Coaches' Quarterly 4 (1): 8-9. Colorado Springs: U.S.A. Swimming.

Counsilman, J.E. 1968. *The Science of Swimming*. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall.

Counsilman, J. y J. Wasilak. 1982. The importante of hand speed and hand acceleration. En *1981 ASCA World Clinic Yearbook*, editado por R.M. Ousley, 41-45. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Kennedy, J.C. 1978. Orthopaedic manifestations. En *International Series on Sport Sciences. Vol 6, Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 94-97. Baltimore: University Park Press.

Maglischo, C.W.,E.W. Maglischo, J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, R.E. Schleihauf y A. Thayer. 1986. A biomechanical analysis of the 1984 U.S. Olympic swimming team: The distance freestylers. *Journal of Swimming Research* 2 (3):12-16.

Mason, B.R., Z. Tong, y R.J. Richards. 1992. Propulsion in the butterfly stroke. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*: Swimming Science VI, editado por D. Maclaren, T. Reilly y A. Lees, 81-86. Nueva York: E & FN Spon.

Payton, C.J., J.G. Hay y D.R. Mullineaux. 1997. The effect of body roll on hand speed and hand path in front crawl swimming: A simulation study. *Journal of Applied Biomechanics* 13: 300-315.

Payton, C.J., R.M. Bartlett y V. Baltzopoulos. 1998. The contribution of body roll to hand speed in front crawl swimming. An experimental study. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 109. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Prichard, B. 1993. A new swim paradigm: Swimmers generate propulsion from the hips. *Swimming technique* 30(1): 17-23.

Sanders, R.H. 1996. Breaststroke technique variations among New Zealand Pan Pacific squad members. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 64-69. Nueva York: E & FN Spon.

Sanders, R.H., J.M. Cappaert y R.K. Devlin. 1995. Wave characteristics of butterfly swimmers. *Journal of Biomechanics* 28(1): 9-16.

Schleihauf, R.E. Jr. 1986. Biomechanics. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T. Johnston, J. Woolger y D. Scheider, 88-93. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Silvia, C.E. 1970. *Manual and Lesson Plans for Basic Swimming, Water Stunts, Lifesaving, Springboard Diving, Skin and Scuba Diving: Methods of Teaching*. Springfield, MA: publicado por el autor.

Van Tilborgh, L., E.J. Willens, y U. Persyn. 1988. Evaluation of breaststroke propulsión and resistance-resultant impulses from film analysis. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 67-71. Champaign, IL: Human Kinetics.

Videler, J. 1981. Swimming movements, body structure and propulsion. *Cod Gadusmorhua,*

Symposia of the Zoological Society of London 48:1-27.

Capítulo 4

Adrian, M., M. Singh y P. Karpovich. 1966. Energy cost of leg kick, arm stroke and whole stroke. *Journal of Applied Physiology* 21:1763-1766.

Allen, R.H. 1948. A study of the leg stroke in swimming the crawl stroke. Tésis de Máster, State University of Iowa, Iowa City.

Astrand, P. 1978. Aerobic power in swimming. En *International Series on Sport Sciences. Vol 6, Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 127-131. Baltimore: University Park Press.

Boomer, W.L. 1996. *Competitive swimming*. Conferencia presentada en la Universidad de Tejas-Austin, Austin.

Charbonnier, J.P., J.P. Lacour, J. Rigffal, y R. Flandrois. 1975. Experimental study of the performance of competitive swimmers. *Journal of Applied Physiology* 34: 157-167.

Clarys, J.P. 1979. Human morphology and hydrodynamics. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 3-41. Baltimore: University Park Press.

Counsilman, J.E. y J. Wasilak. 1982. The importante of hand speed and hand acceleration. En *1981 ASCA World Clinic Yearbook*, editado por R.M. Ousley, 41-45. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Deschodt, V.J., A.H. Rouard y K.M. Monteil. 1996. Relationships between the three coordinates of the upper limb joints with swimming velocity. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 52-58. Nueva York: E & FN Spon.

Holmer, I. 1974. Energy cost of the arm stroke, leg kick and the whole stroke in competitive swimming style. *Journal of Applied Physiology* 33: 105-18.

Levinson, D.A. 1987. Internal stroke motions and the effective coaching of stroke mechanics. *Journal of Swimming Research* 3 (3): 21-28.

Maglischo, C.W.,E.W. Maglischo, J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, R.E. Schleihauf y A. Thayer. 1986. A biomechanical analysis of the 1984 U.S. Olympic swimming team: The distance freestylers. *Journal of Swimming Research* 2 (3):12-16.

Miyashita, M. 1977. Fluctuations of swimming speed in the crawl stroke. En *The Bio-Physics of Swimming*, 7-13. Tokio, The University of Tokyo.

Pendergast, D.R., P.E. diPrampero, A.B. Craig, D.R. Wilson y D.W. Rennie. 1977. Quantitative analysis of the front crawl in men and women. *Journal of Applied Physiology* 43:475-79.

Persyn, U., J. De Maeyer, y H. Vervaecke. 1975. Investigation of the hydrodynamic determinants of competitive swimming strokes. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por J.P. Clarys y L. Lewillie, 214-222. Baltimore: University Park Press.

Schleihauf, R.E., J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C.W. Maglischo, E.W. Maglischo y A. Thayer. 1984. Biomechanics of swimming propulsion. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 19-24. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Schleihauf, R.E., J.R. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C. Maglischo, E. Maglischo y A. Thayer. 1988. Propulsive techniques: Front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststoke. *En International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 53-60. Champaign, IL: Human Kinetics.

Watkins, J. y A.T. Gordon. 1983. The effects of leg action on performance in sprint front crawl stroke. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 14, *Biomechanics and Medicine in swimming* editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 310-314. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 5

Alves, F., P. Cunha, y J. Gomes-Pereira. 1998. Kinematic changes with inspiratory actions in butterfly swimming. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 32. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Barthels, K, y M.J. Adrian. 1971. Variability in the dolphin kick under four conditions. En *First International Symposium on Biomechanics in Swimming, Waterpolo and Diving Proceedings*, editado por L. Lewillie y J.P. Clarys, 105-8. Bruselas: Université Libre de Bruxelles Laboratoire de L'effort.

Boomer, B. 1996. Conversación con el autor, octubre. Philadelphia.

Cappaert, J. 1993. *Biomechanical Analysis of the Swimming Events in the 1992 Summer*

Olympic Games. Informe publicado y distribuido por U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Hahn, A. y T. Krug. 1992. Application of knowledge gained from coordination of partial movements in breaststroke and butterfly swimming for the development of technical training. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*: Swimming Science VI, editado por D. McLaren, T. Reilly y A. Lees, 161-171. Nueva York: E & FN Spon.

Lyttle, A., B. Blanskby, B. Elliott y D. Lloyd. 1998. Optimal depth for streamlined gliding. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 32. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Maglischo, E.W. 1984. A 3-dimensional cinematographical analysis of competitive swimming strokes. En *1983 ASCA World Clinic Yearbook*, editado por R.M. Ousley, 1-14. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Mason, B.R., Z. Tong, y R.J. Richards. 1992. Propulsion in the butterfly stroke. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*: Swimming Science VI, editado por D. Maclaren, T. Reilly y A. Lees, 81-86. Nueva York: E & FN Spon.

Sanders, R.H. 1996. Some aspects of butterfly technique of New Zealand Pan Pacific squad members. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 23-28. Nueva York: E & FN Spon.

Sanders, R.H., J.M. Cappaert, y R.K. Devlin 1995. Wave characteristics of butterfly swimming. *Journal of Biomechanics* 28 (1): 9-16.

Schleihauf, R.E., J.R. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C. Maglischo, E. Maglischo y A. Thayer. 1988. Propulsive techniques: Front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststoke. *En International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 53-60. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 6

Arellano, R., A. Gavilán y F. García. 1996. La natación ondulatoria subacuática, técnica, aprendizaje y entrenamiento. *NSW* 18 (4): 4-12.

Cappaert, J. 1993. *Biomechanical Analysis of the Swimming Events in the 1992 Summer Olympic Games*. Informe publicado y distribuido por U.S.A. Swimming, Colorado Springs.

Craig, A.B., P.L. Skehan, J.A., Pawelczyk, y W.L. Boomer. 1985. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 17 (6): 625-634.

Luedtke, D. 1986. Backstroke biomechanics. En *1985 ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T. Johnston, J. Woolger y D. Scheider, 95. Fort Lauderdale, Fla: American Swimming Coaches Association.

Lyttle, A., B. Blanksby, B. Elliott y D. Lloyd. 1998. The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Journal of Swimming Research* 13:15-22.

Maglischo, E.W. 1998. Observaciones no publicadas de frecuencias de brazada durante las competiticiones nacionales e internacionales. Conferencia presentada en un Seminario de entrenadores organizado por Maglischo, Arizona State University, Tempe.

Maglischo, C.W., E.W. Maglischo, D. Luedtke, R.E. Schleihauf, J. Higgins, A. Thayer y R, Hinrichs. 1987. The swimmer. A study of propulsion and drag. *SOMA* 2 (2): 40-44.

Maglischo, C.W., E.W. Maglischo, y T.R. Santos. 1987. The relationship between the forward velocity of the center of gravity and the hip in the four competitive strokes. *Journal of Swimming Research* 3 (2): 11-17.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch. 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Baltimore: Wiliams & Wilkins.

Schleihauf, R.E., J. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C. Maglischo, E. Maglischo y A. Thayer. 1984. Biomechanics of swimming propulsion. En *1983 ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 19-24. Fort Lauderdale. FL: American Coaches Swimming Association.

Schleihauf, R.E., J.R. Higgins, R. Hinrichs, D. Luedtke, C. Maglischo, E. Maglischo y A. Thayer. 1988. Propulsive techniques: Front crawl stroke, butterfly, backstroke, and breaststoke. *En International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 53-60. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 7

Belokovsky, V. y E. Ivanchenko. 1975. A hydrokinetic apparatus for the study and improvement of leg movements in the breaststroke. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por L. Lewillie y J.P. Clarys, 64-69. Baltimore: University Park Press.

Counsilman, J.E. 1968. *The Science of Swimming*. Englewood Cliffs, NJ. Prentice-Hall.

Craig, A.B. Jr., W.L. Boomer y P.L. Skehan. 1988. Patterns of velocity, in breaststroke swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 73-77. Champaign, IL: Human Kinetics.

Czabanski, B. 1975. Assymetry of the lower limbs in breaststroke swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por L. Lewillie y J.P. Clarys, 207-213. Baltimore: University Park Press.

Czabanski, B y T. Koszczyc. 1979. Relationship between stroke asymmetry and speed of breaststroke swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 148-52. Baltimore: University Park Press.

Maglischo, E.W. 1999. Unpublished observations of the forward velocity of breaststroke swimmers based on both centre of mass and velocity meter tracings. Conferencia presentada en el Seminario para Entrenadores de Maglischo, 25-26 de junio, Washington, D.C.

Mason, B.R., S.G. Patton y A.P. Newton. 1989. Propulsion in breaststroke swimming. En *Proceedings of the VII International Symposium on Biomechanics in Sports*, editado por W.E. Morrision, 257-267. Melbourne, Australia: Footscray Institute of Technology.

Miyashita, M. 1997. Mechanical power in swimming the breaststroke. *The Bio-Physics of Swimming: Three Decades Of Research*, 10-13. Tokio: The Graduate School of Education, University of Tokyo, Tokio: Japón.

Nimz, R., U. Rader, K. Wilke y W. Skipka. 1988. The relationship of anthropometric measures to different types of breaststroke kicks. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 115-119. Champaign, IL: Human Kinetics.

Sanders, R.H. 1996. Breaststroke technique, variations among New Zealand Pan Pacific squad swimmers. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 64-69. Nueva York: E & FN Spon.

Sanders, R.H., J.M. Cappaert y R.K. Devlin. 1995. Wave characteristics of butterfly swimming. *Journal of Biomechanics* 28(1): 9-16.

Thayer, A., R.E. Schleihauf, J.R. Higgins, R. Hinrichs, D.L. Luedtke,C.W. Maglischo y E.W. Maglischo. 1986. Ahydrodynamic analysis of breaststroke swimmers. En *Starting, Stroking & Turning*, editado por J.G. Hay 131-143. Iowa City: Biomechanical Laboratory, Dept. of Exercise Science, University of Iowa.

Vervaecke, H.U.B y U.J.J. Persyn. 1979. Effectiveness of the breaststroke leg movement in relation to selected time-space, anthropometric, flexibility, and force data. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 320-328. Baltimore: University Park Press.

Capítulo 8

Allen, D.M. 1997. *A kinetic and kinematic comparison of the grab and track start in swimming*. Tesis de Master sin publicar, Universidad de Wisconsin, La Grosse, La Grosse, WI.

Arellano, R., F.J. Moreno, M. Martinez y A. Ona. 1996. A device for quantitative measurement of starting time in swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VII*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 195-200. Nueva York: E & FN Spon.

Ayalon,A., B. Van Gheluwe y M. Kanitz. 1975. A comparison of four styles of racing start in swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por L. Lewillie, y J.P. Clarys, 233-240. Baltimore: University Park Press.

Beritzhoff, S.T. 1974. *The relative effectiveness of two breaststroke starting techniques among selected intercollegiate swimmers*. Tésis de Máster, California State University, Chico, CA.

Blanksby, B.A., D.G. Gathercole y R.N. Marshall. 1996. Force plate and video analysis of the tumble turn by age-group swimmers. *Journal of Swimming Research* 11: 40-45.

Bloom, J.A., W.W. Hosler y J.G. Disch. 1978. Differences in flight, reaction, and movement time for the grab and conventional starts. *Swimming Technique* 15(2): 34-36.

Bosco, C., y P.V. Komi. 1979. Mechanical characteristics and fiber composition of human leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology*, 41: 275-284.

Bosco, C., y P.V. Komi. 1980. Influence of aging on the mechanical behavior of leg extensor muscles. *European Journal of Applied Physiology,* 45: 205-219.

Bowers, J.E. y P.R. Cavanaugh. 1975. A biomechanical comparison of the grab and conventional sprint starts in competitive swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por L. Lewillie, y J.P. Clarys, 225-232. Baltimore: University Park Press.

Cavanaugh, P.R., J.V. Palmgren y B.A. Kerr. 1975. A device to measure forces at the hand during the grab start in swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 2, *Swimming II*, editado por L. Lewillie, y J.P. Clarys, 43-50. Baltimore: University Park Press.

Chow, J.P., J.G. Hay, B.D. Wilson y C. Imel. 1984. Turning techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Sciences* 2:241-255.

Counsilman, J.E., B.E. Counsilman, T. Nomura, y M. Endo. 1988. Three types of grab starts for competitive swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, *Swimming science V*, editado por B.E. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 81-91. Champaign, IL: Human Kinetics.

Enoka, R.M. 1971. The effect of different lengths of run-up on the height to which a spiker in volleyball can reach. *New Zealand Journal of Health, Physical Education and Recreation* 4(5):15.

Guimares, A.C.S. y J.G. Hay. 1985. A mechanical analysis of the grab starting technique in swimming. *International Journal of Biomechanics* 1 (1): 25-35.

Hanauer,E. 1967. The grab start. *Swimming World and Junior Swimmer* 8:5,42.

Hanauer, E.S. 1972. Grab start. 1972. *Swimming World and Junior Swimmer* 13 (4):8-9, 54-55.

Healy, J. 1977. *Effects of various approaches on the vertical jump in volleyball*. Tésis de Máster, Western Illinois University, Macomb, IL.

Henry, F.M. y D.E. Rogers. 1960. Increased response latency for complicated movements and a “Memory-Drum” theory of neuromotor reaction. *Research Quarterly* 31:448-458.

Jorgenson, L.W. 1971. *A cinematographical and descriptive comparison of three selected freestyle racing starts in competitive swimming*. Disertación doctoral, Louisiana State University, Baton Rouge, LA.

Kayambashi, K. 1977. *Effects of approaches and takeoffs on the vertical jump in volleyball*. Tésis de Máster, Western Illinois University, Macomb, IL.

Lewis, S. 1980. Comparison of five swimming starting techniques.*Swimming Technique* 16 (4): 125-128.

Lyttle, A., B Blanksby, B. Elliott y D. Lloyd. 1998. The effect of depth and velocity on drag during the streamlined glide. *Journal of Swimming Research* 13:15-22.

Maxwell, T., R.D. Bratton y V. Fisher. 1980. Comparison of the vertical height achieved on the spike jump using no approach, a one-step approach, and a run approach. *Volleyball Technical Journal* 5 (2): 29-34.

McLean, S.P., P.F. Vint, K.D. Beckett y M.J. Holthe. 1999. The addition of an approach to a swimming relay start. *Journal of Applied Biomechanics*.

Michaels, R.A. 1973. A time-distance comparison of the conventional and the grab start. *Swimming Technique* 10: 16-17. Ransom, B.G. 1973. The no breather flip turn. *Swimming Technique*, 10, 70-82.

Roffer, B.J. y R.C. Nelson. 1972. The grab start is faster. *Swimming Technique* 8: 101-102.

Spina, M.S. 1995. *A biomechanical Analysis and Comparison of Three Variations of the Grab Star* t. Tésis de Máster, California State University, Chico, CA.

Thayer, A.L. y J.G. Hay. 1984. Motivating start and turn improvement. *Swimming Technique* 20 (4): 17-20.

Thorsen, E.A. 1975. Comparison of the conventional and grab start in swimming. *Tidsofkroft fur Legenspuelset* 39: 130-138.

U.S.A. Swimming. 1999. *Rules and Regulations*. Colorado Springs: U.S.A. Swimming.

Van Slooten, P.H. 1973. An analysis of two forward swim starts using cinematography. *Swimming Technique* 10: 85-88.

Vilas-Boas, J.P., M.J. Cruz, F. Sousa y F. Conceição. 2000. Integrated kinematical and dynamics analysis of 2 track-start techniques. *ISBS Swimming 2000 online*, editado por R.S. Sanders.

Ward, T.A. 1976. A cinematographical comparison of two turns. *Swimming Technique* 13 (1): 4-6.

Welcher, R.L. y T.R. George. 1998. A comparison of water velocities of three starts in competitive swimming. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 151. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Winters, C.N. 1968. *A comparison of the grip start in competitive swimming*. Tésis de Máster, Southeast Misouri State College, Cape Girardeau, MO.

Zatsiorsky, V.M., N. Zh. Bulgakova y N.M. Chaplinsky. 1979. Biomechanical analysis of starting techniques in swimming. En *International Series on Sports Sciences.* Vol. 8, *Swimming III*, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 199-206. Baltimore: University Park Press.

Capítulo 9

Bangsbo, J., P.D. Gollnick, T.E. Graham, C. Juel y B. Kiens. 1990. Anaerobic energy production and O_2deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *Journal of Physiology* 422:539-559.

Behnke, R. 2001. *Kinetic Anatomy*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Bishop D., D.G., Jenkins y L.T. MacKinnon. 1998. The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak and 1-h cycling performance in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (8):1270-1275.

Bottinelli,R., R. Betto, S. Schiaffino y C. Reggiani. 1994. Unloaded shortening velocity and myosin heavy chain and alkali light chain isoform composition in rat-skeletal muscle fibers. *Journal of Physiology* (Londres) 478:341-349.

Bouchard, C. 1990. Discussion: heredity, fitness and health. En *Exercise, Fitness and Health*, editado por C. Bouchard, R.J. Shephard, T. Stephens, J.R. Sutton y B.D. McPherson, 147-153. Champaign, IL: Human Kinetics.

Campbell, C.J., A. Bonen, R.L. Kirby y A.N. Belcastro. 1979. Muscle fiber composition and performance capacities of women. *Medicine and Science in Sports* 11 (3):260-265.

Carlile, F. 1963. *Forbes Carlile on swimming*. Londres: Pelham Books.

Carre, F., J. Dassonville, J. Beillot, J-Y. Prigent y P. Rochcongar. 1994. Use of oxygen uptake recovery curve to predict peak oxygen uptake in upper body exercise. *European Journal of Applied Physiology* 69:258-261.

Costill, D.L. 1967. The relationship between selected physiological variables and distance running performance. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 7:61-66.

Costill, D.L. 1978. Adaptations in skeletal muscle during training for sprint and endurance swimming. En *Swimming Medicine IV: International Series on Sport Sciences*, vol. 6, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 233-248. Baltimore: University Park Press.

Costill, D.L. 1986. *Inside running: Basics of Sports Physiology*. Idianapolis: Benchmark Press.

Costill, D.L., J. Kovaleski, D. Porter, J. Kirwan, R. Fielding y D. King. 1985. Energy expenditure during front crawl swimming. Predicting success in middle distance events. *International Journal of Sports Medicine* 6:266-270.

Cureton, T.K. 1951. *Physical Fitness of Champion Athletes*. Urbana:University of Illinois Press.

Dudley, G.A., W.M. Abraham y R.L. Terjung. 1982. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 53(4):844-850.

Faulkner, J.A., D.R. Claflin y K.K. McCully. 1986. Power output of fast and slow fibers from human skeletal muscles. En *Human Muscle Power*, editado por N.L. Jones, N. McCartney y A.J. McComas, 81-94. Champaign, IL: Human Kinetics.

Fitts, R.H. y J.J. Widrick. 1996. Muscle mechanics. Adaptations with exercise.training. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 24, editado por J.O. Holloszy, 427-473. Baltimore: Williams & Wilkins.

Fitts, R.H., D.L. Costill y P.R. Gardetto. 1989. Effect of swim exercise training on human muscle fiber function. *Journal of Applied Physiology* 66(1):465-475.

Fox, E.L. y D.K. Mathews. 1981. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. Philadelphia: Saunders College.

Harms, S.J. y R.C. Hickson. 1983. Skeletal muscle mitochondria and myoglobin, endurance, and intensity of training. *Journal of Applied Physiology* 54(3):798-802.

Henriksson, J. 1992. Cellular metabolism and endurance. En *Endurance in Sport*, editado por R.J. Shephard y P.-O. Astrand, 46-60. Boston: Blackwell Scientific.

Hill, D.W. y A.L. Rowell. 1997. Responses to exercise at the velocity associated with VO_2max. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29 (1):113-116.

Houston, M.E. 1978. Metabolic responses to exercise with special reference to training and competition in swimming. En *Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 207-232. Baltimore: University Park Press.

Hughson, R.L. 1984. Alterations in the oxygen deficit-oxygen debt relationship with beta-adrenergic receptor blockade in man. *Journal of Physiology* 349:375-387.

Hurley, B.F., J.M. Hagberg, W.K. Allen, D.R. Seals, J.C. Young, R.W. Cuddihee y J.O. Holloszy. 1984. Effect of training on blood lactate levels during submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology: Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 56(5):1260-1264.

Jackson, A., J. Morrow Jr., D. Hill y R. Dishman. 1999. *Physical Activity for Health and Fitness*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Klissouras, V. 1971. Adaptability of genetic variation. *Journal of Applied Physiology* 31:338-344.

Komi, P.V. y J. Karlsson. 1978. Skeletal muscle fiber types, enzyme activities and physical performance in young males and females. *Acta Physiologica Scandinavica* 103:210-218.

MacDougall J.D., G.C. Elder, D.G. Sale, J.R. Moroz y J.R. Sutton.1980. Effects of strength training and immobilization on human muscle fibers. *European Journal of Applied Physiology* 43: 25-34.

Mader, A., H. Heck y W. Hollmann, 1976. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle distance runners and swimming. En *Exercise Physiology*, editado por F. Landing y W. Orban, 187-199. Miami, FL: Symposia Specialists.

Montpetit, R.R., L.A. Leger, J.-M. Lavoie y G. Cazorla. 1981. VO_2peak during free swimming using the backward extrapolation of the O_2recovery curve. *European Journal of Applied Physiology* 47: 385-391.

Powers, S.K., R.E. Beadle, J. Lawley y D. Thompson. 1987. Oxygen deficit-oxygen debt relationships in ponies during submaximal treadmill exercise. *Respiration Physiology* 57: 251-263.

Rose, R.J., D.R. Hodgson, T.B. Kelso, L.J. McCutcheon y T.A. Reid.1988. Maximum O_2 uptake, O_2 debt and deficit, and muscle metabolites in thoroughbred horses. *Journal of Applied Physiology* 64: 781-788.

Saltin, B. 1973. Oxygen transport by the circulatory system during exercise in man. En *Limiting Factors of Physical Performance*, editado por J. Keul, 235-251. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Saltin B., J. Henriksson, E. Nygaard, P. Andersen y E. Jansson. 1977. Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscle in sedentary men and endurance runners. *Annals of New York Academy of Science* 301: 3-29.

Serresse, O., G. Lortie, C. Bouchard y M.R. Boulay. 1988. Estimations of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine* 9(6): 456-460.

Sjodin, B. 1976. Lactate dehydrogenase in human skeletal muscle.*Acta Physiologica Scandinavica* (Suplemento) 436 :9-32.

Sjodin, B. 1982. The relationship among running economy, aerobic power, muscle power, and onset of blood lactate accumulation in young boys (11-15 years). En *Exercise and Sport Biology*, editado por P.V. Komi, 57-60. Baltimore: University Park Press.

Sjodin, B. e I. Jacobs. 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine* 2: 23-26.

Tesch, P.A. y L. Larsson. 1982. Muscle hypertrophy in body builders. *European Journal of Applied Physiology* 49:301-306.

Vandewalle, H., G. Peres y H. Monod. 1987. Standard Anaerobic Exercise Tests. *Sports Medicine* 4:268-289.

Van Handel, P.J. A. Katz, J.R. Morrow, J.P. Troup, J.T. Daniels y P.W. Bradley. 1988. Aerobic economy and competitive swimming performance of U.S. elite swimmers. En *Swimming Science V: International Series on Sport Sciences*, vol. 18, editado por B. E. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 219-227. Champaign, IL: Human Kinetics.

Wasserman, K., B.J. Whipp, S.N. Koval y W.L. Beaver. 1973. The anaerobic threshold and respiratory gas exchange during exercise. *Journal of Applied Physiology* 35: 236-243.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1988. *Training for Sport and Activity: The Physiological Basis of the Conditioning Process*. Dubuque, IA: Wm. C. Brown.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human

Kinetics.

Capítulo 10

Ahlborg, G., L. Hagenfeld y J. Wahren. 1974. Influence of lactate infusion on glucose during prolonged exercise in man. *Journal of Clinical Investigation* 53: 1080-1090.

Bangsbo, J., P.D. Gollnick, T.E. Grahan, C. Juel, B. Kiens, M. Mizuno y B. Saltin. 1990. Aerobic energy production and O2 deficit-debt relationship during exhaustive exercise in humans. *Journal of Physiology* 422:539-559.

Beltz, J.D., D.L. Costill, R. Thomas, W.J. Fink y J.P. Kirwan. 1988. Energy demands of interval training for competitive swimming. *Journal of Swimming Research* 4(3):5-9.

Bonen, A., S.K. Baker y H. Hatta. 1997. Lactate transport and lactate transporters in skeletal muscle. *Canadian Journal of Applied Physiology* 22(6): 531-552.

Bonen, A., K.J.A. McCullagh, C.T. Putman, E. Hultman, N.L. Jones y G.J.F. Heigenhauser. 1998. Shortterm training increases human muscle MCT1 and femoral venous lactate in relation to muscle lactate. *American Journal of Physiology* 274(37): E102-E107.

Brooks G.A. y T.D. Fahey. 1984. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*. Nueva York: John Wiley & Sons.

Brooks, G.A., T.D. Fahey, T.P. White y K.M. Baldwin. 1996. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*. Mountain View, CA: Mayfield.

Costill, D.L. 1978. Adaptations in skeletal muscle during training for sprint and endurance swimming. En *Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 233-248. Baltimore: University Park Press.

Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwin, J.A. Houmard, J.B. Mitchell, R. Thomas y S.H. Park. 1988. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3): 249-254.

Danforth, W.H. 1965. Activation of glycolytic pathway in muscle. En *Control of Energy Metabolism*, editado por B. Chance y R.W. Estabrook, 287-297. Nueva York: Academic Press.

di Prampero, P.E. 1971. Anaerobic capacity and power. En *Frontiers of Fitness*, editado por R.J. Shephard, 155-173. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Edington, D.W. y V.R. Edgerton. 1976. *The Biology of Physical Activity*. Boston: Houghton Mifflin.

Felig, P. y J. Wahren. 1971. Amino acid metabolism in exercising man. *Journal of Clinical Investigation* 50: 2703-2714.

Greenhaff, P.L. y J.A. Timmons. 1998. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 26, editado por J.O. Holloszy, 1-30. Baltimore: Williams & Wilkins.

Gullstrand, L. 1985. Tapering. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 15-19. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Hasson, S.M. y W.S. Barnes. 1986. Peak power output and fatigue during brief bicycle ergometric exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18(2):S7.

Henriksson, J. 1992. Metabolism in the contracting skeletal muscle. En *Endurance in Sport*, editado por R.J. Shephard y P.-O. Astrand, 226-243. Boston: Blackwell Scientific.

Hermansen, L. 1971. Lactate production during exercise. En *Muscle Metabolism During Exercise*, editado por B. Pernow y B. Saltin, 401-407. Nueva York: Plenum Books.

Hirche, H., V. Hombach, H.D. Langohr, U. Wacker y J. Busse. 1975. Lactic acid permeation rate in working gastrocnemii of dogs during metabolic alkalosis and acidosis. *Pflugers Archives* 356:209-222.

Houston, M.E. 1978. Metabolic responses to exercise with special reference to training and competition in swimming. En *Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 207.232. Baltimore: University Park Press

Hultman, E. y H. Sjoholm. 1986. Biochemical causes of fatigue. En *Human Muscle Power*, editado por N.L. Jones, N. McCartney y A.J. McComas, 215-238. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hultman, E., M. Bergstrom, L.L. Spriet y K. Soderlund. 1990. Energy metabolism and fatigue. En *Biochemistry of Exercise VII, International Series of Sport Sciences*, vol. 21, editado por A.W. Taylor, P.D. Gollnick, H.J. Green, C.D. Ianuzzo, E.G. Noble, G. Metivier y J.R. Sutton, 73-92. Champaign, IL: Human Kinetics.

Lamb, D.R. 1978. *Physiology of Exercise Responses and Adaptations*. Nueva York: MacMillan.

Lehmann, M., H. Mann, U. Gastmann, J. Keul, D. Vetter, J.M. Steinacker y D. Haussinter. 1996. Unaccustomed high-mileage vs. intensity training-related changes in performance and serum amino acid levels. *International Journal of Sports Medicine* 187-192.

Lehninger, A.L. 1973. *Bioenergetics*. Menlo Park; CA: W.A. Benjamin.

Magaria, R., P. Cerretelli y F. Mangill. 1964. Balance and kinetics of anaerobic energy

release during strenuous exercise in man. *Journal of Applied Physiology* 19: 623-628.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch. 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Baltimore: Williams & Wilkins.

Nomura, T., K. Wakayoshi, M. Miyashita y Y. Mutoh. 1996. Physiological evaulation of the 400 M Freestyle race. En *Proceedings: Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 208-215. Londres: E & FN Spon.

Pendergast, D.R., P.E. diPrampero, A.B. Craig, Sr. y D.W. Rennie.1978. The influence of selected biomechanical factors on the energy cost of swimming. En *International Series on Sport Sciences. Vol 6, Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 367-378. Baltimore: University Park Press.

Portzehl, H., P. Zaoralek y J. Gaudin. 1969. The activation by Ca2+ of the ATPase of extracted muscle fibrils with variation of ionic strength, pH, and concentration of MgATP. *Biochim. Biophys. Acta*. 189: 440-448.

Ring, S., A. Mader, W. Wirtz y K. Wilkie. 1996. Energy metabolism during sprint swimming. En *Proceedings: Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 179-184. Londres: E & FN Spon.

Sapega, A. A., D.P. Sokolow, T.J. Graham, y B. Chance. 1988. Phosphorus nuclear magnetic resonance: A non-invasive technique for the study of muscle bioenergetics during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 19(4): 410-420.

Serresse, O., G. Lortie, C. Bouchard y M.R. Boulay. 1988. Estimations of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine* 9(6): 456-460.

Shephard, R.J. 1982. *Physiology and Biochemistry of Exercise*. Nueva York: Praeger.

Trappe, S.W. 1996. Metabolic demands for swimming. En *Proceedings: Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 127-134. Londres: E & FN Spon.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Wilson, M.C., V.N. Jackson, C. Heddle, N.T. Price, H. Pilegaard, C. Juel, A. Bonen, I. Montgomery, O.F. Hutter y A.P. Halestrap. 1998. Lactic acid efflux from white skeletal muscle is catalyzed by the monocarboxylate transporter isoform MCT3. *The Journal of Biological Chemistry* 273(26): 15920-15926.

Capítulo 11

Ahlborg, G., L. Hagenfeld, y J. Wahren. 1975. Substrate utilization by the inactive leg during one-leg or arm exercise. *Journal of Applied Physiology* 39:718-723.

Andersen, P. 1975. Capillary density in skeletal muscle in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 95: 203-205.

Andersen P. y J. Henriksson. 1997. *Capillary supply of the quadriceps femoris muscle of man: adaptive response to exercise*. J. Physiol. 270:677-690.

Andersen, P. y G. Sjogaard. 1975. Selective glycogen depletion in the subgroups of type II muscle fibers during intense submaximal exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 96:26.A.

Astrand, P.-O y K. Rodahl. 1977. *Textbook of Work Physiology*. Nueva York: McGraw-Hill.

Baldwin, K.M., W.W. Winder, R.L. Terjung y J.O. Holloszy. 1973. Glycolitic enzymes in red, white and intermediate skeletal muscle: adaptation to exercise. *American Journal of Physiology* 225(4): 962-966.

Balsom, P., K. Soderlund y B. Ekblom. 1994. Creatine in humans with special reference to creatine supplementation. *Sports Medicine* 18(4):268-280.

Bangsbo, J., P.D. Gollnick, T.E. Graham, C. Jeul, B. Kie, M. Mizuno y B. Saltin. 1990. Anaerobic energy production and deficitdebt relationship during exhaustive exercise in humans. *Journal of Physiology* 422:539-559.

Beltz, J.D., D.L. Costill, R. Thomas, W.J. Fink y J.P. Kirwan. 1988. Energy demands of interval training for competitive swimming. *Journal of Swimming Research* 4(3):5-9.

Brodal, P. F. Ingjer y L. Hermansen. 1976. Capillary supply of skeletal muscle fibers in untrained and endurance trained men. Abstract. *Acta Physiologica Scandinavica* (Supl.) 410: 178.

Brooks, G.A. y T.D. Fahey. 1984. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*. Nueva York: John Wiley & Sons. Brooks, G.A. y T.D. Fahey. 1987. *Fundamentals of Human Performance*. Nueva York: Macmillan.

Brooks, G.A, T.D. Fahey, T.P. White y K.M. Baldwin. 1996. *Exercise Physiology: Human Bioenergetics and its Applications*. Mountain View, CA: Mayfield.

Carrow, R., R. Brown y W. Van Huss 1967. Fiber sizes and capillary to fiber ratios in skeletal muscles of exercised rats. *Anatomical Record* 159:33-38.

Clausen. J.P., K. Klausen, B. Rasmussen y J. Trap-Jensen. 1973. Central and peripheral circulatory changes after training of the arms and legs. *American Journal of Physiology* 225(3): 675-682.

Costill, D.L. 1978. Adaptations in skeletal muscle during training for sprint and endurance swimming. En *Swimming Medicine IV*, editado por B. Eriksson y B. Furberg, 233-248. Baltimore: University Park Press.

Costill, D.L., W.J. Fink y M. Pollock. 1976. Muscle fiber composition and enzyme activities of elite distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 8: 96-100.

Cunningham; D.A. y J.A. Faulkner. 1969. The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during a short exhaustive run. *Medicine and Science in Sports* 1: 65-69.

Davies, K.J.A., L. Packer y G.A. Brooks. 1981. Biochemical adaptations of mitochiondria, muscle, and whole animal respiration to endurance training. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 209: 538-553.

Donovan, C.M. y G.A. Brooks. 1983. Endurance training affects lactate clearance, not lactate production. *American Journal of Physiology 244 (Endocrinology and Metabolism 7)* E83-E92.

Donovan, C.M. y M.J. Pagliassotti. 1990. Enhanced effiency of lactate removal after endurance training. *Journal of Applied Physiology* 68: 1053-1058.

Eisele, R., J. Bremer, M. Hannig, E. Zimmerman y G. Simon. 1997. Relation of the maximal lactate-steady state to the range of maximal fat oxidation rate during cycle ergometer work. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 19(Supl.1):S22.

Felig, P. y J. Wahren. 1971. Amino acid metabolism in exercising man. *Journal of Clinical Investigation* 50: 2703-2714.

Fukuba, Y., M.L. Walsh, R.H. Morton, B.J. Cameron, C.T.C. Kenny y E.W. Bannister. 1999. The effect of endurance training on blood lactate clearance after maximal exercise. *Journal of Sports Sciences* 17(3): 239-248.

Gibbins, J.A., D.A. Cunningham, D.B. Shaw y R.B. Eynon. 1972. The effect of swimming training on selected aspects of the pulmonary function of young girls – A preliminary report. En *Training: Scientific Basis and Application*, editado por A.W. Taylor y M.L. Howell, 139-143. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Gledhill, N., D. Cox y R. Jamnik. 1994. Endurance athletes' stroke volume does not plateau: Major advantage is diastolic function. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: 1116-1121.

Gollnick, P.D. y D.R. Hodgson 1986. Enzymatic adaptation and its significance for metabolic response to exercise. *En Biochemistry of Exercise VI: International Series on Sport Sciences*, vol. 16, editado por B. Saltin, 191-200. Champaign, IL: Human Kinetics.

Gollnick, P.D., R.B. Armstrong, C.W. Saubert IV, K. Piehl y B. Saltin. 1972. Enzyme activity, and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *Journal of Applied Physiology* 33: 312-319.

Green, H.J. 1996. What is the physiological significance of traininginduced adaptations in muscle mitochondrial capacity? En Biochemistry of Exercise, vol. IX, editado por R.J. Maughan y S.M. Sherriffs, 345-359. Champaign, IL: Human Kinetics.

Green, H.J., J.R. Sutton, G. Coates, M. Ali y S. Jones. 1991. Response of red cell and plasma volume to prolonged training in humans. *Journal of Applied Physiology* 70(4): 1810-1815.

Greenhaff, P.L. 1995. Creatine and its application as an ergogenic aid. *International Journal of Sports Nutrition* 5: S100-S110.

Greenhaff, P.L. y J.A. Timmons. 1998. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 26, editado por J.O. Holloszy, 1_30. Baltimore: Williams & Wilkins.

Gullstrand, L. 1985. Tapering En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 15-19. Ft. Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Guyton, A.C. 1964. *Textbook of Medical Physiology*. Philadelpia: W.B. Saunders.

Hagberg,J.M., J.E. Yerg,II, y D.R. Seals. 1988. Pulmonary function in younger and older athletes and untrained men. *Journal of Applied Physiology* 65: 101-105.

Hannon, J.P., J.L. Shields y C.W. Harris. 1969. Effects of altitude acclimatization on blood composition of women. *Journal of Applied Physiology* 26(5): 540-547.

Hays, G.W., J.M. Davis y D.R. Lamb. 1984. Increased pain tolerance in rats following strenuous exercise: effects of Nalonone. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 156.

Henriksson, J. 1977. Training induced adaptation of skeletal muscle and metabolism during submaximal exercise. *Journal of Physiology* 270: 661-675.

Henriksson, J. 1992. Cellular metabolism and endurance. En *Endurance in Sport*, editado por R.J. Shephard y P.-O Astrand, 46-60. Boston: Blackwell Scientific.

Henriksson, J. 1992b. Metabolism in the contracting skeletal muscle. En Endurance in Sport, editado por R.J. Shephard y P.-O Astrand, 226-243. Boston: Blackwell Scientific.

Hermansen, L. y M. Wachtlova. 1971. Capillary density of skeletal muscle in well-trained and untrained men. *Journal of Applied Physiology* 30(6): 860-863.

Hickson, R.C. 1981. Skeletal muscle cytochrome c and myoglobin, endurance, and frequency of training. *Journal of Applied Physiology, Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 51(3): 746-749.

Holloszy, J.O. 1973. Biochemical adaptations to exercise: aerobic metabolism. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 1, editado por J. Wilmore, 45-71. Nueva York: Academic Press.

Holloszy, J.O. 1975. Adaptation of skeletal muscle to endurance exercise. *Medicine and Science in Sports* 7(3): 155-164.

Holloszy, J.O. y F.W. Booth. 1976. Biochemical adaptations to endurance exercise in muscle. *Annual Review of Physiology* 38: 273-291.

Holloszy, J.O., G.P. Dalsky, P.M. Nemeth, B.F. Hurley, W.H. Martin III y J.M. Hagberg. 1986. Utilization of fat as substrate during exercise. Effects of training. En *Biochemistry of Exercise*, vol. VI, editado por B. Saltin, 183-190. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hultman, E y K. Sahlin. 1981. Acid-base balance during exercise. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol. 8, 41-128. Philadelphia: Franklin Institute Press.

Hultman, E. y J. Sjoholm. 1986. Biochemical causes of fatigue. En *Human Muscle Power*, editado por N.L. Jones, N. McCartney y A.J. McComas, 215-238. Champaign, IL: Human Kinetics.

Hultman, E., K. Soderlund, J.A. Timmons, G. Cederblad y P.L. Greenhaff. 1996. Muscle creatine loading in men. *Journal of Applied Physiology* 81(1): 232-237.

Jacobs, I., M. Esbjornsson, C. Sylven, I. Holm y E. Jansson. 1987. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(4): 368-374.

Jansson, E.,C. Sylven y B. Sjodin. 1983. Myoglobin concentration and training in humans. En *Biochemistry of Exercise, International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 821-825. Champaign, IL: Human Kinetics.

Jensen, C.R. y A.G. Fisher. 1975. *Scientific Basis of Athletic Conditioning*. Philadelphia: Lea & Febiger.

Jeukendrup, A.E., W.H.M. Saris y A.J.M. Wagenmakers. 1998. Fat metabolism during exercise: A review. Part II: Regulation of metabolism and the effects of training. *International Journal of Sports Medicine* 19: 293-302.

Jorfeldt, L., A. Juhlin-Dannfelt y J. Karlsson. 1978. Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. *Journal of Applied Physiology: Respiration, Environmental and Exercise Physiology* 44(3): 350-352.

Juel, C. 1997. Lactate-proton cotransport in skeletal muscle. *Physiological Reviews* 77: 321-358.

Juel, C., J. Bangsbo, T. Graham y B. Saltin. 1990. Lactate and potassium fluxes from human skeletal muscle during and after intense, dynamic knee extensor exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 140: 147-159.

Karlsson, J., L-O. Nordesjo, L. Jorfeldt y B. Saltin. 1972. Muscle lactate, ATP and CP levels during exercise after physical training in man. *Journal of Applied Physiology* 33: 199-203.

Karvonen, J., E. Peltola, y J. Saarela. 1986. The effect of sprint training performance in a hypoxic environment on specific performance capacity. *Journal of Sports Medicine* 26: 219-224.

Katz, A., S. Broberg, K. Sahlin y J. Wahren. 1986. Muscle ammonia and amino acid metabolism during dynamic exercise in man. *Clinical Physiology* 6: 365-379.

Keul, J., E. Doll y D. Keppler. 1972. *Energy Metabolism of Human Muscle*. Baltimore: University Park Press.

Kiessling, K.H., K. Piehl y C-G. Lundquist. 1971. Effects of physical training on ultrastructural features in human skeletal muscle. En *Muscle Metabolism During Exercise*, editado por B. Pernow y B. Saltin, 97-101. Nueva York: Plenum Press.

Lawrie, R.A. 1953. Effects of enforced exercise on myoglobin in muscle. *Nature* 171: 1069-1070.

Lindinger, M.I., R.S. McKelvie y J.F. Heigenhauser. 1995. K+ and Lac- distribution in humans during and after high intensity exercise: Role in muscle fatigue attenuation? *Journal of Applied Physiology* 78(3): 765-777.

MacDougall, J.D., G.R. Ward, D.G. Sale y J.R. Sutton. 1977. Biochemical adaptations of human skeletal muscle to heavy resistance training and immobilization. *Journal of Applied Physiology* 43: 700-703.

MacDougall, J.D., H.J. Green, J.R. Sutton, G. Coates, A. Cymerman, P. Young y C.S. Houston. 1991. Operation Everest II: Structural adaptations in skeletal muscle in response to extreme simulated altitude. *Acta Physiologica Scandinavica* 142: 421-427.

MacRae, H.S.-H., S.C. Dennis, A.N. Bosch y T.D. Noakes. 1992. Effects of training on lactate production and removal during progressive exercise in humans. *Journal of Applied Physiology* 72(5): 1649-1656.

MacRae, H.S.-H., T.D. Noakes y S.C. Dennis. 1995. Effects of endurance training on lactate removal by oxidation and gluconeogenesis during exercise. *Pfluegers Archives* 430: 964-970.

Magel, J., y K. Andersen. 1969. Pulmonary diffusing capacity and cardiac output in young trained Norwegian swimmers and untrained subjects. *Medicine and Science in Sports* 1: 131-139.

Maglischo, E.W. 1984. Blood lactate concentrations of competitive swimmers following races of 50 and 100 yards. Datos sin publicar. Bakersfield: California State University, Bakersfield.

Mahler, D.A., E.D. Moritz y J. Loke. 1982. Ventilatory responses at rest and during exercise in marathon runners. *Journal of Applied Physiology* 52(2): 388-392.

Mathews, D.K. y E.L. Fox. 1976. *The Physiological Basis of Physical Education and Athletics*. Philadelphia: W.B. Saunders.

Maughan, R.J. 1995. Creatine supplementation and exercise performance. *International Journal of Sports Nutrition* 5: 94-101.

Mazzeo, R.S., G.A. Brooks, D.A. Schoeller y T.F. Budinger. 1986. Disposal of blood (1-13C) lactate in humans during rest and exercise. *Journal of Applied Physiology* 60(1): 232-241.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch. 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Baltimore: Wiliams & Wilkins.

McKenzie, D.C., W.S. Parkhouse, E.C. Rhodes, P.W. Hochochka, W.K. Ovalle, T.P. Mommsen y S.L. Shinn. 1983. Skeletal muscle buffering capacity in elite athletes. En *Biochemistry of Exercise, International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 584-589. Champaign, IL: Human Kinetics.

Messonnier, L., H. Freund, M. Bourdon, A. Beli y J-R. Lacour. 1997. Lactate exchange and removal abilities in rowing performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29(3) : 396-401.

Mole, P.A., K.M. Baldwin, R.L. Terjung y J.O. Holloszy. 1973. Enzymatic pathways of pyruvate metabolism in skeletal muscle: adaptations to exercise. *American Journal of Physiology* 224: 50-54.

Morgan, T.E., L.A. Cobb, F.A. Short, R. Ross y D.R. Gunn. 1971. Effects of long-term exercise on human muscle mitochondria. En *Muscle Metabolism During Exercise*, editado por B. Pernow y B. Saltin, 87-95. Nueva York: Plenum Books.

Mujika, I., J. Chatard, L. LaCoste, F. Barale y A. Geyssant. 1996. Creatine supplementation does not improve sprint performance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28(11): 1435-1441.

Nemeth, P.M., M.M.-L. Chi, C.S. Hintz y O.H. Lowry. 1983. Myoglobin content of normal and trained human muscle fibers. En *Biochemistry of Exercise*: *International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 826-831. Champaign, IL: Human Kinetics.

Newsholme, E.A., E. Blomstrand, N. McAndrew y M. Parry-Billings. 1992. Biochemical causes of fatigue and overtraining. En *Endurance in Sport*, editado por R.J. Shephard y P.-O. Astrand, 351-364. Boston: Blackwell Scientific.

Nicklas, B.J. 1997. Effects of endurance exercise on adipose tissue metabolism. En *Exercise and Sports Sciences Reviews*, vol, 25, editado por J.O. Holloszy, 77-103. Baltimore: Williams & Wilkins,

Olbrecht, J. 2000. *Planning, Periodization, Training, Competing and Winning*. Nueva York: Sports Resources Group.

Oyono-Enguelle, S. y H. Freund. 1992. Ability to remove lactate in endurance-trained and -untrained humans. *Journal of Applied Physiology* 72:396-398.

Parkhouse, W.S., D.C. McKenzie, P.W. Hochochka, T.P. Mommsen, W.K. Ovalle, S.L. Shinn y E.C. Rhodes. 1983. The relationship between carnosine levels, buffering capacity, fiber type and

anaerobic capacity in elite athletes. En *Biochemistry of Exercise*: *International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 590-594. Champaign, IL: Human Kinetics.

Pattengale, P.K. y J.O. Holloszy. 1967. Augmentation of skeletal muscle myoglobin by a program of treadmill running. *American Journal of Physiology* 213: 783-785.

Phillips, S.M., H.J. Green, M.A. Tarnopolsky y S.M. Grant. 1995. Increased clearance of lactate after shortterm training in men. *Journal of Applied Physiology* 79(6): 1862-1869.

Poortmans, J.R., J. Delescaille-Vanden Bossche y R. Leclercq. 1978. Lactate uptake by inactive forearm during progressive leg exercise. *Journal of Applied Physiology* 45:835-839.

Reynafarje, C. 1962. Myoglobin content and enzymatic activity of muscle and altitude adaptation. *Journal of Applied Physiology* 17(2): 301-305.

Robinson, S. y P.M. Harmon. 1941. The lactic acid mechanism and certain properties of the blood in relation to training. *American Journal of Physiology* 132: 757-769.

Roth, D.A. y G.A. Brooks. 1990. Lactate transport is mediated by membrane-bound carrier in rat skeletal muscle sarcolemma vesicles. *Archives of Biochemistry and Biophysics* 279(2): 377-385.

Rowell, L.B. 1974. Human cardiovascular adjustments to exercise and thermal stress. *Physiological Reviews* 54: 75-159.

Sale, D.G. 1986. Neural adaptation in strength and power training. En *Human Muscle Power*, editado por N.L. Jones, N. McCartney y A.J. McComas, 289-305. Champaign IL: Human Kinetics.

Saltin, B. 1973. Oxygen transport by the circulatory system during exercise in man. En *Limiting Factors of Physical Performanc* e, editado por J, Keul, 235-252. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.

Saltin, B. 1990. Anaerobic capacity: Past, present and prospective. En *Biochemistry of Exercis: International Series on Sport Sciences*, vol. 21, editado por A.W. Taylor, P.D. Gollnick, H.J. Green, C.D. Ianuzzo, E.G. Noble, G. Metivier y J.R. Sutton, 387-412. Champaign, IL: Human Kinetics.

Saltin, B., K. Nazar, D.L. Costill, E. Stein, E. Jansson, B. Essen y P. Gollnick. 1976. The nature of the training response: peripheral and central adaptations to one-legged exercise. *Acta Physiologica Scandinavica* 96: 289-305.

Saltin, B., J. Henriksson, E. Nygaard y P. Andersen. 1977. Fiber types and metabolic potentials of skeletal muscles in sedentary men and endurance runners. Annals of New York Academy of Science 301: 3-29.

Serresse, O., G. Lortie, C. Bouchard y M.R. Boulay. 1988. Estimations of the contribution of the various energy systems during maximal work of short duration. *International Journal of Sports Medicine* 9(6): 456-460.

Sharp, R.L., L.E. Armstrong, D.S. King y D.L. Costill. 1983. Buffer capacity of blood in trained and untrained males. En *Biochemistry of Exercise: International Series on Sports Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 595-599. Champaign, IL: Human Kinetics.

Sharp, R.L., D.L. Costill, W.J. Fink y D.S. King. 1986. Effects of eight weeks of bicyle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine* 7(1): 13-17.

Simmons, R., y R.J. Shephard. 1972. The influence of training over the distribution of cardiac output. En *Training: Scientific Basis and Application*, editado por A.W. Taylor, 131-138. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Sjodin, B., e I. Jacobs. 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine* 2: 23-26.

Spina, R.J., T. Ogawa, W.H. Martin III, A.R. Coggan, J.O. Holloszy y A.A. Ehsani. 1992. Exercise training prevents decline in stroke volume during exercise in young healthy subjects. *Journal of Applied Physiology* 72(6): 2458-2462.

Svedenhag, J., J. Henriksson y C. Sylven. 1983. Dissociation of training effects on skeletal muscle mitochondrial enzymes and myoglobin in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 117: 213-218.

Treffene, R.J., R. Dickson, C. Craven, C. Osborne, K. Woodhead y K. Hobbs. 1980. Lactic acid accumulation during constant speed swimming at controlled relative intensities. *Journal of Sports Medicine* 20: 244-254.

Weicker, H., H. Bert, A. Rettenmeier, U. Oettinger, H. Hagele y U. Keilholz. 1983. Alanine formation during maximal short-term exercise. En *Biochemistry of Exercise: International Series on Sports Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 385-394. Champaign, IL: Human Kinetics.

Williams, M.H. 1998. *The Ergogenics Edge*. Champaign, IL: HumanKinetics.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Wilson, M.C., V.N. Jackson, C. Heddle, N.T. Price, H. Pilegaard, C. Juel, A. Bonen, I. Montgomery, O.F. Hutter y A.P. Halestrap. 1998. Lactic acid efflux from white skeletal muscle is catalyzed by the monocarboxylate transporter isoform MCT3. *The Journal of Biological Chemistry* 273(26): 15920-15926.

Capítulo 12

Baldwin, K.M., G.H. Klinkerfuss, R.L. Terjung, P.A. Mole y J.O. Holloszy. 1972. Respiratory capacity of white, red, and intermediate muscle: Adaptive response to exercise. *American Journal of Physiology* 222: 373-378.

Bouchard, C., F.T. Dionne, J.-A. Simoneau y M.R. Boulay. 1992. Genetics of aerobic and anaerobic performances. *Exercise and Sports Sciences Reviews*, vol. 20, editado por J.O. Holloszy, 27-58. Baltimore: Williams & Wilkins.

Cadefau, J., J. Casademont, J.M. Gran, J. Fernandez, A. Balaguer,M. Vernet, R. Cusso y A. Urbano-Marquez. 1990. Biochemical and histochemical adaptation to sprint training in young athletes. *Acta Physiologica Scandinavica* 140: 341-351.

Costill, D.L. 1986. *Inside running: Basics of Sports Physiology*. Indianapolis: Benchmark Press.

Costill, D.L., D.S. King, R. Thomas, y M. Hargreaves. 1985. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Physician and Sports Medicine* 13(2): 94-101.

Costill, D.L, R. Thomas, R.A. Robergs, D.D. Pascoe, C.P. Lambert, S.I. Barr y W.J. Fink. 1991. Adaptations to swimming training: Influence of training volume. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23: 371-377.

Coyle, E.F., W.H. Martin III, D.R. Sinacore, M.J. Joyner, J.M. Hagberg y J.O. Holloszy. 1984. Time course of loss of adaptations after stopping prolonged intense endurance training. *Journal of Applied Physiology* 57: 1857-1864.

Dopsaj, M., M. Milosevic, I. Matkovic, D. Arlov y M. Blagojevic. 1998. The relation between sprint abilities in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics and Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 58. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Dudley, G.A., W.M. Abraham y R.L. Terjung. 1982. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in

skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology: Respiration, Environmental, and Exercise Physiology* 53(4): 844-850.

Fitts, R.H., F.W. Booth, W.W. Winder y J.O. Holloszy. 1975. Skeletal muscle respiratory capacity, endurance and glycogen utilization. *American Journal of Physiology* 228: 1029-1033.

Fox, E.L., R.L. Bartels, C.E. Billings, D.K. Mathews, R. Bason y W.M. Webb. 1973. Intensity and distance of interval training programs and changes in aerobic power. *Medicine and Science in Sports* 5(1): 18-22.

Green, H.J. 1996. What is the physiological significance of trained-induced adaptations in muscle mitochiondrial capacity? En *Biochemistry of Exercise*, vol IX, editado por R.J. Maughan y S.M. Shirreffs, 345-359. Champaign, IL: Human Kinetics.

Harms, S.J. y R.C. Hickson. 1983. Skeletal muscle mitochondria and myoglobin, endurance, and intensity of training. *Journal of Applied Physiology: Respiration Environmental, and Exercise Physiology* 54(3): 798-802.

Hickson, R.C. 1981. Skeletal muscle cytochrome c and myoglobin, endurance and frequency of training. *Journal of Applied Physiology: Respiration, Environmental, and Exercise Physiology* 51: 746-749.

Hickson, R.C. y M.A. Rosenkoetter. 1981. Separate turnover of cytochrome c and myoglobin in the red types of skeletal muscle. *American Journal of Applied Physiology 241 (Cell Physiology 10)*: C140-C144.

Holloszy, J.O. 1973. Biochemical adaptations to exercise: Aerobic metabolism. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol 1. editado por J.H. Wilmore, 45-71. Nueva York: Academic Press.

Hsu, K.M. y T.G. Hsu. 1999. The effects of detraining and retraining on swimming propulsive force and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 (Supl.5): Abstract: # 1400.

LaFontaine, T.P., B.R. Londeree y W.K. Spath. 1981. The maximal steady state versus selected running events. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13(3): 190-192.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch. 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Baltimore: Wiliams & Wilkins.

Medbo, J.I. y S. Burgers. 1990. Effects of training on the anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22: 501-507.

Mostardi, R., R. Gandee y T. Campbell. 1975. Multiple daily training and improvement in aerobic power. *Medicine and Science in Sports* 7: 82.

Mujike, I., T. Busso, A. Geyssant, J.C. Chatard, L. LaCoste y F. Barale. 1996. En *Proceedings: Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P.

Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 208-215. Londres: E & FN Spon.

Nevill, M.E., L.H. Boobis, S. Brooks y C. Williams. 1989. Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology* 67(6): 2376-2382.

Nikitin, A. 1997. Comunicación personal.

Nummela, A., A. Mero y H. Rusko. 1996. Effects of sprint training on anaerobic performance characteristics determined by the MART. *International Journal of Sports Medicine* 17 (Supl. # 2): S114-S119.

Olbrecht, J. 2000. *The Science of Winning: Planning, Periodizing, and Optimizing Swim Training*. Kersenbomenlaan, Bélgica. Publicado por el autor.

Sharp, R.L. 1986. Muscle strength and power as related to competitive swimming. *Journal of Swimming Research* 2(2): 5-10.

Simoneau, J.A., G. Lortie, M.R. Boulay, M. Marcotte, M.C. Thibault y C. Bouchard. 1986. Inheritance of human skeletal muscle and anaerobic capacity adaptation to high-intensity inter

mittent training. *International Journal of Sports Medicine* 7(3): 167-171.

Sjodin, B. 1982. The relationship among running economy, aerobic power, muscle power, and onset of blood lactate accumulation in young boys (11-15 years). En *Exercise and Sport Biology*, *International Series on Sport Sciences*, vol. 12, editado por P. Komi, 57-60. Baltimore: University Park Press.

Sjodin, B. e I. Jacobs. 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine* 2: 23-26.

Sjodin, B., R. Schele y J. Karlsson. 1982. The physiological background of onset of blood lactate accumulation (OBLA). En *Exercise and Sport Biology: International Series on Sport Sciences*, vol. 12, editado por P.V. Komi, 43-56. Baltimore: University Park Press.

Watt, E., E. Buskirk y B. Plotnicki. 1973. A comparison of single versus multiple daily training regimens: Some physiological considerations. *Research Quarterly* 44: 119-123.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise. 2ª edición.* Champaign, IL: Human Kinetics.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1994. *Physiology of Sport and Exercise*.1ª edición. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 13

Bower, D. 1997. *Cruise Intervals*. Publicado por el autor.

Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwan, J.A. Houmard, J.B. Mitchell, R. Thomas y S.H. Park. 1988. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3): 249-254.

Craig, A.B. Jr. 1978. Fallacies of hypoxic training in swimming. En *Swimming III, International Series on Sports Sciences. v* ol. 8, editado por J. Terauds y E.W. Bedingfield, 235-239. Baltimore: University Park Press.

Dicker, S.G., G.K. Loftus, N.W. Thornton y G.A. Brooks. 1980. Respiratory and heart rate responses to tethered controlled frequency swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 12: 20 -23.

Dudley, G.A., W.M. Abraham y R.L. Terjung. 1982. Influence of exercise intensity and duration on biochemical adaptations in skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology, Respiratory, Environmental and Exercise Physiology* 53(4): 844-850.

Firman, R. y E.W. Maglischo. 1986. Verification of cruise intervals. Datos sin publicar, California State University, Bakersfield.

Gabriel, H.H.W., S. Urhausen, B. Schwarz, W. Weiler y W. Kindermann. 1998. Cycle ergometric performance capacity, lactate, and respiratory parameters during an intensive training period of endurance athletes. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 19 (Supl. 1): S24.

Gaesser, G.A., y L.A. Wilson. 1998. Effects of continuous and interval training on the parameters of the power endurance time relationship for high-intensity exercise. *International Journal of Sports Medicine* 9(6): 417-421.

Harms, S.J. y R.C. Hickson. 1983. Skeletal muscle mitochondria and myoglobin, endurance, and intensity of training. *Journal of Applied Physiology* 54(3): 798-802.

Heck, H., A. Mader, G. Hess, S. Mucke, R. Miller y W. Hollmann. 1985. Justification of the 4-mmol/l lactate threshold. *International Journal of Sports Medicine* 6(3): 117-130.

Hermansen, L. y J.B. Osnes. 1972. Blood and muscle pH after maximal exercise in man. *Journal of Applied Physiology* 32: 304-308.

Hewson, D.J. y W.G. Hopkins. 1996. Specificity of training and its relation to the performance of distance runners. *International Journal of Sports Medicine* 17(3): 199-204.

Hollmann, W., R. Rost, H. Liesen, B. Dufaux, B. Heck y A, Mader. 1981. Assessment of different forms of physical activity with respect to preventive and rehabilitative cardiology. *International Journal of Sports Medicine* 2: 67-80.

Holloszy, J.O., G.P. Dalsky, P.M. Nemeth, B.F. Hurley, W.H. Martin III y J.M. Hagberg. 1986. Utilization of fat as substrate during exercise. Effect of training. En *Biochemistry of Exercise, International Series on Sport Sciences*, vol. 16, editado por B. Saltin, 183-190. Champaign, IL: Human Kinetics.

Holmer, I. 1974. Physiology of swimming man. *Acta PhysiologicaScandinavica* (Supl.) 407: 1-55.

Hurley, B.F., P.M. Nemeth, W.H. Martin III, G.P. Dalsky, J.M. Hagberg y J.O. Holloszy. 1985. The effects of endurance exercise training on intramuscular substrate use during prolonged submaximal exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17: 259-260.

Ivy, J.L., M.M.-Y. Chi, C.S. Hintz, W.M. Sherman, R.P. Hellendall y O.H. Lowry. 1987. Mucle fiber recruitment during a lactate threshold test. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S35.

Kindermann,W., G. Simon y J. Keul. 1979. The significance of the aerobic-anaerobic transition for the determination of work load intensities during endurance training. *European Journal of Applied Physiology* 42: 25-34.

Mader, A., H. Heck y W. Hollmann. 1976. Evaluation of lactic acid anaerobic energy contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration of ear capillary blood in middle distance runners and swimmers. En *Exercise Physiology*, editado por F. Landing y W. Orban, 187-199. Fort Lauderdale, FL: Symposia Specialists.

Madsen, O., y M. Lohberg. 1987. The lowdown on lactates. *Swimming Technique* 24(1) : 21-26.

Madsen, O. y J. Olbrecht. 1983. Specifics of aerobic training. En *World Clinic Yearbook*, editado por R.M. Ousley, 15-29. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Magel, J.R., G.F. Foglia, W.D. McArdle, B. Gutin, G. Pechar y F.I. Katch. 1975. Specificity of swim training on maximum oxygen uptake. *Journal of Applied Physiology* 38(1): 151-155.

McArdle, W.D., J.R. Magel, D.J. DeLuca, M. Toner y J.M. Chase.1978. Specificity of run training on VO_2max and heart rate changes during running and swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 10(1): 16-20.

Mikesell, K.A. y G.A. Dudley. 1984. Influence of intense endurance training on aerobic power of competitive distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(4): 371-375.

Pechar, G.S., W.D. McArdle, F.I. Katch, J.R. Magel y J. DeLuca.1974. Specificity of cardiorespiratory adaptation to bicycle and treadmill training. *Journal of Applied Physiology* 36(6): 753-756.

Stager, J.M., L. Cordain, J. Malley y J. Stickler. 1985. Arterial desaturation during arm exercise with controlled frequency breathing. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(2): 227.

Stanford, P.D., D.J. Williams, R.L. Sharp y L. Bevan. 1985. Effect of reduced breathing frequency during exercise on blood gases and acid-base balance. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(2): 228.

Stegmann, H. y W. Kindermann. 1982. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l-1 lactate. *International Journal of Sports Medicine* 3: 105-110.

Sundberg, C.J. 1994. Exercise and training during graded leg ischaemia in healthy man with special reference to effects on skeletal muscle. *Acta Physiologica Scandinavica* (Supl.) 615: 1-50.

Takarada, Y., H. Takazawa, Y. Sato, S. Takebayashi, Y. Tanaka y N. Ishii. 1998. Immediate and longterm effects of resistance exercise combined with modest vascular occlusion on muscular function in humans. Informe sin publicar, Universidad de Tokio.

Takarada, Y., Y. Nakamura, S. Aruga, T. Onda, S. Miyazaki y N. Ishii. 2000. Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology* 88: 61-65.

Treffene, R.J., R. Dickson, C. Craven, C. Osborne, K. Woodhead y K. Hobbs. 1980. Lactic acid accumulation during constant speed swimming at controlled relative intensities. *Journal of Sports Medicine* 20: 244-254.

Treffene, R.J. 1995. Glycogen replacement rate and its use in program design. Australian Swim Coach 11(10): 28-31.

Urhausen, A., H.H.W. Gabriel, F. Bruckner y W. Kindermann.1998. Effects of two training phases of different intensities on the exercise-induced hormonal response and psychological parameters in endurance athletes. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 19 (Supl. 1): S43-44.

Van Ness, J.M. y G.P. Town. 1989. Controlled frequency breathing does not alter blood lactate levels in competitive swimmers. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S104.

Wells, C.L. 1985. Women, Sport & Performance. Champaign, IL:Human Kinetics.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*.2ª edición. Champaign, IL: Human Kinetics.

Yamamoto, Y., Y. Mutoh, H. Kobayashi y M. Miyashita. 1985. The effects of controlled respiration rate on metabolic responses to submaximal intermittent exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(2): 230.

Capítulo 14

Belcastro, A.N. y A. Bonen. 1975. Lactic acid removal rates during controlled and uncontrolled recovery exercise. *Journal of Applied Physiology* 39: 932.937.

Berg, A., y J. Keul. 1985. Comparative performance diagnostics of anaerobic exertion in laboratory and field exercise of decathletes. *International Journal of Sports Medicine* 6: 244-253.

Bond, V., R. Adams, K. Gresham, R. Tearney, M. Capraroia, W. Ruff,H. Gregory y A. Stoddard. 1987. Effects of active and passive recovery on lactic acid removal and subsequent muscle function. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S35.

Cadefau, J., J. Casademont, J.M. Gran, J. Fernandez, A. Balaguer, M. Vernet, R. Cusso y A. Urbano-Marquez. 1990. Biochemical and histochemical adaptation to sprint training in young athletes. *Acta Physiologica Scandinavica* 140: 341-351.

Cazorla, G., C. Dufort, R.R. Montpetit y J.-P. Cevetti. 1983. The influence of active recovery on blood lactate disappearance after supramaximal swimming. *Biomechanics and Medicine in Swimming: International Series on Sports Sciences*, vol. 14, editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 244-250. Champaign, IL: Human Kinetics.

Cheetham, M.E., y C. Williams. 1987. High intensity training and treadmill sprint performance. *British Journal of Sports Medicine* 21: 14-17.

Davies, C.T.M., A.V. Knibbs y J. Musgrove. 1970. The rate of lactic acid removal in relation to different baselines of recovery exercise. *Int. Z. Angew. Physiol*. 28: 155-161.

Dintiman, G.B. 1984. *How To Run Faster*. Nueva York: Leisure Press, una división de Human Kinetics.

Dintiman, G.B. y R.D. Ward. 1988. *Sport Speed*. Champaign, IL:Leisure Press, una división de Human Kinetics.

Dopsaj, M., M. Milosevic, I. Matkovic, D. Arlov y M. Blagojevic. 1998. The relation between sprint abilities in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In*

Swimming, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 58. Helsinki, University of Jyvaskyla.

Galbo, H., B. Stallknecht. 1996. Regulation of fat metabolism in exercise. En *Biochemistry of Exercise*, vol. IX, 63-71. Champaign, IL: Human Kinetics.

Gollnick, P.D., R.B. Armstrong, W.L. Sembrowich, W.L. Shephard y B. Saltin. 1973. Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers after heavy exercise. *Journal of Applied Physiology* 34: 615-618.

Good, V. 1973. Effects of isokinetic exercise program on sprint swimming performance of college women. Tésis de Máster, California State University, Chico.

Greenhaff, P.L.y J.A. Timmons. 1998. Interaction between aerobic and anaerobic metabolism during intense muscle contraction. En *Exercise and Sport Science Reviews*, vol. 26, editado por J.O. Holloszy, 1-30. Baltimore: Williams & Wilkins.

Hellwig, T., H. Liesen, A. Mader y W. Hollmann. 1988. Possible means of sprint-specific performance diagnostics and training support using blood lactate concentration. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 387-388.

Hermansen, L. 1981. Effect of metabolic changes on force generation in skeletal muscle during maximal exercise. En *Human Muscle Fatigue: Physiological Mechanisms*, 75-88. Londres: Pitman Medical.

Hermansen, L. e I. Stensvold. 1972. Production and removal of lactate during exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 86: 191-201.

Hutinger, P. 1970. Comparison of isokinetic, isotonic, and isometric developed strength to speed in swimming the crawl stroke. Disertación doctoral, Indiana University, Bloomington.

Jacobs, I., D. Sale, y J.D. MacDougall. 1987. Combined strength and endurance training effects on muscle enzymatic and histochemical characteristics. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S88.

Jacobs, I., M. Esbjornsson, C. Sylven, I. Holm y E. Jansson. 1987. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(4): 368-374.

Johnson, R.E., R.L. Sharp y C.E. Hedrick. 1993. Relationship of swimming power and dry land power to sprint freestyle performance: A multiple regression approach. *Journal of Swimming Research* 9: 10-14.

Krukau, M., K. Volker y H. Leisen. 1987. The influence of sportspecific and sport-unspecific recovery on lactate behaviour after anaerobic swimming. Abstract. I*nternational Journal of Sports Medicine* 8(2): 142.

Lacour, J.R., E. Bouvat y J.C. Barthelemy. 1990. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400m and 800m

races. *European Journal of Applied Physiology* 61: 172-176.

Maglischo, C.W., E.W. Maglischo, R.L. Sharp, D.J. Zier y A. Katz.1984. Tethered and non-tethered crawl swimming. En *Proceedings of ISBS: Sports Biomechanics*, editado por J. Terauds, K. Barthels, E. Kreighbaum, R. Mann y J. Crakes, 163-176. San Diego: Academic Publishers.

Medbo, J.I. y S. Burgers. 1990. Effects of training on the anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22: 501-507.

Moffroid, M.T. y R.H. Whipple. 1970. Specificity of speed to exercise, *Physical Therapy* 50: 1692-1700.

Nevill, M.E., L.H. Boobis, S. Brooks y C. Williams. 1989. Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology* 67(6): 2376-2382

Nevill, M.E., G.C. Bogdanis, L.H. Boobis, H.K.A. Lakomy y C. Williams. 1996. Muscle metabolism and perforamance during sprinting. En *Biochemistry of Exercise*, vol. IX, editado por R.J. Maughan y S.M. Shirreffs, 243-259. Champaign, IL: Human Kinetics.

Nummela, A., A. Mero, y H. Rusko. 1996. Effects of sprint training on anaerobic performance characteristics determined by the MART. *International Journal of Sports Medicine* 17 (Supl. # 2): S114-S119.

Nummela, A., A. Mero, J. Stray-Gunderson y H. Rusko. 1996. Important determinants of anaerobic running performance in male athletes and non-athletes. *International Journal of Sports Medicine* 17 (Supl. # 2): S91-S96.

Olbrecht, J. 2000. *Planning, Periodization, Training, Competing andWinning*. Nueva York: Sports Resources Group.

Ross, D.T. 1973. *Selected training procedures for the development of arm extensor strength and swimming speed of the sprint crawl stroke*. Tésis de Máster, University of Oregon: Eugene.

Rowe, E., E.W. Maglischo y D.E. Lytle. 1977. The use of swim fins for the development of sprint swimming speed. *Swimming Technique* 14: 73-76.

Sharp, R.L., D.L. Costill, W.J. Fink y D.S. King. 1986. Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine* 7(1): 13-17.

Song, T.K., O. Serresse, P. Ama, J. Theriault y M.R. Boulay. 1988. Effects of three anaerobic tests on venous blood values. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(2): S39.

Takahashi, S., M. Bone, S. Spry, S, Trappe y J.P. Troup. 1992. Differences in the anaerobic power of age group swimmers. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 289-294. Londres: E & FN Spon.

Troup, J.P., J.M. Metzger y R.H. Fitts. 1985. Effect of high-intensity exercise training on functional capacity of limb skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 60(5): 1743-1751.

Wootton, S.A. y C. Williams. 1983. The influence of recovery duration on repeated maximal sprints. En Biochemistry of Exercise: International Series on Sport Sciences, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel, and J. Poortmans 269-273. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 15

Banks, P. 1995. Outline of Brooke Bennett's work 1994-1996. Ponencia en el U.S. Swimming elite coaches clinic, Colorado Springs, CO, 4 de mayo.

Banks, P. 1997. Going the distance: Training Brooke Bennett. *Swimming Technique* 34(1): 14-16.

Banks, P. 1998. Peter Banks, coach of Brooke Bennett Olympic gold medalist 800 meter freestyle. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 67-70. Fort Lauderdale, FL: Swimming Coaches Association.

Bidrman, J. 2000. Training a champion. *Swimming Technique* 37(1):10-13.

Bidrman, J. 1997. Penny Heyns: The making of an Olympic Champion. *Swimming Technique* 33(4): 18-21.

Bidrman, J. 1998. Coach Jan Bidrman: The training of Penny Heyns of South Africa – Olympic gold medallisr 100 and 200 meter breaststroke. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 110-121. Fort Lauderdale, FL: World Swimming Coaches Association.

Carew, J. 1994. Kieren Perkins – 1,500 meter freestyle. En *World Clinic Series*, vol. 25, 149-156. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Carew, J. 1998. John Carew, coach of Kieren Perkins Olympic gold medalist, 1,500 meter freestyle. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 138-143.

Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Darabos, B., R. Bulbulian y A.R. Wilcox. 1984. Aerobic and anaerobic measures in distance

running performance of trained athletes. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 177.

Dudley, G.A. y R. Djamil. 1985. Incompatibility of endurance and strength training modes of exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(2): 184.

Fitts, R.H., D.L. Costill y P.R. Gardetto. 1989. Effect of swim exercise training on human muscle fiber function. Journal of Applied Physiology 66(1): 465-475.

Gollnick, P.D., R.B. Armstrong, C.W. Saubert IV, K. Piehl y B. Saltin. 1972. Enzyme activity, and fiber composition in skeletal muscle of untrained and trained men. *Journal of Applied Physiology* 33: 312-319.

Hickson, R.C., B.A. Dvorak, E.M. Corostiaga, T.T. Kurowski y C. Foster. 1988. Strength training and performance in endurance trained subjects. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(2): S86.

Johnson, R. 1998. What the Australians are really doing. Swimming Technique 34(1): 9-12.

MacDougall, J.D., D. Sale, I. Jacobs, S. Garner, D. Moroz y D. Mc-Master. 1987. Concurrent strngth and endurance training do not impede gains in VO_2max. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S87.

Marsh, D. 1997. Building a powerhouse sprint program. *Swimming technique* 34(1): 10-13.

Nagy, J. 1994. The training of Mike Barrowman, 200 meter breaststroke gold medalist. En *World Clinic Series*, vol. 25, 183-193. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Nelson, A.G., R.K. Conlee, D.A. Arnall, S.F. Loy y L.J. Sylvester.1984. Adaptations to simultaneous training for strength and endurance. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 184.

Olbrecht, J. 2000. *The Science of Winning: Planning, Periodizing, and Optimizing Swim Training*. Kersenbomenlaan, Bélgica: publicado por el autor.

Quick, R. 1994. Summer Sanders – 200 meter butterfly. En *World Clinic Series*, vol. 25, 194-200. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Ring, S., A. Mader, W. Wirtz y K. Wilke. 1996. Energy metabolism during sprint Swimming. En *Proceedings: Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 179-184. Londres: E & FN Spon.

Schubert, M. 1994. The training of Janet Evans, 800 meter gold medalist. En *World Clinic Series*, vol. 25, 201-208. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Sharp, R.L., D.L. Costill, W.J. Fink y D.S. King. 1986. Effects of eight weeks of bicycle

ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine* 7(1): 13-17.

Tesch, P.A., K. Hakkinen y P.V. Komi. 1985. The effect of strength training and detraining on various enzyme activities. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 2: 245.

Touretski, G. 1994. The preparation of Olympic freestyler Alexandre Popov, 50-100 meter freestyle gold medalist. En *World Clinic Series*, vol. 25, 209-219. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Touretski, G. 1997. The Olympic preparation of Alexandre Popov. En *World Clinic Series*, vol. 28, 56-64. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Touretski, G. 1998. Gennadi Touretski, coach of Alexandre Popov Olympic gold medalist 50 and 100 meter freestyle. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 93-96. Fort Lauderdale, FL: World Swimming Coaches Association.

Trappe, S.W. 1996. Metabolic demands for swimming. En *Proceedings, Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 127-134. Londres: E & FN Spon.

Troup, J.P., J.M. Metzger y R.H. Fitts. 1986. Effect of high-intensity exercise training on functional capacity of limb skeletal muscle. *Journal of Applied Physiology* 60(5): 1743-1751.

Urbanchek, J. 1985. The systematic training methods and structure used at the University of Michigan. Ann Arbor: Publicado por el autor.

Urbanchek, J. 1998. Jon Urbanchek, coach of Tom Dolan Olympic gold medalist 400 individual medley. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 97-104. Fort Lauderdale, FL: World Swimming Coaches Association.

Volkers, S. 1997. The training of Samantha Riley and Susan O'Neill. En *World Clinic Series*, vol. 28, 65-89. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Volkers, S. 1998. Scott Volkers, coach of Susan O'Neill Olympic gold medalist 200 meter butterfly. En *The World Swimming Coaches Association Gold Medal Clinic Series*, vol. 2, 13-27. Fort Lauderdale, FL: World Swimming Coaches Association.

Capítulo 16

Barber, J.W., T.L. Robinson, E.R. Smith y D.A. Vitale. 1999. Anaerobic threshold

determination for breaststroke and butterfly in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31(Supl. 5): Abstract #1398.

Bellew, K.M., E.J. Burke y B.E. Jensen. 1983. Ratings of perceived exertion at anaerobic threshold in males and females. Abstract. *Abstract of Research Papers* 10. Reston, VA: AAHPERD.

Berg, A., y J. Keul. 1985. Comparative performance diagnostics of anaerobic exertion in laboratory and field exercise of decathletes. *International Journal of Sports Medicine* 6: 244-253.

Bishop, D., D.G. Jenkins y L.T. MacKinnon. 1998. The relationship between plasma lactate parameters, Wpeak, and 1-h cycling performance in women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(8): 1270-1275.

Cheetham, M.E., y C. Williams. 1987. High intensity training and treadmill sprint performance. *British Journal of Sports Medicine* 21: 14-17.

Cheetham, M.E., H. Boobis, S. Brooks y C. Williams. 1986. Human muscle metabolism during sprinting. *Journal of Applied Physiology* 61: 54-60.

Craig, N.P., K.I. Norton, P.C. Bourdon, S.M. Woolford, T. Stanef, B. Squires, T.S. Olds, R.A.J. Conyers y C.B.V. Walsh. 1993. Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 67: 150-158.

Cunningham, D.A., y J.A. Faulkner. 1969. The effect of training on aerobic and anaerobic metabolism during a short exhaustive run. *Medicine and Science in Sports* 1: 65-69.

DiCarlo, L.J., P.B. Sparling, M.L. Millard-Stafford y J.C. Rupp. 1991. Peak heart rates during maximal running and swimming: implications for exercise prescription. *International Journal of Sports Medicine* 12: 309-312.

DiVico, P., J. Simon, S. Lichtman y B. Gutin. 1989. Objectivity and reliability of the lactate breakpoint. [Abstract]. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S22.

Dopsaj, M., M. Milosevic, I. Matkovic, D. Arlov y M. Blagojevic. 1999. The relation between sprint ability in free-style swimming and force characteristics of different muscle groups. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y A. Peter Hollander, 203-208. Jyvaskyla, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Farrell, P.A., J.H. Wilmore, E.F. Coyle, J.E. Billings y D.L. Costill.1979. Plasma lactate accumulation and distance running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11: 338-344.

Ferris, D., F. Piazza, J. Wygand y R.M. Otto. 1989. Seasonal comparison of anaerobic and aerobic power outputs in United States Swimming class 2A swimmers. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S104.

Fric, J. Jr., J. Fric, F. Boldt, H. Stoboy, W. Meller, F. Feldt y W. Drygas. 1988. Reproducibility

of postexercise lactate and anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 310-312.

Fujitsuka, N.T., T. Yamamoto, T. Ohkuwa, M. Saito y M. Miyamura. 1982. Peak blood lactate after short periods of treadmill running. *European Journal of Applied Physiology* 48: 289-296. Furian, J.B., F. Ritthaler, J. Bidermann. 1998. Comparison of different disstances and methods of determination of the anaerobic threshold in swimming field step test. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 19(Supl.1): S23.

Ginn, E.M. y L.T. Mackinnon. 1989. The equivalent of onset of blood lactate accumulation, critical power, and maximal lactate steady state during kayak ergometry. En *Proceedings of the First IOC Congress on Sports Sciences* 34. Colorado Springs: Colortek Printing.

Green, S. y B. Dawson. 1993. Measurement of anaerobic capacities in humans: definitions, limitations, and unsolved problems. *Sports Medicine* 15(5): 312-327.

Griess, M., U. Tegtbur, K-M. Braumann, W.M. Bosse y N. Maassen. 1988. A new method to determine the “Maxlass” workload. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 379.

Gullstrand, L. 1985. Tapering. En *ASCA World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 15-19. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Gullstrand, L., B. Sjodin y J. Svedenhag. 1994. Blood sampling during continuous running and 30-second intervals on a treadmill. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports* 4(4): 239-242.

Hagberg, J.M. y E.R. Coyle. 1983. Physiological determinants of endurance performance as studied in competitive racewalkers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15: 287-289.

Hawley, J.A., y M.M. Williams. 1991. Relationship between upper body anaerobic power and freestyle swimming performance. *International Journal of Sports Medicine* 12: 1-5.

Hermansen, L. 1969. Anaerobic energy release. *Medicine and Science in Sports* 1: 32-38.

Hughson, R.L., C.J., Orok y L.E. Staudt. 1984. A high velocity treadmill running test to assess endurance running potential. *International Journal of Sports Medicine* 5: 23-25.

Ivy, J.L., R.T. Withers, P.J. Van-Handel, D.H. Elger y D.L. Costill.1980. Muscle respiratory capacity and fiber type as determinants of the lactate threshold. *Journal of Applied Physiology* 48: 523-527.

Jacobs, I. 1986. Blood lactate, implications for training and sports performance. *Sports Medicine* 3: 10-25.

Jacobs, I. y P. Kaiser. 1982. Lactate in blood, mixed skeletal muscle, and FT or ST fibers during cycle exercise in man. *Acta Physiologica Scandinavica* 114: 461-466.

Jacobs, I., O. Bar-Or, R. Dotan, J. Karlsson y P. Tesch. 1983. Changes in muscle ATP, CP, glycogen, and lactate after performance of the Wingate anaerobic test. En *Biochemistry of Exercise, International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 234-238. Champaign, IL: Human Kinetics.

Jacobs, I., M. Esborjornsson, C. Sylven, I. Holm y E. Jansson. 1987. Sprint training effects on muscle myoglobin, enzymes, fiber types, and blood lactate. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(4): 368-374.

Jenkins, D.J. y B.M. Quigley. 1990. Blood lactate in trained cyclists during cycle ergometry at critcal power. *European Journal of Applied Physiology* 61: 278-283.

Johnson, R. 1998. What the Australians are really doing. *Swimming Technique* 34(4): 9-12.

Johnson, R.E., R.L. Sharp y C.E. Hedrick. 1993. Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: A multiple regression approach. *Journal of Swimming Research* 9: 10-14.

Jorfeldt, L., A. Juhlin-Dannfelt y J. Karlsson. 1978. Lactate release in relation to tissue lactate in human skeletal muscle during exercise. *Journal of Applied Physiology: Respiration, Environmental and Exercise Physiology* 44(3): 350-352.

Karvonen, M.J., E. Kentals y O. Mutala.1957. The effects of training heart rate: A longitudinal study. *Annales Medicinae Experimentalis et Biologiae Fenniae* 35: 307-315.

Kelly, M., G. Gibney, J. Mullins, T. Ward, B. Donne y M. O'Brien. 1992. A study of blood lactate profiles across different swim strokes. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 227-234. Londres: E & FN Spon.

Keskinen, K.L., P.V. Komi y H. Rusko. 1989. A comparative study of blood lactate tests in swimming. *International Journal of Sports Medicine* 10(3): 197-201.

Komi, P.V., H. Rusko, V. Vos y V. Vihko. 1977. Anaerobic performance capacity in athletes. *Acta Physiologica Scandinavica* 100: 107-114.

Koutedakis, Y. y C.C. Sharp. 1985. Lactic acid removal and heart rate frequencies during recovery after strenuous rowing exercise. *British Journal of Sports Medicine* 19(4): 199-202.

Lacour, J.R., E. Bouvat y J.C. Barthelemy. 1990. Post-competition blood lactate concentrations as indicators of anaerobic energy expenditure during 400 m and 800 m races. *European Journal of Applied Physiology* 61: 172-176.

MacLaren, D.P.M. y M. Coulson. 1999. Critical swim speed can be used to determine changes in training status. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y A. Peter Hollander, 227-231. Jyvaskyla, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Mader, A., H. Heck y W. Hollmann. 1976. Evaluation of lactic acid anaerobic energy

contribution by determination of post-exercise lactic acid concentration of capillary blood in middle distance runners and swimmers. En *Exercise Physiology*, editado por F. Landing y W. Orban, 187-199. Miami FL: Symposia Specialists.

Madsen, O. y M. Lohberg. 1987. The lowdown on lactates. *Swimming Technique* 24(1): 21-26.

Maglischo, E., C. Maglischo y R. Bishop. 1982. Lactate testing for training pace. *Swimming Technique* 19: 31-37.

Matsunami, M., M. Taguchi, A. Taimura, M. Suga y S. Taba. 1999a. Relationship among different performance tests to estimate maximal aerobic swimming speed. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 31 (Supl. 5): Abstract #376.

Matsunami, M., M. Taguchi, A. Taimura, M. Suyama, M. Suga, S. Shimonagata, M. Aoyagi y T. Syoichiro. 1999b. Comparison of swimming speed and exercise intensity during non-invasive test and invasive test in competitive swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming VIII*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y A. Peter Hollander, 239-244. Jyvaskyla, Finlandia: University of Jyvaskyla.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.L. Katch. 1996. *Exercise Physiology: Energy, Nutrition, and Human Performance*. Baltimore: Wiliams & Wilkins.

McArdle, W.D., J.R. Magel, D.J. DeLuca, M. Tomer y J.M. Chase. 1978. Specificity of run training on VO_2max and heart rate changes during running and swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 10(1): 16-20.

McKenzie, D.C. y A. Mavrogiannis. 1986. Changes in the lactate inflection point with prolonged aerobic exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18(2): S22.

Medbo, J.I. y S. y Burgers. 1990. Effects of training on the anaerobic capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 22(4): 501-507.

Monod, H. y J. Scherrer. 1965. The work capacity of a synergic muscular group. *Ergonomics* 8: 329-337.

Moritani, T., A. Nagata, H.A. de Vries y M. Muro. 1981. Critical power as a measure of physical work capacity and anaerobic threshold. *Ergonomics* 24(5): 339-350.

Nevill, M.E., L.H. Boobis, S. Brooks y C. Williams. 1989. Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *Journal of Applied Physiology* 67(6): 2376-2382.

Ohkuwa, T., Y. Kats, K. Katsumata, T. Nakao y M. Miyamura. 1984. Blood lactate and glycerol after 400m and 3000m runs in sprint and long distance runners. *European Journal of Applied Physiology* 53: 213-218.

Olbrecht, J., A. Mader, H. Heck y W. Hollmann. 1988. Relation between lactate and swimming speed depending on the test conditions (pool length, before and after

endurance training, AM versus PM, qualifications and finals, relay or individual races). Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 379.

Olbrecht, J., O. Madsen, A. Mader, H. Liesen y W. Hollman. 1985. Relationship between swimming velocity and lactic acid concentrations during continuous and intermittent training exercise. *International Journal of Sports Medicine* 6(2): 74-77.

Oyono-Enguelle, S., A. Heitz, J. Marbach, C. Ott, M. Gartner, A. Pape, J.C. Vollmer y H. Freund. 1990. Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 60: 321-330.

Pelayo, P., J. Delaporte, N. Gosse y M. Sydney. 2000. Critical speed & critical stroke rate could be useful physiological and technical criteria for coaches to monitor endurance performance in competitive swimmers. *ISBS Swimming 2000 Online*, editado por R.H. Sanders.

Peyrebrune, M.C. y C.A. Hardy. 1992. Heart rate and lactate response to swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 235-241. Londres: E & FN Spon.

Pfitzinger, P. y P.S. Freedson. 1998. The reliability of lactate measurements during exercise. *International Journal of Sports Medicine* 19: 349-357.

Purvis, J.W. y K. Cureton. 1981. Ratings of perceived exertion at anaerobic threshold. *Ergonomics* 24: 295-300.

Reilly, T. y V. Woodbridge. 1999. Effects of moderate dietary manipulations on swim performance and on blood lactate-swimming velocity curves. *International Journal of Sports Medicine* 20: 93-97.

Robergs, R.A., J. Chwalbinska-Moneta, D.L. Costill y W.J. Fink. 1989. Threshold for muscle lactate accumulation during progressive exercise. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S24.

Roberts, A.D., R. Billeter y H. Howald. 1982. Anaerobic muscle enzyme changes alter interval training. *International Journal of Sports Medicine* 3: 18-21.

Roecker, K., O. Schotte, A.M. Niess, T. Horstman y H-H. Dickhuth. 1998. Predicting competition performance in long-distance running by means of a treadmill test. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(10): 1552-1557.

Rutt, R., J. Weltman, R. Schurrer, D. Snead, T. Reilly, R. Seip, A. Rogol y A. Weltman. 1987. Use of percentages of maximal heart rate. Heart rate reserve and VO_2max to determine training intensity in male runners. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S14.

Sawka, M.N., R.G. Knowlton, D.S. Miles y J.B. Critz. 1979. Post competition blood lactate concentrations in collegiate swimmers. *European Journal of Applied Physiology* 41: 93-

99.

Sharp, R.L. 1984. Use of blood lactates in training. En *1984 World Clinic Yearbook*, editado por T.F. Welsh, 87-92. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Sharp, R.L., J.P. Troup y D.L. Costill. 1982. Relationship between power and sprint freestyle swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14: 53-56.

Sharp, R.L., J.P. Troup, A.B. Richardson y P.D. Stanford. 1984a. Blood lactate profiles of 1984 Olympic Swimmers: Comparison with sub-elite collegiate swimmers. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 193.

Sharp, R.L., C.A. Vitelli, D.L. Costill y R. Thomas. 1984b. Comparison between blood lactate and Heart rate profiles during a season of competitive swim training. *Journal of Swimming Research* 1(1): 17-20.

Sharp, R.L., D.L. Costill, W.J. Fink y D.S. King. 1986. Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *International Journal of Sports Medicine* 7: 13-17.

Simon, J., K.R. Segal y L.A. Jaffe. 1987. Exercise prescription based on perceived exertion versus Herat rate in middle-aged women. Abstract. *Medicine and Science in Sport and Exercise* 19(2): S14.

Sjodin, B. e I. Jacobs. 1981. Onset of blood lactate accumulation and marathon running performance. *International Journal of Sports Medicine* 2(1): 23-26.

Stegmann, H. y W. Kindermann. 1982. Comparison of prolonged exercise tests at the individual anaerobic threshold and the fixed anaerobic threshold of 4 mmol.l lactate. *International Journal of Sports Medicine* 3: 105-110.

Szogy, A. 1988. Assessment of anaerobic capacity in swimmers by a two-phase laboratory and field test. En *Swimming Science V*, *International Series on Sports Sciences.* Vol. 18, editado por B. E. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 305-310. Champaign, IL: Human Kinetics.

Takahashi, S., M. Bone, S. Spry, S. Trappe y J.P. Troup. 1992a. Differences in the anaerobic power of age group swimmers. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly, y A. Lees, 289-294. Londres: E & FN Spon.

Takahashi, S., M. Bone, J.M. Cappaert, A. Barzdukas, L.D'Acquisto, A.P. Hollander y J.P. Troup. 1992b. Validation of a dryland swimming specific measurement of anaerobic power. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly, y A. Lees, 301-305. Londres: E & FN Spon.

Tamayo, M., A. Sucec, W. Phillips, M. Buono, L. Laubach y M. Frey. 1984. The Wingate anaerobic power test, peak blood lactate and maximal oxygen uptake in elite volleyball players: a validation study. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 126.

Tegtbur, U., M.W. Busse y K.M. Braumann. 1993. Estimation of an individual equilibrium between lactate production and catabolism during exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25(5): 620-627.

Touretski, G. 1994. The preparation of Olympic freestyler Alexandre Popov, 50-100 meter freestyle gold medalist. En *World Clinic Series*, vol. 25, 209-219. Fort Lauderdale, FL: American Swimming Coaches Association.

Trappe, S.W. 1996. Metabolic demands for swimming. En *Proceedings, Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 127-134. Londres: E & FN Spon.

Uusitalo, A.L.T., A.J. Uusitalo y H.K. Rusko. 1998. Exhaustive endurance training for 6-9 weeks did not induce changes in intrinsic heart rate and cardiac autonomic modulation in female athletes. *International Journal of Sports Medicine* 19: 532-540.

Wakayoshi, K., T. Yoshida, M. Udo, T. Kasai, T. Moritani, Y. Mutoh y M. Miyashita. 1992a. A simple method of determining critical speed as swimming fatigue threshold in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine* 13(5): 367-371.

Wakayoshi, K., K. Ikuta, T. Yoshida, M. Udo, T. Moritani, Y. Mutoh y M. Miyashita. 1992b. Determination and validity of critical velocity as an index of swimming performance in the competitive swimmer. *European Journal of Applied Physiology* 64: 153-157.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise,2a edición*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Capítulo 17

Bergstrom, J., L. Hermansen, D. Hultman y B. Saltin. 1967. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica* 71: 140-150.

Bompa, T.O. 1999. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Boven, A.P.M., H.A. Keizer y H. Kuipers. 1985. Muscle glycogen synthesis in dependence of liquid and solid meals. (Abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(2): 205.

Cheetham, M.E., L.H. Boobis, S. Brooks y C. Williams. 1986. Human muscle metabolism during sprint running. *Journal of Applied Physiology* 6(1): 54-60.

Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwan, J.A. Houmard, J.B. Mitchell, R. Thomas y S.H. Park. 1988. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3): 249-254.

Costill, D.L., R. Bowers, G. Branam y K. Sparks. 1971. Muscle glycogen utilization during prolonged exercise on successive days. *Journal of Applied Physiology* 31: 834-838.

Costill, D.L., P.D. Gollnick, E. Jansson, B. Saltin y E. Stein. 1973. Glycogen depletion patterns in human muscle fibers during distance running. *Acta Physiologica Scandinavica* 89: 374-383.

Costill, D.L., D.S. King, R. Thomas, M. Hargreaves. 1985. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Physician and Sportsmedicine* 13: 94-101.

Costill, D.L., W.J. Fink, M. Hargreaves. D.S. King, R. Thomas y R. Fielding. 1985. Metabolic characteristics of skeletal muscles during detraining from competitive swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(3): 339-343.

Coyle, E.F., M.K. Hemmert y A.R. Coggan. 1986. Effects of detraining on cardiovascular responses to exercise: Role of blood volume. *Journal of Applied Physiology* 60: 95-99.

Coyle, E.F., W.H. Martin y J.O. Holloszy. 1983. Cardiovascular and metabolic rates of detraining. (Abstract). *Medicine and Science in Sports and Exercise* 15: 158.

Coyle, E.F., W.H. Martin, S.A. Bloomfield, O.H. Lowry y J.O. Holloszy. 1985. Effects of detraining on responses to submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology* 59(3) : 853-859.

Denis, C., R. Fouquet, P. Poty, A. Geyssant y J.R. Lacour. 1982. Effects of 40 weeks of endurance training on the anaerobic threshold. *International Journal of Sports Medicine* 3(4): 208-214.

Drinkwater, B.L. y S.M. Horvath. 1972. Detraining in young women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 4: 91-95.

Glina, J.C., V.J. Caiozzo, R.J. Bielen, C.A. Prietto y W.C. McMaster. 1984. Anaerobic threshold for leg cycling and arm cranking. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 16(2): 109.

Gollnick, P.D., R.B. Armstrong, W.L. Sembrowich, W.L. Shephard y B. Saltin. 1973. Glycogen depletion patterns in human skeletal muscle fibers after heavy exercise. *Journal of Applied Physiology* 34: 615-618.

Hickson, R.C., C. Foster, M.L. Pollock, T.M. Galassi y S. Rich. 1985. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance and cardiac growth. *Journal of Applied Physiology* 58: 492-499.

Hickson, R.C., C. Kanakis, J.R. Davis, A.M. Moore y S. Rich. 1982. Reduced training duration and effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of*

Applied Physiology 53(1): 225-229.

Houmard, J.A., J.P. Kirwan, M.G. Flynn y J.B. Mitchell. 1989. Effect of reduced training on submaximal and maximal running responses. *International Journal of Sports Medicine* 10(1): 30-33.

Houston, M.E. 1978. Metabolic responses to exercise with special reference to training and competition in swimming. En *Swimming Medicine IV*, *International Series on Sport Sciences. Vol 6,* editado por B. Eriksson y B. Furberg, 207-232. Baltimore: University Park Press.

Kirwan, J.P., D.L. Costill, M.G. Flynn, J.B. Mitchell, W.J. Fink, P.D. Neufer y J.A. Houmard. 1988. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. Medicine and Science in Sports and Exercise 20(3): 255-259.

Klausen, K., L.A. Andersen e I. Pelle. 1981. Adaptive changes in work capacity, skeletal muscle capilarization and enzyme levels during training and detraining. *Acta Physiologica Scandinavica* 113: 9-16.

Koshkin, I. 1984. The training program that developed Salnikov. En *How to Develop Olympic Level Swimmers: Scientific and Practical Foundations*, editado por J.L. Cramer, 109-117, Helsinki: International Sports Media.

Maglischo, E.W. 1990. Flexibility losses during detraining from competitive swimming. Datos sin publicar. Bakersfield, CA.

Troup, J.P. 1989. Detraining. En *Research Updates*, editado por J.P. Troup, 10, Colorado Springs: United States Swimming.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*.2ª edición. Champaign, IL: Human Kinetics.

Yakolev, N. 1967. Sports Biochemistry. Leipzig: Deutche Hochschule fur Korpekultur.

Capítulo 18

Anderson, R., J. Johns, J.A. Houmard, R.W. Kobe, T. Hortobagyi,N.J. Bruno, J.M. Wells y M.H. Shinebarger. 1992. Effects of taper on swim power, stroke distance and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 24: 1141-1146.

Bergstrom, J., L. Hermansen, D. Hultman y B. Saltin. 1967. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiologica Scandinavica* 71: 140-150.

Bompa, T.O. 1999. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Bryntesson, P. y W.E. Sinning. 1973. The effects of training frequencies on the retention of cardiovascular fitness. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 5: 29-33.

Burke, E.R., H.L. Falsetti, R.D. Feld, G.S. Patton y C. Kennedy. 1982. Blood testing to determine overtraining in swimmers. *Swimming Technique* 18: 29-33.

Costill, D.L., D.S. King, R. Thomas y R. Hargreaves. 1985. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Physician and Sportsmedicine* 13: 94-101.

D'Acquisto, L.J., M. Bone, S. Takahashi, G. Langhans, A.P. Barzdukas y J.P. Troup. 1992. Changes in aerobic power and swimming economy as a result of reduced training volume. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 201-205. Londres: E & FN Spon.

Graves, J.E., M.L. Pollock, S.H. Legett, R.W. Braith, M.D. Carpenter y L.E. Bishop. 1988. Effect of reduced training frequency on muscular strength. *International Journal of Sports Medicine* 9: 316-319.

Hickson, R.C. y M.A. Rosenkoetter. 1981. Reduced training frequencies and maintenance of increased aerobic power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 13(1): 13-16.

Hickson, R.C., C. Kanakis, J.R. Davis, A.M. Moore y S. Rich. 1982. Reduced training duration effects on aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of Applied Physiology* 53(1): 225-229.

Hickson, R.C., C. Foster, M.L. Pollock, T.M. Galassi y S. Rich. 1985. Reduced training intensities and loss of aerobic power, endurance, and cardiac growth. *Journal of Applied Physiology* 58(2): 492-499.

Houmard, J.A. 1991. Impact of reduced training on performance in endurance athletes. *Sports Medicine* 12: 380-393.

Houmard, J.A., B.K. Scott, C.L. Justice y T.C. Chenier. 1994. The effects of taper on performance in distance runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: 624-631.

Houmard, J.A., J.P. Kirwan, M.G. Flynn y J.B. Mitchell. 1989. Effect of the reduced training on submaximal and maximal running responses. *International Journal of Sports Medicine* 10: 30-33.

Kenitzer, R.F. 1998. Optimal taper period in female swimmers based on blood lactate concentrations and performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (Supl. 5): Abstract 611.

Matveyev, L.P., V.K. Kalinin y N. Ozolin. 1974. Characteristics of athletic shape and methods of rationalizing the structure of the competitive phase. *Scientific Research*

Collection, Moscow, 4-23.

Millard, M., C. Zauner, R. Cade y R. Reese. 1985. SERUM CPK levels in male and female world class swimmers during a season of training. *Journal of Swimming Research* 1(2): 12-16.

Mujika, I., T. Busso, L. Lacoste, F. Barale, A. Geyssant y J-C. Chatard. 1996. Modeled responses to training and taper in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 28: 251-258.

Neary, J.P., T.P. Martin, D.C. Reid, R. Burnham y H.A. Quinney. 1992. The effect of reduced exercise during taper programme on performance and muscle enzymes of endurance cyclists. *European Journal of Applied Physiology* 65: 30-36.

Neufer, P.D., D.L. Costill, R.A. Fielding, M.G. Flynn y J.P. Kirwan. 1988. Changes during reduced training. *Swimming Technique* 24(4): 21-24.

Neufer, P.D., D.L. Costill, R.A. Fielding, M.G. Flynn y J.P. Kirwan. 1987. Effect of reduced training on muscular strength and endurance in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19: 486-490.

Ozolin, N.G. 1971. Sovremennaia systema sportivnoi trenirovsky (Ahtlete's training system for competition). Moscow: Fizkultura I Sport. Citado en T.O. Bompa, 1999. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Rushall, B.S. y J.D. Busch. 1980. Hematological responses to training in elite swimmers. *Canadian Journal of Sports Sciences* 5: 164-169.

heply, B., J.D. MacDougall, N. Cipriano, J.R. Sutton, M.A. Tarnopolski y G. Coates. 1992. Physiological effects of tapering in highly trained athletes. *Journal of Applied Physiology* 72: 706-711.

Trappe, S., D.L. Costill, G. Lee y R. Thomas. 1998. Effect of swim taper on human single muscle fiber contractile properties. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30(Supl. 5): Abstract #220.

Troup, J.P. 1989. Interim training periods. *Research Updates*, 9. Colorado Springs: United States Swimming.

Van Handel, P.J., A. Katz, J.P. Troup. J.T. Daniels y P.W. Bradley.1988. Oxygen consumption and blood lactic acid response to training and taper. En *Swimming Science V*, *International Series on Sports Science, v* ol. 18, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 269-275. Champaign, IL: Human Kinetics.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1999. *Physiology of Sport and Exercise*,2ª edición. Champaign: IL, Human Kinetics.

Yamamoto, Y., Y. Mutoh y M. Miyashita. 1988. Hematological and biochemical indices during the tapering period of competitive swimmers. En *Swimming Science V*, *International Series on Sports Science, v* ol. 18, editado por B. Ungerechts, K. Wilke y

K. Reischle, 243-249. Champaign, IL: Human Kinetics.

Zarkadas, P.C., J.B. Carter y E.W. Banister. 1994. Taper increases performance and aerobic power in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 26: 34

Capítulo 19

Alessio, H.M. 1993. Exercise-induced oxidative stress. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 25: 218-224.

Bendich, A. y L.J. Machlin. 1988. Safety of oral intake of vitamin E. *American Journal of Clinical Nutrition* 48: 1088-1089.

Bompa, T.O. 1999. *Periodization: Theory and Methodology of Training*. Champaign, IL: Human Kinetics.

Booth, F.W. y J.O. Holloszy. 1977. Cytochrome c turnover in rat skeletal muscle. *Journal of Biological Chemistry* 252: 416-419.

Cohen, G.y R. Heikkila. 1974. The generation of hydrogen peroxide, superoxide and hydroxyl radical by 6-hydroxydopamine dialuric acid and related cytotoxic agents. *Journal of Biological Chemistry* 249: 2447-2450.

Costill, D.L. 1986. *Inside running: Basics of Sports Physiology*. Indianapolis: Benchmark Press.

Costill, D.L., M.G. Flynn, J.P. Kirwan, J.A. Houmard, J.B. Mitchell, R. Thomas y S.H. Park. 1988. Effects of repeated days of intensified training on muscle glycogen and swimming performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3): 249-254.

Costill, D.L., D.S. King, R. Thomas, y M. Hargreaves. 1985. Effects of reduced training on muscular power in swimmers. *Physician and Sports Medicine* 13(2): 94-101.

Czajowski, W. 1982. A simple method to control fatigue in endurance training. En *Exercise and Sport Biology*, editado por P.V. Komi, 207-212. Champaign, IL: Human Kinetics.

Demopoulos, H.B., J.P. Santomier, M.L. Seligman y D.D. Piertronigro. 1986. Free radical pathology: Rationale and toxicology of antioxidants and other supplements in sports medicine and exercise science. En Sport, Health and Nutrition, editado por F.I. Katch, 139-189. Champaign, IL: Human Kinetics.

Dressendorfer, R.H., C.E. Wade y J.H. Schaff. 1985. Increased morning heart rates in

runners: a valid sign of overtraining? *Physician and Sportsmedicine* 13: 77-86.

Frohlich, J., A. Urhausen, U. Seul y W. Kindermann. 1988. Effect of low and high carbohydrate diet on lactate kinetics. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 361.

Goldspink, D.F., P.J. Garlick y M.A. McNurian. 1983. Protein turnover measured in vivo and in vitro muscles undergoing compensatory growth and subsequent denervation atrophy. *Biochemical Journal* 210: 84-98.

Higuchi, M., L-J. Cartier, M. Chen y J.O. Holloszy. 1985. Superoxide dismutase and catalase in skeletal muscle. Adaptive response to exercise. *Journal of Gerontology* 40: 281-286.

Ji, L.L. 1995. Exercise and oxidative stress: role of the cellular antioxidant system. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol 23, editado por J.O. Holloszy, 135-166. Baltimore: Williams & Wilkins.

Kanter, M.M., L.A. Nolte y J.O. Holloszy. 1993. Effects of an antioxidant vitamin mixture on lipid peroxidation at rest and postexercise. *Journal of Applied Physiology* 74: 965-969.

Kibler, W.B., T.J. Chandler y E.S. Stracener. 1992. Musculoskeletal adaptations and injuries due to overtraining. En *Exercise and Sport Sciences Reviews*, vol 20, editado por J.O. Holloszy, 99-126. Baltimore: Williams & Wilkins.

Kirwan, J.P., D.L. Costill, M.G. Flynn, J.B. Mitchell, W.J. Fink, P.D. Neufer y J.A. Houmard. 1988. Physiological responses to successive days of intense training in competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(3): 255-259.

Kreider, R.B., V. Miriel y E. Bertun. 1993. Amino acid supplementation and exercise performance: Proposed ergogenic value. *Sports Medicine* 16: 190-209.

Laurent, G.J. y D.J. Milward. 1980. Protein turnover during skeletal muscle hypertrophy. Federation Proceedings 39: 42-47.

McArdle, W.D., F.I. Katch y V.I. Katch. 1996. *Exercise Physiology, Energy, Nutrition and Human Performance*. Baltimore: Williams & Wilkins.

McNair, D.M., M. Lorr y L.F. Droppleman. 1971. *Profile of Mood States Manual*. San Diego: Educational and Industrial Testing Service.

Miller, K., T. Telander, L. Heppes y J.P. Troup. 1989. Alterations in swimming economy following intense training periods. En *Winning Spirit Instructional Series*, editado por J.P. Troup, Colorado Springs: United States Swimming.

Morgan, W.P. 1985. Affective beneficience of vigorous physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17: 94-100.

Morgan, W.P., D.R. Brown, J.S. Ralgin, P.J. O'Connor y K.A. Ellickson. 1987. Physiological

monitoring of overtraining and staleness. *British Journal of Sports Medicine* 21(3): 107-114.

Morgan, W.P., D.L. Costill, M.G. Flynn, J.S. Raglin y P.J. O'Connor.1988. Mood disturbance following increased training in swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(4): 408-414.

O'Connor, P.J., W.P. Morgan, J.S. Raglin, C.M. Barksdale y N.H. Kalin. 1989. Selected psychoendocrine responses to overtraining. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S50.

Pincemail, J. 1987. Pentane measurement in man as an index of lipoperioxidation. *Bioelectronchemistry and Bioenergetics* 18: 117. Pyne, D.B., y M. Gleeson. 1998. Effects of intensive exercise training on immunity in athletes. *International Journal of Sports Meidcine* 19(Supl. 3): S183-S191.

Quintanilha, A.T. 1984. The effect of physical exercise and/or vitamin E on tissue oxidative metabolism. *Biochemical Society Translations* 12: 403-404.

Raglin, J.S. y W.P. Morgan. 1989. Development of a scale to measure training-induced distress. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 21(2): S50.

Selye, H. 1956. The Stress of Life. Nueva York: McGraw-Hill.

Sharp, R.L., C.A. Vitelli, D.L. Costill y R. Thomas. 1984. Comparison between blood lactate and heart rate profiles during a season of competitive swimming. *Journal of Swimming Research* 1(1): 17-20.

Sherman, W.M. y E.W. Maglischo. 1991. Minimizing chronic athletic fatigue among swimmers: special emphasis on nutrition. *Sports Science Exchange* 4: 35. Chicago: Gatorade Sports Science Institute.

Starnes, J.W., G. Cantu, R.P., Farrar y J.P. Kehrer. 1989. Skeletal muscle lipid peroxidation in exercise and food-restricted rats during aging. *Journal of Applied Physiology* 67: 69-75.

Stray-Gunderson, J., T. Videman y P.G. Snell. 1986. Changes in selected objective parameters during overtraining. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18(2): S54-S55.

Tegtbur, U., M. Griess, K.M. Braumann, W.M. Busse y W. Maasen. 1988. A method for determining the endurance capacity of runners. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 9(5): 387.

Urhausen, A., T. Kullmer y W. Kindermann. 1987. The influence of an intense training and competition period upon the anabolic-catabolic hormonal relationship in rowers. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 8(2): 149.

VanHeest, J.L. 1997. Stress in athletes. *Coaches' Quarterly*, una publicación de United States Swimming 4(2): 9.

Weiss, M., K. Reischle, N. Bouws, G. Simon y H. Weicker. 1988. Relationship of blood lactate accumulation to stroke rate and distance per stroke in top female swimmers. En *Swimming Science V International Series on Sports Sciences*, v ol. 18, editado por B. E. Ungerechts, K. Wilke y K. Reischle, 295-303. Champaign, IL: Human Kinetics.

Wigermaes, I., A.T. Hostmark, P. Kierulf y S.B. Stromme. 1998. The effect of active recovery upon leukocytes amd myocellular enzymes after moderate and high intensity running in trained subjects. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 19(Supl. 3): S225.

Winder, W.W., R.C. Hickson, J.M. Hagberg, A.A. Ehsani y J.A. McLane. 1979. Training induced changes in hormonal and metabolic response to submaximal exercise. *Journal of Applied Physiology* 46(4): 766-771.

Capítulo 20

Chollet, D., P. Moretto, P. Pelayo y M. Sydney. 1996. Energetic effects of velocity and stroke rate control in non-expert swimmers. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 172-176. Londres: E & FN Spon.

Comité Olímpico Internacional, Subcomisión de Biomecánica y Fisiología Deportiva, 1996. Los análisis de las competiciones en las pruebas de natación, Juegos Olímpicos, Atlanta, GA, 1996.

Craig, A.B. y D.R. Pendergast. 1979. Relationship of stroke rate, distance per stroke and velocity in competition swimming. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 11: 278-283.

Craig, A.B., P.L. Skehan, J.A. Pawelczyk y W.L. Boomer. 1985. Velocity, stroke rate, and distance per stroke during elite swimming competition. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17(6): 625-624.

Instituto Australiano del Deporte, Departamento de Biomecánica,1998. Análisis Biomecánicos, Campeonatos Mundiales de Natación de 1998, Perth, Australia

Keskinen, K.L., O.P. Keskinen y A. Mero 1996. Effects of pool length on biomechanical performance in front crawl swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 216-220. Londres: E & FN Spon.

Letzelter, H., y W. Freitag. 1983. Stroke length and stroke frequency variations in men's and women's 100-m freestyle swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming,*

International Series on Sports Science, vol. 14, editado por A.P. Hollander, P.A. Huijing y G. de Groot, 315-322. Champaign, IL: Human Kinetics.

Mason, B. y J. Cossor. 2000. What can we learn from competition analysis. ISBS Swimming online, editado por R. Sanders. Edinburgo, Esocia: University of Edinburgh.

McArdle, D. y T. Reilly. 1992. Consequences of altering stroke parameters in front crawl swimming and its simulation. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 125-130. Londres: E & FN Spon.

Pai, Y., J.G. Hay, B.D. Wilson y A.L. Thayer. 1984. Stroking techniques of elite swimmers. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 20(2): 159.

Wakayoshi, K., T. Yoshida, Y. Ikuta, Y. Mutoh y M. Miyashita. 1993. Adaptations to six months of aerobic swim training. *International Journal of Sports Medicine* 14(7): 368-372.

Wirtz, W., K. Wilke y F. Zimmerman. 1992. Velocity, distance per stroke and stroke frequency of highly skilled swimmers in 50m freestyle sprint in a 50 and 25 m pool. En *Biomechanics and Medicine in Swimming: Swimming Science VI*, editado por D. MacLaren, T. Reilly y A. Lees, 131-141. Londres: E & FN Spon.

Capítulo 21

Chatard, J.C., D. Chollet y G. Millet. 1998. Effects of draft swimming on performance and drag. En *Abstracts, VIII International Symposium on Biomechanics And Medicine In Swimming*, editado por K.L. Keskinen, P.V. Komi y P.L. Pitkanen, 46. Helsinki, Finlandia: University of Jyvaskyla.

Jacobs, I. O. Bar-Or, R. Dotan, J. Karlsson y P. Tesch. 1983. Changes in muscle ATP, CP, glycogen, and lactate after performance of the Wingate anaerobic test. En *Biochemistry of Exercise, International Series on Sport Sciences*, vol. 13, editado por H.G. Knuttgen, J.A. Vogel y J. Poortmans, 234-238. Champaign, IL: Human Kinetics.

Keskinen, K.L., O.P. Keskinen y A. Mero 1996. Effects of pool length on biomechanical performance in front crawl swimming. En *Biomechanics and Medicine in Swimming*, editado por J.P. Troup, A.P. Hollander, D. Strasse, S.W. Trappe, J.M. Cappaert y T.A. Trappe, 216-220. Londres: E & FN Spon.

Mathews, D.K., R. Bowers, E. Fox y W. Wilgus. 1963. Aerobic and anaerobic work efficiency. *Research Quarterly* 27: 41-51.

Robinson, S., D.L. Robinson, R.I.J. Montoye y R.W. Bullard. 1958. Fatigue and efficiency of men during exhausting runs. *Journal of Applied Physiology* 12 : 197-201.

Song, T.K., O. Serresse, P. Ama, G.J. Theriault y M.R. Boulay. 1988. Effects of three anaerobic tests on venous blood lactates. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 23(2): S39.

Capítulo 22

Asmussen, E. y O. Boje. 1945. Body temperature and capacity for work. *Acta Physiologica Scandinavica* 10: 1-22.

Bond, V., R. Adams, K. Gresham, R. Tearney, M. Capraroia, W. Ruff, H. Gregory y A. Stoddard. 1987. Effects of active and passive recovery on lactic acid removal and subsequent muscle function. Abstract. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 19(2): S35.

Bonen, A. y A.N. Belcastro. 1976. Comparison of self-selected recovery methods on lactic acid removal rates. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 8(3): 176-178.

Chwalbinska-Moneta, J. y O. Hanninen. 1989. Effect of active warming-up on thermoregulatory, circulatory, and metabolic responses to incremental exercise in endurance-trained athletes. *International Journal of Sports Medicine* 10(1): 25-29.

DeBruyn-Prevost, P. y F. Lefebvre. 1980. The effects of various warming-up intensities and durations during a short maximal anaerobic exercise. *European Journal of Applied Physiology* 43: 101-108.

deVries, H.A. 1974. Warm-up: Its values and efficient utilization. En *Proceedings: International Symposium on the Art and Science of Coaching*, vol. 2, editado por L. Percival, 207-213. Ontario: Canadá: F.I.

Genovely, H. y B.A. Stanford. 1982. Effects of prolonged warm-up above and below the anaerobic threshold on maximal performance. *European Journal of Applied Physiology* 48: 323-330.

Gupta, S., A. Goswami, A.K. Sadhukhan y D.N. Mathur. 1996. Comparative study of lactate removal in short term massage of extremities, active recovery and a passive recovery period after supramaximal exercise sessions. *International Journal of Sports Medicine* 17: 106-110.

Hermiston, R.T. y M.E. O'Brien. 1972. The effects of three types of warm-up on the total

oxygen cost of a short treadmill run. En *Training, Scientific Basis and Application*, editado por A.W. Taylor, 70-75. Springfield, IL: Charles C. Thomas.

Houmard, J.A., R.A. Johns, L.L. Smith, J.M. Wells, R.W. Kobe y S.A. McGoogan. 1991. The effect of warm-up responses to intense exercise. *International Journal of Sports Medicine* 12: 480-483.

Ingjer, F., y S.B. Strommer. 1979. Effects of active, passive, or no warm-up on the physiological responses to heavy exercise. *European Journal of Applied Physiology* 40: 273-282.

Karpovich, P.V. 1965. *Physiology of Muscular Activity.* Philadelphia:W.B. Saunders.

Krukau, M., K. Volker y H. Liesen. 1987. The influence of sportspecific and sport-unspecific recovery on lactate behaviour after anaerobic swimming. Abstract. *International Journal of Sports Medicine* 8(2): 142.

Martin, B.J., S. Robinson, D.L. Wiegman y L.H. Aulick. 1975. Effect of warm-up on metabolic responses to strenuous exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 7: 146-149.

Strozberg, M.V. y A.B. Klar. 1998. Assisted cool down procedures in high performance swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30 (Supl. 5): Abstract 281.

Wilmore, J.H. y D.L. Costill. 1988. *Training for Sport and Activity*. Dubuque, IA: Brown.

Índice alfabético

Nota: La *f* y la *t* que siguen a algunos números de página se refieren a figuras y tablas respectivamente.

A

Abal, Pablo, 200f, 202f, 206f, 293f, 306f

Acelerón para distanciarse, 768-769

Acetil-CoA, 364, 365, 368, 369f

Acetil-CoA sintetasa, 364

Ácido aspártico, 394, 799, 387

Ácido lactico. *Véase* lactatos sanguíneos

Ácido oxaloacético, 369, 369f

Ácido pirúvico, 367, 367f-369f-376f-394-571

Ácidos grasos libres (AGL), 360

Acidosis. *Véase también* lactatos sanguíneos, 370

- En el entrenamiento de día en día, 380-382
- Efectos, 375
- Fatiga y, 374
- Proceso de formación, 371
- Entrenamiento de la tolerancia al lactato, 466-473, 469f
- En la competición

ACTH (hormona adrenocorticotrópica), 799

Actina, 330f, 366, 375

Acuaplanear, 799

Adenosín difosfato (ADP), 360-362, 361f, 366-367

Adenosín trifosfatasa (ATPasa), 360-361f, 366, 375-384

Adenosín trifosfato (ATP), 360-366(f)

- Cadena transportadora de electrones, 369-371(f), 376(f)
- El ciclo energético, 359-360
- En el entrenamiento de la producción de lactato, 467
- Energía procedente de las grasas, 362f
- Energía procedente de las proteínas, 364-365
- Metabolismo aeróbico, 368
- Metabolismo anaeróbico, 367
- Sistema ATP-CP, 366-367(f), 376-379(f), 390

ADH (hormona antidiurética), 357t

Adrenalina, 353-358, 357t, 442-443, 695-697, 707

Adrian, M., 10, 132, 174

Aducción de la parte superior del brazo. *Véase también*

movimiento hacia delante, 83, 799

Aducción del hombro, 84, 163, 168, 199, 247-248, 266

Aerodinámica, 19-25

Afeitarse, 71-72, 674, 685

Agarre

- Alineación del brazo y de la mano, 90
- Braza, 88-89, 249

Brazos anclados con rotación de la cadera, 91-94

Burbujas de aire alrededor de la mano y del brazo, 90-91, 90f

Definición, 87-89

Espalda, 88-89, 199

Estilo libre, 117-121

Importancia en la natación veloz, 87-91, 87f

Mariposa, 88-89, 165f, 167f

Posición del agarre con codo alto, 88-89, 91, 92f, 106, 121f

Agarre alto en braza, 250

Agarre con codo alto, 88-89f

Alanita, 371, 376f, 394, 395f

Aldosterona, 357t

Aletas, 7, 152, 188, 189, 227, 487, 488

Alineación, 799

Alineación horizontal

Braza, 61f, 62

Espalda, 60-63(f)

Estilo libre, 60, 138-139(f)

Mariposa, 60-64(f)

Y el arrastre resistivo, 61-63

Alineación lateral

Arrastre por forma, 52-53(f)

Braza, 93

Espalda, 56, 93, 202

Estilo libre, 52-56(f)

Mariposa, 51-54

Y la rotación longitudinal, 115, 128

Almacenamiento del agua en los tejidos

Alveolos, 340, 343, 346, 389, 391, 404, 799

Aminoácidos, 357TB, 364, 365, 697, 799

Amortiguamiento por bicarbonato sódico, 399

Análisis de sangre, 328, 437, 438, 441, 448, 557

Base fisiológica, 558

Efecto de las distancias de las repeticiones en los umbrales, 570

Evaluación de los cambios en los resultados, 570

Factores de corrección, 578f

La repetición con ritmo marcado de 200, 581

Lactatos sanguíneos pico, 514f, 692f

Otros protocolos, 581-584

Peligros, 561

Pendiente de la curva lactato-velocidad, 560-562, 568

Prescripción de las velocidades del entrenamiento, 576-580

Procedimientos, 559-561

Protocolo de la velocidad V4, 582

Umbral aeróbico, 558-559, 559f

Umbral anaeróbico, 558-559, 559f

Verificación de los resultados, 580

Analizador portátil de lactato Accusport, 559

Analogía con el objeto con perfil de ala

Andrews, Theresa, 194, 195f

Anemia, 342

Ángulos de ataque

Durante las brazadas subacuáticas, 60

Coeficientes de sustentación y de arrastre, 30, 30f

Manteniendo las palmas hacia atrás, 40-43, 40f

En el estilo libre, 26-27, 26f

Revisión general, 21-22(f)

Ángulos de orientación, 31, 31f, 33

Ansiedad, 686-691(f), 695-696, 698t

Antioxidantes, 689

Aparición de la acumulación de lactato sanguíneo (OBLA), 558

Armbruster, David, 155

Arquear la espalda, 139, 254, 295-297

Arrastre pasivo, 57-59

Arrastre por empuje, 67-69(f), 102, 120-121

Arrastre por fricción, 59, 69-73(f)

Arrastre por interferencia, 69, 146

Arrastre propulsor, 14, 16, 16f, 124, 146

Arrastre resistivo. *Véase también* fuerzas de arrastre, 14

Activo comparado con pasivo, 72

Arrastre por empuje, 67, 67f

Arrastre por forma, 59, 60f, 61f, 62f

Arrastre por fricción, 69

Arrastre por interferencia, 69

Batido de delfín subacuático, 50, 180-183, 182f

Definición, 53

Durante el movimiento hacia abajo, 80-84, 81f, 82f

Flujo laminar comparado con turbulento, 64f

Medición, 46, 58

Olas de proa, 57

Reducción, 14, 58

Y escoger el ritmo apropiado

Arterias, 339, 340, 342, 343, 345, 388, 390, 391, 800

Arteriolas, 339, 340, 343, 344, 388, 800

Aspartato transaminasa, 394

Azúcar en sangre (glucosa sanguínea), 341, 356, 358, 362, 363

B

Bach, Mindi, 272f

Baham, Sarah, 167f

Balanceo de brazos de mariposa, 284, 285, 286, 287, 288(f), 800

Bancos de nado biocinéticos, 479, 622

Barrowman, Mike, 36

Batido cruzado de cuatro tiempos, 136,137, 137f

Batido cruzado de dos tiempos, 133, 135, 135f, 136, 138

Batido de cuatro tiempos, 136

Batido de delfín

Batidos de lado, 181-182

Batidos mayores y menores, 175-176

Braza, 256-258, 257f

De lado, 181

Ejercicios, 189-190, 226, 272

Errores, 185-186, 186f

Espalda, 214, 214f, 226

Fotos de secuencias, 173f, 182f

Mariposa, 98-99, 159, 172-174, 180-182

Mecanismo del aro volador, 48-49, 49f

Movimiento ascendente, 98-96, 98f, 172f

Movimiento descendente, 97, 97f, 172-174

Propulsión, 45-50, 48f, 49f, 175-176

Salidas y virajes, 181

Sincronización, 174-175

Subacuático, 180-181, 182f, 213-216, 214f

Batido de estilo libre y espalda, 191

Arrastre por interferencia, 69

Batido cruzado de cuatro tiempos, 137, 137f

Batido diagonal, 131

Ejercicios, 149-152

Errores, 143

Espalda, 96, 191

Estilo libre, 129, 130

Extensión del tobillo, 97, 97f, 185, 186, 186f

Flexión de la pierna, 131, 131f

Mecanismo del aro volador, 48-50, 49f

Movimiento descendente, 97, 129, 130f

Propulsión, 46-47, 47f

Batido de estilo libre y espalda (*continuado*)

Amplitud, 131

Movimiento ascendente, 208-210, 209f

Papel estabilizador, 210

Ritmo, 137-138, 137f

Batido de seis tiempos, 505, 518, 523, 537, 546, 800, 132, 133, 133(f), 136, 138, 141, 151, 210, 212, 226, 501

Batido recto de dos tiempos, 133, 134f, 135

Batidos y patadas. *Véase también* batido de delfín y de espalda y estilo libre

Dolor en las rodillas, 252, 252f

Ejercicios, 151-152

El arrastre por empuje

Entrenamiento de los velocistas, 521-523

Ritmo, 67, 67f

Y el arrastre por forma, 60, 60f

Y la flotabilidad, 65

Y la frecuencia cardíaca, 598

Bebidas deportivas, 713

Beek, W.J., 23

Bennett, Brooke, 507, 510, 511f, 512f, 721, 760, 760f

Bernoulli, Daniel, 13, 19-26, 19f

Beta oxidación, 364

Betacaroteno, 697-698

Bidrman, Jan, 530-533, 531f, 532f

Biondi, Matt, 113, 739, 740-743, 741f, 743f

Bixler, B., 23, 27, 27f, 28, 31, 32, 41, 44, 45, 51

Blanskby, B.A., 300

Bomba muscular, 775

Boomer, W.L., 139, 183, 239

Bower, Dick, 276, 446-448

Braza, 229

- Alienación horizontal y lateral, 63
- Ángulos de ataque, 20, 21, 23, 30
- Arrastre por empuje, 59, 67-68, 102, 105, 108, 120, 121, 126
- Ejercicios, 271, 274, 272f
- Entrenamiento, 450, 450f, 546-547
- Errores, 264-270, 265f, 266f, 267f, 269f
- Estilo plano comparado con el ondulatorio, 230-232, 231-232
- Estilos individual, 549-551
- Fotos de secuencias, 231f
- Frecuencia y longitud de brazada, 415, 464
- Gráficos de la velocidad de avance, 238-240, 238f, 240f
- Historia, 229-230
- Impulsarse hacia delante, 323, 323f
- Llegadas, 323, 324f
- Mediciones de arrastre activo, 58-59
- Mediofondistas, 132, 135, 138, 420, 425, 440
- Molestias en las rodillas, 252-254, 253f
- Movimientos de los brazos, 157, 157f

Agarre, 243, 250

Arrastre resistivo, 81, 105-108

Flexión y extensión del brazo, 76-78, 76f, 77f, 78f

Movimiento hacia dentro, 244-245, 244f, 238f

Movimiento hacia fuera, 250

Propulsión por la ola, 57

Recuperación, 354-355

Subacuáticos, 260-264, 263f

Tirón alternativo de los brazos, 247-248, 248f

Trayectorias, 232-238, 232f, 234f, 236f, 237f

Variaciones, 234, 234f

Ondulación corporal, 166, 176-178, 177f

Patada, 248

Agarre, 243, 250

Asimetría de las piernas, 237

Elevación de las piernas y deslizamiento, 251-252, 251f

Estilo látigo, 177

Flexibilidad, 252

Movimiento hacia dentro, 244-246, 245f, 261

Movimiento hacia fuera, 241-243f

Recuperación, 227

Subir a la superficie, 258, 269-273

Trayectorias, 10, 10f, 17, 17f, 107

Planteamientos del ritmo apropiado, 738-767

Posición de la mano, 188

Propulsión, 9, 13

Respiración, 238-260, 239f

Salidas, 276-280

Sincronización de brazos y piernas, 132, 156

Virajes

Abiertos, 308-314, 304f, 310f

De transición a estilo libre, 321, 321f

De transición de espalda, 314-319, 315f, 316f, 317f, 318f

Bronquiolos, 346, 347f

Bronquios, 346, 347f

Brown. R.M., 391

Burbujas de aire alrededor de la mano y del brazo, 90

C

Cadena transportadora de electrones, 368-371, 376f, 394, 697, 801, 808

Cafeína, análisis de sangre, 571

Calcio, durante la acidosis, 375

Calcitonina, 357t

Calentamiento, 6, 8, 337, 337f, 380, 422, 425, 516t, 517t, 529t, 530t, 543t, 544t, 715, 771-775

Calorías, 360

Canales de nado, 350

Capacidad amortiguadora, 378, 399, 400, 407, 409, 418, 438, 439, 443, 445

Capacidad anaeróbica, 331, 348, 386, 411, 423, 435, 439, 465f, 466, 468, 506

Capas límite, 70

Capilares alveolares, 343, 801

Capilares musculares, 343, 391, 431

Capilares verdaderos, 344, 344f

Capilares, 343-344, 343f, 388, 389, 391

Cappaert, J., 31-35, 44, 51, 54, 93, 256

Carga de creatina, 684-399

Carnitina transferasa (CT), 364

Carrera, 8, 35, 73, 96, 115, 136, 153-154, 180

Carreras de 25, 152, 275, 382, 384, 775

Carreras de 50

- Entrenamiento, 524-526, 526t
- Metabolismo energético, 365
- Patrones respiratorios en el estilo libre, 153
- Plan anual de entrenamiento, 640-642, 642f
- Plan semanal de entrenamiento, 481, 536, 624
- Planteamientos del ritmo apropiado, 738, 740, 740f

Carreras de 200, 152

- Batidos y patadas de mariposa, 176
- Entrenamiento, 538, 539
- Metabolismo energético, 378-380, 379t Patrones respiratorios en estilo libre, 154
- Planes de entrenamiento, 381, 631
- Planteamientos del ritmo apropiado
  - Braza, 751-754, 750t, 751t
  - Espalda, 754-755, 755t
  - Estilo libre, 746-747
  - Mariposa, 748, 751

Resumen, 753-754

Carreras y pruebas. *Véase también bajo el nombre de las diferentes pruebas individuales*

Especificidad del entrenamiento, 413, 416, 627

Estrategia, 216, 324, 490, 617, 622, 634t, 767

Factores psicológicos, 685

Metabolismo energético, 377-380, 379t

Preparación, 152-155

Respiración en el estilo libre, 141-144

Respiración en mariposa, 180-181

Resumen de los efectos del entrenamiento, 403

Salidas de relevo, 289, 292, 290f, 291f

Catabolismo, 365, 406, 691, 694, 696

Catecolaminas, 356-358

Chollet, D., 725

Chupar rueda a otros nadadores, 57, 768

Chupar rueda, 57, 763, 769

Ciclo de Cori, 394

Ciclo de Krebs, 364-365, 367f, 368-369(f), 376, 376f, 394, 694

Ciclo de la glucosa-alanina, 377, 394, 801

Ciclo del ácido cítrico (Krebs), 364-365, 368-369, 369f

Ciclo del ácido tricarboxílico (TCA) (ciclo de Krebs), 364-365, 367f, 368-369(f), 376(f), 394, 694-695

Ciclos de brazada, 705

Cinturones lastrados y trajes de resistencia, 484

Citocromos, 369

Codo caído, 88f, 89, 145, 169, 264-265

Coenzima Q10, 697, 802

Colwin, Cecil, 23-25, 48

Consumo de oxígeno. *Véase también* respiración, consumo máximo de oxígeno

- Análisis de sangre, 557-558
- Deuda de oxígeno, 350, 350f
- Durante el ejercicio, 349, 349f
- Durante el sobreentrenamiento, 701
- Ejercicios de respiración profunda, 332-333
- Máximo, 348-352, 349f, 350f
- Medición, 350-351
- Metabolismo aeróbico, 368, 369f
- Metabolismo anaeróbico, 367, 367f
- Reducción de la producción de ácido láctico, 390-395
- Segundo aliento, 355
- Tasa de difusión pulmonar, 388-389
- Utilización porcentual, 355-357
- Y el rendimiento, 355
- Y la intensidad del trabajo, 350

Consumo de oxígeno adicional post-ejercicio (COPE), 354

Consumo máximo de oxígeno (VO_2max), 348, 387, 392

- Aumentos a causa del entrenamiento, 384
- Después de la puesta a punto, 328, 386
- Medición, 349
- Patrones típicos, 238

Prevención de la acidosis, 367

Utilización porcentual, 351

Ventajas de aumentarlo, 352

Y el rendimiento, 351

Contar las brazadas, 709, 727-730

Contrapesos, 57-59

Contravórtice, 24

Corazón. Véase también frecuencia cardíaca

Estructura y función, 339, 340, 340f

Gasto cardíaco, 341-342, 342f

Volumen sistólico, 340-341

Corrientes, nadar con, 32, 63-64, 64f

Cortisol, 356, 357TB, 443, 695, 707-708

Costill, D.L., 72, 83, 331, 335, 338, 340, 583, 674-685

Counsilman, James E., 16-19, 27, 65, 85, 88, 125, 249, 276-282

Creatín fosfato (CP)

Como sustancia amortiguadora, 398-400, 400f

En el entrenamiento de la producción de lactato, 473-475, 478

Revisión general, 361-362, 361f, 361f

Sistema ATP-CP, 365-366, 366f, 383-385, 384f, 385f

Creatín fosofoquinasa (CPK), 686

Creatín quinasa (CK), 361, 384, 674, 676

Crol. *Véase* estilo libre

Cronómetros, 584, 720, 727

Curl, Rick., 552

Curvas de lactato-velocidad, 564

D

D'Aquisto, L.J., 674, 676, 678

De Brujin Inge, 126-127

De Leon, Guillermo Diaz, 182f, 214f, 280f, 282-283, 294f, 305f

Dedo meñique primero, 20-22, 22f

Déficit de oxígeno, 348-349(f), 352, 354, 464, 466-477

Deltoides frontales, 85

Deltoides posteriores, 84

Depresión, y sobreentrenamiento, 680, 708

Desentrenamiento, 419, 652t

Deuda de oxígeno, 329, 348-349(f), 354

Devlin, R.K., 176-177, 256

Dieta, 401-402, 435, 567, 571, 656, 689-698, 712-713

Diferencia arteriovenosa de oxígeno (a-vO_2dif.), 344

Diferenciales de presión, 20, 63

Dinámica de fluidos, 23

- Arrastre, 14, 15f
- Cálculos, 45, 58, 194, 353
- Capas límite, 20-26, 70-73, 70f
- Características laminares y turbulentas, 54-56(f)
- Desplazamiento del agua hacia atrás, 16
- Flujo de agua inestable, 32-33

Fuerza axial, 23

Fuerzas de sustentación, 7, 13-14(f)

Olas, 57

Teorema de Bernoulli, 10f, 19-20

Teoría del vórtice, 23-26, 24f

Dolan, Tom, 512, 551-553, 552t, 553t, 759-762

Dolor de “Flato”, 355

Dolores

En las rodillas, 252, 252f, 546

Tendinitis del hombro, 92, 92f

Y el sobreentrenamiento, 691

Dudley, G.A., 337, 422-424, 442, 507

E

Efecto de la gravedad sobre la propulsión, 85-86, 86f

Efecto rampa, 336f-337

Efectos del entrenamiento, 328, 332

Actividad enzimática, 392-394, 418

Aumento de las mitocondrias, 388, 391-392

Capacidad amortiguadora, 399-400, 400f

Ciclo glucosa-alanina, 394

En el ácido láctico, 374-377

En el tejido muscular, 401-402(f)

En la sangre, 388-390

En los pulmones, 355-356, 388-389

Frecuencia cardíaca, 340-341

Hormonas, 358

Metabolismo anaeróbico, 367, 385, 385f

Metabolismo de las grasas, 402-404, 403f

Metabolismo energético, 377, 379t

Mioglobina, 394

Sistema ATP-CP, 383-386, 384f

Y el gasto cardíaco, 341-342, 388-390

Egerzegi, Kristina, 746

Ejercicio

A estilo “perrito”, 150, 150f

De arrastrar los dedos, 151

De batido con la pierna estirada, 152

De batido con tabla, 49

De batidos con aletas, 152

De brazadas subacuáticas, 273

De brazos y batido de delfín, 273

De deslizar el pulgar, 151

De desplazar los brazos lentamente hacia fuera y rápidamente, 270

De espalda doble, 225

De hacer una pausa al lado de la oreja, 151

De hacer una pausa, 151, 225

De la doble brazada, 273

De la esponja, 226

De la patada con las manos atrás

De la patada y el estiramiento, 273, 803

De la última la más rápida, 437-438

De los tres batidos y dos brazadas, 190

De nadar braza con un solo brazo, 272

De nadar con aletas, 189

De nadar con los puños, 149-150, 150f

De nadar con un solo brazo, 223

De nadar con un solo puño, 150

De nadar con una mano fuera, 226

De nadar de lado, 224, 224f

De nadar mariposa con sólo los brazos, 188-189

De nadar mariposa con un solo brazo, 188

De nadar medio estilo de lado, 224-225, 224f

De nadar por la calle, 153

De nadar una brazada y parar, 189

De atagolf, 728

De pasar por el aro, 289

De realizar la entrada hacia atrás, 297-297f

De realizar la patada de espaldas, 272

De realizar la salida desde el borde, 297

De realizar los batidos de espaldas, 190-226

De realizar los batidos sobre la superficie, 189

De romper la superficie, 227

De saltar por encima de la barra, 289

De saltar por encima de la cuerda, 296

De sólo brazos con los puños, 149

Del batido en la pared, 152

Del batido lateral, 151

Del estilo “perrito” largo

Del recobro de las piernas, 272

Del recobro hacia dentro y hacia fuera, 225, 803

Para maximizar la distancia lograda con la patada, 271

Ejercicios

Batido de delfín subacuático

Con gomas, 227

Romper la superficie, 227

Batidos y patadas

Batido con la pierna estirada, 152

Batido de delfín, 189-190, 227, 272

Batido en la pared, 152

Batido lateral, 226

Batido subacuático, 189

Batidos con aletas, 152

Con una mano fuera del agua, 226

La patada con las manos hacia atrás, 272, 272f

Maximizar la distancia lograda con la patada, 271

Nadar con una esponja, 226

Realizar la patada de espaldas, 272

Realizar los batidos con una tabla, 189, 226

Realizar los batidos de espalda, 190-226

Realizar los batidos sobre la superficie, 189-190

Recobro de las piernas, 272

Tres batidos y dos brazadas, 190

Brazada

Brazada “a trancos”, 149

Brazada de mariposa, 164, 189

Desplazar los brazos lentamente hacia fuera y rápidamente hacia dentro, 271

Doble brazada, 273

Estilo “perrito” largo, 151

Estilo perrito, 150, 151, 150f

Maximar la distancia lograda con la brazada subacuática, 273

Movimiento hacia arriba, 95, 96f

Nadar braza con un solo brazo, 271

Nadar con aletas, 189

Nadar con los puños, 149, 225

Nadar con un solo brazo, 149

Nadar con un solo puño, 149

Nadar de lado, 224-225, 224f

Nadar mariposa con un solo brazo, 188-189

Nadar medio estilo de lado, 223-225, 225f

Nadar sólo brazos con los puños, 271

Nadar una brazada y parar, 189

Tirón exagerado de brazada, 94, 95f

Trayectoria de la brazada, 222-223, 222f

Velocidad con la brazada subacuática, 274

Frecuencia y longitud de la brazada, 727-731

Calculada, 728-729

Contar las brazadas a velocidad competitiva, 730

Contar las brazadas a velocidad máxima, 729

Llegadas con sólo piernas, 729

Natagolf, 728-729

Repeticiones con menos brazadas más rápidas, 730

Posición corporal

Brazos y batido de delfín, 273

Patada y estiramiento, 273

Varias series continuas de tres brazadas, 273

Recuperación

Arrastrar los dedos, 151

Deslizar el pulgar, 151

Doble espalda, 225

Hacer una pausa al lado de la oreja, 151

Hacer una pausa, 225

Nadar por la corchera, 151, 227

Recobro hacia dentro y hacia fuera, 225

Salidas

Pasar por el aro, 289

Pasar por encima y por debajo de las corcheras, 288-289

Realizar la entrada hacia atrás, 297, 297f

Realizar la salida desde el borde, 297

Saltar por encima de la barra, 289

Saltar por encima de una cuerda, 296

Ejercicios de repeticiones de velocidad de 25, 50, 75, 217

Ejercicios de respiración profunda, 355-356, 389

Ejercicios de sincronización, 273

Empezar la carrera, 500, 735, 739, 742, 766-768

Empujar la T, 139

Empujón horizontal hacia atrás, 16f

Energía y su almacenamiento

ADP, 360-361, 361f

ATP, 360

Creatín fosfato, 361-362, 361f

Factores que limitan el rendimiento, 378-382, 379t Grasas, 363-364

Hidratos de carbono, 362

Proteínas, 364-365

Unidades, 360

Entrada con posición carpada, 276, 281-282

Entrada y estiramiento, 109

Entrenamiento. *Véase también* entrenamiento de la resistencia, entrenamiento de la velocidad,

A la velocidad competitiva, 424-427, 440, 463, 467

Altura, 431, 456, 486

Calidad comparada con la cantidad, 424-425

Ciclos, 456

Especificidad, 413-415, 414t

Fartlek, 444

Flexibilidad, 419, 422

Hipóxico, 456-457, 457t

Intensidad, 423-424

Kilometraje, 425-426

Mejoras del rendimiento, 474, 679

Oclusivo, 458-460

Pausas, 419-421

Por intervalos, 407-409, 408t

Potencia, 401, 403, 411, 416, 417-420

Prescripción, 430

Principio de la adaptación, 405-406

Principio de la individualidad, 416-417

Principio de la progresión, 407

Principio de la reversibilidad, 417-420, 419f

Producción de lactato, 397, 466-468, 473-475, 474t

Sobrecarga, 410, 413

Sobreentrenamiento, 406, 416, 435, 442

Teoría de la supercompensación, 626, 627f, 660

Teoría del umbral anaeróbico, 425

Tolerancia al lactato, 466-468

Volumen y densidad, 411-412

Entrenamiento con pesas, 338, 409, 413, 478, 480, 483, 508, 510, 532-533, 537, 542, 572-573, 576, 579, 583, 603, 619-624

Entrenamiento con sobrecarga, 430, 633

Entrenamiento de fartlek, 444-445, 445t

Entrenamiento de la flexibilidad, 427, 617, 620, 670

Entrenamiento de la frecuencia de brazada a la velocidad competitiva, 492

Entrenamiento de la fuerza, 385, 413, 417, 427, 458, 478, 506, 507, 690, 689, 691, 691f, 693, 694

Entrenamiento de la potencia, 479-488, 479t, 519-520

Entrenamiento de la producción de lactato, 466, 467, 473, 474, 475

Entrenamiento de la resistencia, 427-461

- Almacenamiento del glucógeno muscular, 401, 402
- Básica, 430-432
- Correr, 460-461
- Daños debido a la alta velocidad, 442-443
- Durante la competición, 443-444
- Efectos en el metabolismo anaeróbico, 386
- Efectos fisiológicos, 431
- Entrenamiento con sobrecarga, 439-440
- Entrenamiento hipóxico, 456-457
- Entrenamiento oclusivo, 458-460
- Fibras musculares de contracción rápida, 422
- Frecuencia cardíaca, 340-341
- Interrupciones en el entrenamiento, 421, 433
- Intervalos de crucero, 446-448
- Maratón y “fartlek”, 444-445, 445t
- Metabolismo de las grasas, 402-404, 402f, 431-432
- Niveles de, 430-432
- Para los mediofondistas, 414, 425, 440, 444, 449

Para velocistas, 518, 520-521

Preferencia por la natación, 29, 344

Principio de la adaptación, 405

Programas de entrenamiento de la temporada, 432, 435-436

Series de repeticiones, 407-412

Tasas de eliminación de ácido láctico, 398

Umbral anaeróbico, 428-429

Y el entrenamiento de la velocidad, 496-497f

Entrenamiento de la tolerancia al lactato, 466, 467, 468, 473, 474t

Entrenamiento de la velocidad, 463-488

Asistido, 487-488

Capacidad de amortiguamiento de la sangre, 398-399, 400, 400f, 465-466

Efectos del sistema ATP-CP, 385-386

Entrenamiento de la potencia, 479-486, 482t, 484t

Entrenamiento de la producción de lactato, 473-479, 519-520

Entrenamiento de la tolerancia al lactato, 466-470, 469f, 471t

Entrenamiento en seco, 468, 473, 478-483, 484t

Fibras musculares de contracción rápida, 338-339

Fondistas, 504

Lactato sanguíneo, 580

Objetivos, 464-466

Palas, 486

Para mediofondistas, 534

Pausas, 419

Planificación de la temporada, 467-468, 475, 481, 489

Principio de la progresión, 407

Recuperación activa comparada con la pasiva, 471-472

Resistido, 483-484

Trajes, 484

Y el entrenamiento de la resistencia, 496, 497f

Y el metabolismo anaeróbico, 367, 367f, 368

Entrenamiento de la velocidad competitiva

Descripción, 488-493, 492t, 493t

Fondistas, 501

Mediofondistas, 537-538t

Mesociclos, 625-626, 626f

Velocistas, 520-521

Entrenamiento de recuperación, 463-464, 493-495, 505-506, 515t

Entrenamiento del umbral anaeróbico, 431

Entrenamiento en altura, 393, 456, 527, 542

Entrenamiento en seco

En el programa diario, 670-671

En la planificación de la temporada, 617

Para fondistas, 508-509

Para mediofondistas, 536

Para velocistas, 480-481

Entrenamiento por ciclos, 617

Macrociclos, 617-625, 623f

Mesociclos, 625-631, 626f, 627f, 628f, 629f

Microciclos, 617

Planes anuales de macrociclos mixtos, 646

Entrenamiento hipóxico, 154, 456, 457, 524, 525, 525t, 552t, 553

Entrenamiento oclusivo, 458-460

Entrenamiento por intervalos, 405-409(t), 444-508, 534t

Entrenamiento tipo maratón, 444

Enzimas, metabolismo aeróbico, 365, 368

Epinefrina, 333

Eritrocitos, 342, 804

Eritropoietina (EPO), 390

Escala de Borg, 600-601, 601t, 706

Escoger el ritmo apropiado, 732-737-752

Braza, 744-745, 744t, 751-754, 751t, 753t

Con la frecuencia de brazada, 732-735, 733f, 734f

Diferentes maneras, 738-739

Enseñanza, 766-767

Estilo libre, 740-741, 747-748, 747t, 756-760

Mariposa, 745-746, 745t, 748-751, 749t

Por qué funciona, 737-738

Pruebas de estilos individuales, 763-766, 764t, 764t, 766t

Tiempos parciales comparados con la velocidad, 738

Y el arrastre resistivo, 73

Estado estable máximo de lactato (MAXLASS), 559

Estilo “a tirones”, 128, 141, 148

Estilo espalda, 191-227

Arrastre por empuje, 67-69

Batido

De delfín subacuático, 213-216, 214f

De seis tiempos, 132-133, 133f, 211-212, 211f

Ejercicios, 226

Errores, 221

Movimiento ascendente, 98-100, 98f, 208-209

Movimiento descendente, 210

Papel estabilizador, 210, 211f

Propulsión, 47-48, 48f, 49f, 99, 210

En estilos individual, 314-319, 550t, 763-766, 764t, 766t

Fotos de secuencias, 200f, 201f, 202f, 206f, 209f, 214f

Fuerza propulsora, 46-47, 98, 203, 203f

Mediofondistas, 536

Movimientos de los brazos

Agarre, 88-89

Beneficios del movimiento circular, 28

De tres picos, 198-207

Errores, 216-211

Flexión y extensión, 76-78

Frecuencia y longitud de brazada, 83-84, 83f

Gráficos de la velocidad de avance y de las manos, 194-197, 195f, 196f

Movimiento hacia abajo, 80-83, 80f, 82f, 199, 203

Movimiento hacia arriba, 85

Movimiento hacia fuera, 79-80, 80f

Posición de las manos, 19f, 203-205

Planteamientos del ritmo apropiado, 745-746, 746f, 754-755, 755f

Posición corporal

Alineación horizontal, 60-62, 61f, 212, 212f

Alineación lateral, 62-63, 213

Ejercicios, 221, 222f

Entrada y estiramiento, 198-199

Errores, 216-221

Llegada, 324, 325f

Olas de proa, 57

Respiración, 213

Propulsión por la ola, 101-102

Relajación y recuperación, 205, 206f, 220-221, 232 Salidas, 289-295, 293f, 294f

Sincronización, 205, 210-212, 211f

Sugerencias para el entrenamiento, 490, 546

Técnicas didácticas, 204-205, 216

Virajes, 304-308, 305f, 306f, 307, 314, 315f, 317f, 320f

Estilo libre, 107-154

Alineación horizontal, 47, 59-65(f), 89, 96-98, 105, 136, 138f-139, 148, 174, 179-180, 189, 212(f), 217, 221-222f

Alineación lateral, 62-63(f), 65, 69, 91, 94, 99, 105

Ángulo de ataque, 112-113

Ángulo de orientación, 21(f), 31

Arrastre por empuje, 59, 67-69(f), 102-104

Batido

Amplitud del batido, 131

Errores, 143

Movimiento ascendente, 98, 98f

Movimiento descendente, 97, 97f

Brazada, 115-117(f)

Agarre, 117-121(f)

Beneficios de la brazada circular, 16-17(f)

Descripción, 118-119

Ejercicios, 149-152

Errores, 142-145, 142f, 149f

Flexión y extensión, 76-77, 76f

Frecuencia y longitud de brazada, 719-725

Movimiento hacia abajo, 111-112

Movimiento hacia arriba, 85, 85f

Movimiento hacia dentro, 81-83, 82f

Movimiento hacia fuera, 79-80, 79f

Patrones de la velocidad de la mano y del cuerpo, 16, 16f

Posición de la mano, 32-34

Predominio lateral, 115-117(f)

Recobro con el brazo estirado, 126-127, 126f

Sincronización, 126-127

Vista lateral y frontal, 15, 15f

En estilos individual, 551

Enseñanza, 128-129

Entrada y estiramiento, 109f, 156, 164

Errores de sincronización, 143-146

Errores, 106-107, 127, 141-148

Estilo estirado, 140

Gráficos de la velocidad de avance, 38, 78, 87, 108, 158, 158f

Llegadas, 321-326

Mediofondistas, 537

Olas de proa, 57

Patrón de dos picos, 110-111, 110f

Patrón de un pico, 113, 161

Patrones de la velocidad de la mano y del cuerpo, 113-115, 114f

Planteamiento del ritmo apropiado

- 50 estilo libre, 740, 740t
- 100 estilo libre, 741-743, 743f
- 200 estilo libre, 747-748, 747f
- 400 y 500 estilo libre, 756-760, 759t
- 800 m y 1.000 yardas estilo libre, 760-761, 760t
- 1.500 m y 1.650 yardas estilo libre, 761-763, 762t

Propulsión

- De las piernas, 46-47
- De los brazos, 122, 122f

De tipo aro volador, 25

- Por la ola, 101, 101f

Relajación y recobro, 118f, 167f, 233f

Respiración

- Condiciones de flujo de agua inestable, 33
- Durante la llegada, 324

Durante los virajes, 302-303

Errores, 148-149

Patrones, 152-154

Posición, 125-127

Rotación longitudinal, 65-66, 66f

Salidas, 278, 284

Virajes, 297

Estiramientos, 773

Estirar demasiado poco, 143-144(f), 216, 805

Estrategia, competición, 767

Estrés emocional, 696, 805

Estrógeno, 357t

Evaluación del esfuerzo percibido (EEP), 600

Evans, Janet, 507, 509, 757-760(f)

F

Falta de adaptación. *Véase también* sobreentrenamiento, 406, 409, 448, 493, 504, 520, 583, 591, 596, 602, 626

Familias de nadadores, 631, 650, 695

Fatiga

De la acidosis, 374-375

Durante la competición, 379-382, 379t

Frecuencia y longitud de brazada, 731-732, 732t

Y el ácido láctico, 371-374

Y el reclutamiento, 338

Favín adenín dinucleotido (FAD), 369, 369f, 376f

Ferrell, M.D., 22, 22f, 23

Fibras musculares. Véase también fibras musculares de contracción rápida (CR); fibras musculares de contracción lenta (CL)

Consumo de oxígeno, 342

Contenido de creatín fosfato, 360, 360f Contracción rápida y contracción lenta, 332

Conversión de CR a CL, 338-339

Entrenamiento de la resistencia, 422

Estructura y función, 330-331, 330f

Rápidas glucolíticas, 333, 333f

Rápidas oxidativas glucolíticas, 422

Reclutamiento, 335

Y capacidad deportiva, 333-336

Y los capilares a su alrededor, 343-344(f)

Fibras musculares de contracción lenta (CL), 332-337

Conversión, 356

Efectos del entrenamiento de la resistencia, 432, 435t, 439

Propiedades, 333-334, 333t

Reclutamiento, 331-332

Y el ácido láctico, 372-373, 395-396

Y el metabolismo de las grasas, 363

Y la capacidad deportiva, 335

Fibras musculares de contracción rápida (CR), 372, 391-393

Conversión a las fibras CL, 338-339

Creatín fosfato, 361-362

Efectos de entrenamiento, 332-333, 423-424

Entrenamiento del umbral anaeróbico, 428

Propiedades, 333-334, 334t Reclutamiento, 335-338, 336f

Subgrupos, 333-334

Y el ácido láctico, 371-374

Y la capacidad deportiva, 333-335, 333f

Fibras rápidas glucolíticas (FG), 333

Fibras rápidas oxidativas glucolíticas (FOG), 333

Firman, Richard, 447

Flexibilidad de las articulaciones, 252, 419, 622

Flexión y extensión, 76, 76f

Flotabilidad, 53, 66-67, 134-138, 800, 806, 809

Flujo laminar, 54, 56f, 64f

Fondistas, 500-513

Constitución física, 513

Entrenamiento contra resistencia en seco, 502

Entrenamiento por mesociclos, 630

Entrenamiento, 500-504

Metabolismo energético, 365, 377, 379t

Percherones comparados con caballos de carrera, 505-506

Planes de entrenamiento anuales, 631-633, 643, 644f

Planes de entrenamientos semanales, 661-663, 663f

Planificación de la temporada, 614

Planteamientos del ritmo apropiado, 738, 766

Puesta a punto, 682-683

Seguimiento, 607-608

Series de repeticiones, 503-504

Fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca de Karvonen, 595

Fosfofructoquinasa (PFK), 367t, 375, 404, 473

Fosforilasa, 367-367f, 375, 404

Frecuencia cardíaca

En posición supina y de pie, 703, 703f

Fórmula de la reserva de la frecuencia cardíaca de

Karvonen, 594-596

Frecuencia cardíaca de recuperación, 594-595

Frecuencia cardíaca de reposo, 591

Frecuencia cardíaca máxima, 591-592

Frecuencia cardíaca submáxima, 591-592

Localización del umbral anaeróbico, 597-599

Monitores, 340

Nadadores comparados con los deportistas de tierra, 591-592

Para sólo brazos, sólo piernas y otros estilos, 598

Perfiles de la frecuencia cardíaca, 599-601, 600f

Prescripción de la intensidad del entrenamiento, 594-596, 595t

Y el consumo de oxígeno, 350

Y el sobreentrenamiento, 702-704, 702f, 703f

Y la poca fiabilidad, 592

Fuerza axial, 23

Fuerzas de arrastre. *Véase también* arrastre resistivo

Aceleración hacia delante, 36-40

Activas comparadas con pasivas, 57

Ángulos de ataque, 20

Arrastre por empuje, 67, 67f, 68f, 105

Arrastre por forma, 59-67, 60f, 61f, 62f

Arrastre por fricción, 69-73, 70f, 71f

Arrastre por interferencia, 69

Contribución del antebrazo, 43-45(f)

Medición, 31-34(f), 45-47(f)

Modelos de manos de yeso, 29-31(f), 44f

Movimientos de brazada laterales y verticales, 28

Movimientos de las piernas, 47-49(f)

Propulsoras, 15-16(f)

Resistivas comparadas con repulsivas, 14

Revisión general, 14-15(f)

Fuerzas de sustentación

Ángulos de ataque, 66

Contribución de las piernas, 46

Contribución del antebrazo, 44-45(f) Importancia, 58, 75

Medidas con un flujo de agua inestable, 33-34(f)

Medidas en valores absolutos, 72-78

Modelos de la mano de yeso, 27, 27f

Movimientos de las piernas, 48-50

Revisión general, 15-16(f)

Teorema de Bernoulli, 19-21

Teoría del vórtice, 23-25(f)

Vuelo de los aviones, 64

Y la capa límite, 19

G

Gaines, Rowdy, 113

Ganancia de peso, durante la puesta a punto, 659f, 684-685

Gasto cardíaco, 341-342, 389-390

Gathercole, D.G., 300, 300f

Glóbulos blancos, 342, 697

Glóbulos rojos, 342, 388-390, 404-456, 675-700

Glucagón, 356, 357t, 358

Glucógeno hepático, 150, 150f

Glucógeno muscular, 337f, 358, 362-367

- Agotamiento de glucógeno, 493, 605
- Aumento del depósito de glucógeno muscular, 464, 475, 487
- Efecto sobre los análisis de sangre, 558-559
- En pruebas cortas, 366f, 398, 470, 496
- Entrenamiento oclusivo, 458-462
- Revisión general, 437, 725
- Sobreentrenamiento, 689
- Supercompensación durante la puesta a punto, 676
- Tasa de reposición, 654-655, 658, 664
- Utilización y reposición, 614-616

Glucólisis, 362, 365-369(f), 385-386, 403

- Aeróbica, 362, 365, 368
- Anaeróbica. *Véase* metabolismo anaeróbico

Glucosa, 339-343, 356-358(t), 362-363

Gomas, 227, 468

Gordon, A.T., 45, 66, 139

Gorros, 71-73

Gráficos de la velocidad de avance, 38, 78, 87, 108, 158, 158f, 194, 195f

- Agarre, 76-77, 76f
- Braza, 89f, 228f, 230f, 238f, 244f, 245f
- Elaboración, 96
- Espalda, 31f
- Estilo libre, 28
- Flexión y extensión del brazo, 238, 238f
- Movimiento hacia fuera, 239
- Propulsión por la ola, 101f, 102f, 103f

Grasa corporal y el arrastre por forma, 66-67

Grasas, 363-364, 402-403, 403f, 431

H

Hackett, Grant, 757, 758f, 758, 761

Hanauer, Eric, 276, 282

Harms, S.J., 337, 422-424, 429

Hay, J.G., 70-71, 71f

Heard, Kennon, 485

Heckl, Frank, 739

Hemoglobina, 338, 342, 355, 364, 388-390, 399, 431

Henry, F.M., 287

Hermiston, R.T., 797

Heyns, Penny, 527, 530-532, 531t, 532t, 744, 745t Hickman, James, 751, 751t

Hickson, R.C., 337, 393, 422-423

Hidratos de carbono, 362, 712-713

Hill, A.V., 352

Hipercapnea, 457

Hiperventilación, 715, 774-775

Holt, J.B., 22

Holt, L.E., 22

Hollander, A.P., 32, 45

Hombres. *Véase* nadadores masculinos

Hombro de nadador, 92

Hormona del crecimiento humano, 443, 458

Hormona del crecimiento, 356, 358, 442-443, 458

Hormona estimuladora del tiroides, 357t

Hormona luteinizante (LH), 357t

Hormonas. *Véase también bajo el nombre de las hormonas individuales*

Horner, Silke, 239, 240f, 240

Houmard, J.A., 652, 674-679, 772

Hutchison, Craig, 142, 279f, 281-282, 297

I

Inercia, 28-29, 108, 121, 127-130, 143-144, 166

Infecciones del tracto respiratorio superior, 696, 696f, 807

Insulina, 356-358(t), 807

Intervalos de crucero, 446-448, 804, 807, 812

J

Jager, Tom, 86-87, 108-109f

Jastremski, Chet, 249

K

Kenitzer, R.F., 687

Keul, J., 391, 429, 464, 567

Kiefer, Adolph, 191

Kilocalorías, 363, 807

Kilometraje, entrenamiento, 425-426

Kindermann, W., 429, 436, 440, 585, 711

Kirwan, J.P., 654, 807, 708

Klim. Michael, 126-127

Klochkova, Yana, 763-764f

Kovacs, Agnes, 752-753(f)

Kowalski, Daniel, 722

Krazelburg, Jenny, 754-755(f)

L

Lactato deshidrogenasa (LDH), 366

Lactatos sanguíneos. *Véase también* acidosis

- Análisis de sangre, 328, 437-438, 441, 448, 537
- Capacidad amortiguadora, 378, 399
- Efecto sobre las células musculares, 375
- Mejorar el consumo de oxígeno, 372, 387-394
- Metabolismo aeróbico y anaeróbico, 322, 368

Pico, 397

Tasas de eliminación, 372

Y el masaje, 774

Y la deuda de oxígeno, 348

Y la fatiga, 374

Y la intensidad del ejercicio, 373, 373f

Y los efectos de la recuperación, 394-395

Y los perfiles de la frecuencia cardíaca, 598-599, 598f

Le, Jingyi, 722

Lesiones, 252-253, 268, 276, 407, 424, 452, 461, 468

Leucocitos, 342

Ligamento colateral interno, 252, 253f

Ligamentos, hombro, 93, 117

Lipólisis, 363

Longitud y frecuencia de brazada, 717, 718

Cálculos, 718, 719f

Ejercicios, 727

Enseñanza, 725

Medición, 719, 720, 720f

Óptimas, 725-727

Unidades, 717

Y el sobreentrenamiento, 704-705

Y la elección del ritmo apropiado, 732-735, 733f, 734

Y la fatiga, 731-732, 732t

Y la velocidad, 718-725

López-Zubero, Martín, 36-37, 39f, 195f

Lytle, Don, 487

Llegadas con sólo piernas, 729

Llegadas, 5, 9, 275-289

M

Macrociclos, 617, 623-632, 646-647

Mader, A., 354, 379f

Magel, J.R., 389, 460

Maglischo, E.W., 18, 87, 113, 122

Malato deshidrogenada, 394

Mants, Riley, 257f

Máquina de pesas “Power Rack”, 480, 480f, 483, 486-487, 531, 603

Mariposa, 155-190

- Alienación horizontal y lateral, 63
- Aplicación del teorema de Bernoulli, 19, 19f, 20
- Arrastre por empuje, 59, 67-69, 67f, 68f
- Batido de delfín, 172
  - Errores, 185-186, 186f
  - Movimiento ascendente, 172
  - Movimiento descendente, 172-174
  - Primer y segundo, 174
  - Propulsión, 47-48, 48f
  - Subacuático, 180-181
- Burbujas alrededor de las manos y el brazo, 90-91, 90f

Durante la competición, 57, 208, 359, 365, 383, 489

Ejercicios, 188-190

Entrada, estiramiento y movimiento hacia abajo, 174-175

Entrenamiento, 327

Error de remada, 533

Estilos individual, 447, 508, 511, 534, 549, 550f

Llegada, 275, 289

Movimiento de la cabeza, 164, 164f

Movimiento de los brazos

- Errores, 183-188, 184f-187f
- Movimiento hacia fuera, 79-85, 80f, 82f
- Propulsión, 86
- Trayectorias de la brazada, 156-158, 156f, 157f, 158f
- Frecuencia y longitud de brazada, 719-720
- Descripción, 164-165, 165f
- Movimiento hacia dentro, 168-170, 168f
- Movimiento hacia arriba, 170, 170f
- Flexión y extensión, 76-77, 76f
- Trayectoria en forma de S, 16-17, 128

Ondulación corporal inversa, 47, 75, 97, 104, 104f

Ondulaciones corporales, 176-178, 176f

Pausas, 66, 419, 421, 453

Planteamientos del ritmo apropiado, 73, 489

Posición de agarre, 166-168, 165f, 167f

Posición de las manos, 184, 185f

Propulsión, 13, 16, 16f

Propulsión por la ola, 75, 101-103, 101f, 102f

Relajación y recuperación, 170-172, 171f

Respiración, 178

Descripción, 178-179

Durante la llegada, 324-325, 325f Durante los virajes, 313, 315

En el lado, 179, 179f

Errores, 187-188

Salidas de relevos, 289, 291, 291f Salidas, 293

Sincronización, 93-94, 104, 127-151

Trayectorias de las manos, 35, 38

Velocidad de avance, 158

Virajes

A espalda, 293, 293f

Abiertos, 315, 349

Batidos de delfín, 172-176, 180-181, 190

Marsh, David, 527, 533-534f

Marshall, R.N., 300, 300f

Masaje, 529t, 530t, 715, 771, 774

Matsunami, M., 585-586

McKenzie, D.C., 400, 580

McLean, S.P., 292

Meagher, Mary T., 156-161(f)

Medidas de urea, 365, 808

Mediofondistas, 132-138, 420, 425, 440, 444, 449-453

Constitución física, 632-636(f)

Definición, 496, 500, 513, 515, 518, 523

Metabolismo energético, 524, 534, 536, 537, 538t, 540

Perfil físico, 621, 622, 625, 629, 631

Planes de entrenamientos semanales, 681t, 682-683, 687

Planteamientos del ritmo apropiado, 582, 607-608, 620

Programas específicos, 637, 644f, 645, 647f, 648

Puesta a punto, 659, 662, 663f, 664

Seguimiento, 568-571, 574, 581

Sugerencias para el entrenamiento, 668, 670, 671f, 680

Meniscos internos, 252-253, 268

Mertz, Bob, 485f

Mesociclos, 617-628(f)

Metabolismo anaeróbico, 332, 334t, 339, 348, 351-355, 365-366

Cambios, 570

Consumo máximo de oxígeno y, 352

Durante la competición, 377-379(t)

Efectos del entrenamiento, 386-387, 395f

Glucógeno muscular, 362, 655t

Medición, 464

Proceso, 367-368, 367f

Metabolismo energético, 365, 377, 379t, 427, 464, 801-802, 806, 808, 810

Ácido láctico, 370-375, 373f

Aeróbico, 368

Anaeróbico, 367

Cadena transportadora de electrones, 369-370f

Ciclo de Krebs, 368-369f

De las grasas, 363-364

De los hidratos de carbono, 362

Durante la competición y el entrenamiento, 365

Fase ATP-CP, 366-367, 366f

Resumen de, 375-377, 376f

Microciclos, 617, 653, 659f-662

Mills, Glenn D., 238f

Miofibrillas, 330, 330f

Mioglobina, 332-334t, 364-365, 369-371f, 388

Mioquinasa, 360

Miosina, 330, 330t, 366, 375

Mitocondrias, 332-334t, 338, 355, 364-365, 369-370, 377f

Aumentos del tamaño y del número, 388

Después de cesar el entrenamiento, 418

Entrenamiento de la resistencia, 427

Metabolismo aeróbico, 369-370

Proteínas, 364

Monitores de vídeo de rendimiento, 719f

Morales, Pablo, 36-38f, 160-161f

Morgan, W.P., 392, 689, 700, 708-709f

Mostardi, R., 421

Movimiento ascendente, 30f, 40, 41f, 47, 48f, 49-51, 54, 55f

Movimiento descendente, batido de delfín, 97-98

Movimiento hacia arriba, 35f, 42, 43f, 76f-79, 83-87f, 91, 95, 96f, 101, 106-137f, 141-151, 156-180, 184-225, 252-270, 305, 488, 521

Movimiento relativo, 9-10, 19

Movimientos corporales de lado a lado, 62-63, 62f, 68-69, 140

Movimientos de brazo, barridos de brazo. *Véase también bajo el nombre de cada estilo individual*;

- Aceleración, 33-39
- Circulares, 26-27
- Dolor crónico del hombro, 81, 81f, 117
- Movimientos básicos de brazo, 79-85, 80f, 82f, 83f

Movimientos de brazo (*continuado*)

- Arrastre por empuje, 67-69-105
- Codo caído, 88-89, 88f, 145
- De lado a lado, 28
- Diagonales, 40, 39f
- Dominio lateral, 112
- Enseñanza, 128-129
- Entrada y estiramiento, 108, 109f
- Flexión y extensión, 76-78, 76f, 77f
- Propulsión, 34, 43, 44f

Movimientos de la mano

- Ángulos de ataque, 21-22, 21f
- Braza, 247-248, 247f
- Diagonales, 42-43, 42f
- Espalda, 203-204, 203f
- Estilo libre, 37-38

Hacia atrás, 33-38

Mariposa, 158-159

Modelos de yeso, 23-24

Palmas orientadas hacia atrás, 40-41, 41f

Papel de la aceleración en la propulsión, 85-86

Utilizadas como palas, 54

Movimientos de las piernas. *Véase también bajo el nombre de cada estilo individual*

Cuatro básicos, 94

Movimiento ascendente, 98-100, 98f, 130-131, 130f, 208-210

Movimiento descendente, 97, 97f, 98, 129, 130f

Movimiento hacia dentro, 100-101, 100f

Movimiento hacia fuera, 100

Movimientos de los brazos. *Véase también bajo el nombre de cada estilo individual*

Cuatro básicos, 79

Ejercicios, 94

Errores de sincronización, 147-148

Movimiento hacia abajo, 80-82, 80f, 82f

Movimiento hacia arriba, 146

Movimiento hacia dentro, 83, 84, 83f

Movimiento hacia fuera, 79, 80, 80f

Posición del codo en el agarre, 88, 88f, 92, 92f

Movimientos de remada, 29, 84

Comparados con los de tipo pala, 29

Arrastre y sustentación, 14, 14f

Definiciones, 29

Movimientos hacia atrás con los brazos, 84

Palmas orientadas hacia atrás, 40, 42, 79, 81

Movimientos de tipo pala, 94

Movimientos hacia abajo, 89, 92, 105, 134, 177, 183, 258

Errores, 145-146

Estilo libre, 109f

Minimizar el arrastre por empuje, 105

Movimiento básico, 79

Patrón de la velocidad del centro de masas, 40, 40f

Movimientos hacia dentro

Ejercicios, 83, 83f

Errores, 134, 173-174

Movimientos de las piernas, 88-89, 88f

Nadadoras comparadas con nadadores, 110, 111f

Pulgar primero, 24

Trayectoria de la velocidad del centro de masas, 53

Movimientos hacia fuera

Arrastre por empuje, 104

Errores, 185

Movimiento de la pierna, 95, 95f

Movimiento del brazo, 75-76

Mujeres. *Véase* nadadoras

Mujica, I., 676

Muñecas, 21, 89, 243

Músculos. *Véase también* fibras musculares

Acumulación del ácido láctico, 332-335, 342

Catabolismo protéico, 365, 406

Estructura y función, 330-331, 330f, 331f pH, 369, 370, 371

Unidades motrices, 331-332, 336-337, 410

N

Naber, John, 314, 318, 318f

Nadadoras

Consumo máximo de oxígeno, 348-350, 349f, 350f

Estilos de movimiento hacia dentro, 121-124, 122f

Flotabilidad, 66

Frecuencia y longitud de brazada, 720-725, 723t, 724t

Lesiones del entrenamiento, 463

Puesta a punto, 686-687

Tamaño comparado con fuerza respecto al arrastre por forma, 60

Trayectorias del batido, 133-134, 133f

Nadadores adolescentes, 305, 422, 451, 152

Nadadores infantiles, 152

Nadadores masculinos, 335, 762, 765

Consumo máximo de oxígeno, 337-338, 348

Flotabilidad, 53, 66-67

Frecuencia y Longitud de brazada, 717

Puesta a punto, 673

Tamaño comparado con fuerza con respecto al arrastre por forma, 59

Nadadores preadolescentes, 152

Nadadores señor, 153

Nadar aún más rápido (Maglischo), 83-84

Nadar en los cuadrantes delanteros, 141

Nadar más rápido (Maglischo), 83-84

Nagy, Jozscf, 542, 545f

Nall, Anita, 242f, 244f, 253, 259f, 262f, 309f, 310f

Natación atada, 72, 418, 419f, 483-487, 624

Necesidad de oxígeno, 348-349(f), 353-356

Neufer, P.D., 676, 679

Nevill, M.E., 421, 465-466, 473, 476, 494, 567

Nicotinamín adenín dinucleótido (NAD+), 369

Norepinefrina, 355-358(t), 442-443, 695-697, 707

Nutrición, 617-619, 626, 634t, 638t, 642t, 650t, 652

O

O'Brien, M.E., 772

O'Neill, Susan, 540-541(t), 773, 733f, 749, 749t, 791

Olas de proa, 57

Olbrecht, J., 386, 418, 421, 442, 473, 519, 572, 584

Ondulación corporal, 75, 97, 103-104(f)

- Arrastre por forma, 59-60
- En braza, 230, 256
- En mariposa, 156, 166, 176
- Errores, 187, 187f
- Inversa, 47, 75, 97, 104, 155, 166, 176

Olas de proa, 57

Propulsión, 105-106

Secuencia, 176-177, 176f

P

Palas de mano, 478

Parathormona, 357

Parcial negativo, 453, 517-519

Pasar por encima y por debajo de las corcheras, 288

Patada de latigazo, 229, 249

Patrón respiratorio 1

y 1, 180

Patrones de entrenamiento de tipo escalera, 626

Patrones de la velocidad de la mano

Elaboración, 108

Trayectorias de brazada circulares, 16-17, 16f

Teorema de Bernoulli, 19-23, 19f

Patrones de velocidad. *Véase* gráficos de la velocidad de avance; patrones de la velocidad de las manos, 11, 108

Pausa, 186-187, 187f

Pausas en el entrenamiento, 419

Pectoral mayor, 84

Pérdida de peso, del sobreentrenamiento, 698t-700

Perfil de estados de ánimo (POMS), 708-709, 709f

Perkins, Kieren, 35, 36f, 86f, 88, 507-509(t), 790

Piruvato zinasa, 367, 367f, 404

Piscinas, 57, 686

Planes de entrenamiento anuales, 631-633, 643-646

De dos temporadas, 631-646(f)

De tres temporadas, 631-645(f)

Elaboración del marco, 631-632

Macrociclo mixto, 646-649(f)

Planes semanales de entrenamiento, 653-661

Durante la puesta a punto, 678-679

Excepciones, 666-669

Para fondistas, 662

Para velocistas, 664-668(f)

Programas de dos y tres picos, 659-660

Reparación de los tejidos, 660-661

Sugerencias, 661

Una sesión diaria, 670-671f

Utilización y reposición del glucógeno muscular, 653-658(f)

Planificación. *Véase también* Planificación por temporada; planes anuales de entrenamiento

Diaria, 668-672, 668f

Semanal, 653

Temporadas muy cortas, 650, 650f

Uso y reposición del glucógeno muscular, 653-660, 655t, 651f, 659f

Planificación de la temporada. *Véase también* planificación; planes anuales de entrenamiento

Bitrimestral y trimestral, 612

Componentes entrenables, 632

Entrenamiento a la velocidad competitiva, 469-470

Entrenamiento de la resistencia, 608, 618, 622, 629, 633

Entrenamiento de la velocidad, 633, 635, 639, 646

Entrenamiento de recuperación, 660

Entrenamiento por ciclos, 617-640, 623f

Evaluación del progreso, 651

Fase de puesta a punto, 632

Fondistas, 633-636, 634t

Mariposistas, 755

Mediofondistas, 633-636, 634t

Nadadores de la prueba de estilos individual, 763, 764t

Patrón de tipo escalera, 626, 626f

Pausas, 66, 419, 453

Personalización, 647-648

Plan típico, 508

Selección del plan, 507, 615f

Temporadas muy cortas, 650

Temporadas solapadas, 633

Planifiación diaria, 668, 669

Planificación de la temporada; 631

Planteamientos de ritmo para las 500

yardas, 756-760

Planteamientos de ritmo para las carreras de 400, 756-760

Plasma, 342

Poleas de natación “Swim Wheel”, 483, 485f-487, 603

Popov, Alexandre, 36, 36f, 128, 140-141, 526-529, 528t-530t, 722

Porcentaje del esfuerzo, 602-603

Posición del codo, 88, 92, 169

Alto, 88-89, 92-93, 106, 121

Caído, 88f-89, 145, 169, 264-265

Posición hidrodinámica, *Véase también* arrastre por forma

Brazadas, 27-59

Coeficientes de sustentación y arrastre, 31

Espacio ocupado por el cuerpo, 60-67

Forma del cuerpo, 57-60

Importancia, 54-55f

Trajes con fricción reducida, 72

Y la propulsión por la ola, 101-102f

Potencia anaeróbica, 328, 459, 464-466, 473, 485, 493-500

Potencia crítica, 586, 810

Potencia, 418-419, 603, 603f, 604, 607

Presión sanguínea, 342-346

Prichard, B., 92-93

Primer principio de movimiento de Newton, 28-29

Principio de entrenamiento de la progresión, 407

Principio de individualidad, 416

Principio de la adaptación, 804, 805t, 810

Principio de la especificidad, 413, 460, 627, 810

Principio de la reversibilidad, 417-419

Principio de la sobrecarga, 406-407

Problemas de las rodillas, 810

Procedimiento D-max, 565

Progesterona, 357, 357f

Propiedades del agua. *Véase también* Dinámica de fluidos, 23

Propulsión

- Agarre, 87-89, 87f
- Arrastre, 13-17, 16f, 17f
- Aumentos, 111
- Batido de delfín, 45-50, 48f-49f, 175-176
- Con las palmas orientadas hacia atrás, 40-43, 41f-43f
- Desplazamiento de los brazos hacia atrás, 31
- Mano y brazo, 43-49, 44f, 85-87
- Modelos de yeso, 10, 23, 29-39, 31f, 44f
- Movimiento hacia arriba, 85-85f
- Movimiento hacia dentro, 83-84, 83f
- Newtoniana, 50-51
- Ondulación corporal inversa, 47, 104-105, 104f
- Ondulación corporal, 103-105, 104f
- Piernas, 45-50, 48f-49f, 96, 100
- Predominio lateral, 112
- Propulsión por la ola, 101-102, 101f-103f, 239-241
- Sustentación, 14-15, 14f, 17-26
- Tema de los movimientos de remada comparado con los de tipo pala, 29, 50
- Teorema de Bernoulli, 19-23, 19f
- Teoría de la rueda de vapor, 15-16, 15f
- Teoría del vórtice, 23-26, 24f

Trayectorias de brazada y patrones de velocidad, 10-11, 10f-11f

Y la rotación de la cadera, 91-94

Y la rotación longitudinal, 91-93, 112

Propulsión de aro volador, 25, 25f, 26, 48-50, 49f

Propulsión de un objeto con perfil de ala, 24-25

Propulsión en la natación. *Véase* propulsión, 7-16

Propulsión por la ola, 103, 156-159, 165-167, 239, 242, 242f, 244f, 259f

Proteínas, 364-365

Protocolo de velocidad V4, 582

Prueba del nivel mínimo de lactato, 565-566(f)

Prueba progresiva de 5 x 200, 581

Prueba progresiva de 6 x 400, 582

Prueba progresiva de 8 x 100, 581-582, 810

Prueba progresiva de natación, 588-589(f), 590

Prueba T-3.000, 584-585, 590

Pruebas de 100

Metabolismo energético, 380

Patrones respiratorios de estilo libre, 153-154

Planes anuales por temporada, 636-639

Planes de entrenamiento semanales, 653

Planteamientos del ritmo apropiado, 741-745

Pruebas de control. *Véase* análisis de sangre; seguimiento Pruebas de estilo individual, 551, 763-765, 804

Batidos y patadas, 550

Planteamiento del ritmo apropiado, 738-740, 740t

Virajes de transición, 314-318, 315f-317f

Pruebas de flexibilidad, y el sobreentrenamiento, 689

Pruebas de resistencia muscular, 604, 608

Puesta a punto, 673-688

Afeitarse, 674, 685

Duración, 676, 680, 696

Entrenamiento, 674

Ganancia de peso, 684-685

Gradual comparada con repentina, 679-680

Individualización, 685

Investigaciones, 679

Mejoras, 674

Período prepuesta a punto, 680-681

Repuesta a punto, 674

Sobreentrenamiento de la velocidad, 684

Tipos, 673

Pulgar primero, 95, 205, 220, 263

Pulmones, 66, 153, 340-349, 355-356, 388

Punto de inflexión de lactato, 558

R

Radicales libres, 697, 698

Reacción de lucha o huída, 443, 695, 811

Reacciones alérgicas, sobreentrenamiento y

Reacciones del sistema inmune y el sobreentrenamiento, 696

Recobro con el brazo estirado, 126, 127

Recuperación

Activa, 472, 597, 697, 774, 776(f), 811

Activa comparada con pasiva, 471

Ejercicios, 693

Entrenamiento de recuperación, 463, 493-495

Errores, 495

Frecuencia cardíaca, 328, 340-341

Inadecuada, 693-694

Niveles de lactato sanguíneo, 433, 438, 442, 448, 458

Pasiva, 494, 597, 774-775, 776f

Redondear, 29, 108, 128, 446

Remolcar, 483-484, 487

Remolinos, 56-57, 64, 73, 139

Reparación de los tejidos, 357t, 444, 622, 653, 660-661, 664, 666, 693, 712

Repetición con ritmo marcado de 200, 583-584(f)

Repeticiones con menos brazadas más rápidas Repeticiones experimentales, 143, 180

Repuesta a punto, 328, 386

Reserva alcalina, 399

Reserva de la frecuencia cardíaca (RFC), 595

Resistencia, 53

Resistencia muscular anaeróbica, 409-411, 465-466, 473-489

Respiración. *Véase también* consumo de oxígeno

Alterna, 14, 26, 142-143

Braza, 258-260, 259f

Ejercicios de respiración profunda, 355-356

Ejercicios, 151

Entrenamiento hipóxico, 154, 456-457, 457f

Espalda, 213, 216

Estilo libre, 107

Frecuencia, 346-347, 347f

Llegadas, 324-325

Mariposa, 178-180, 179f

Segundo aliento, 355

Virajes, 302-303

Respuestas anticipatorios, 358

Robinson, Derek, 485f

Rogers, D.E., 781

Rotación de la cadera. Véase también rotación longitudinal Rotación interna, 84, 138, 174

Rotación longitudinal, 65-66, 66f

Alineación lateral, 140

Arrastre por forma, 65-66, 66f Dominio lateral, 112

Espalda, 65-66, 91

Estilo libre, 65-66, 91

Propulsión, 91

Rouse, Jeff, 745, 746T

Rowe, Eleanor, 487

Rugosidad de la superficie, 73

S

Salida

A la superficie, 276, 278, 283, 285(f), 289, 293, 296-297

Con lanzamiento circular de los brazos hacia atrás, 276, 288-289, 811

Con lanzamiento recto de los brazos hacia atrás, 276, 286, 287f

De agarre, 275-283(f)

De atletismo, 275-278, 284-292(f)

De relevos con doble paso, 291

En posición carpada, 276

Salidas, 275

Agarre, 276-283

Batido de delfín, 182

Calentamiento, 771

Con balanceo de brazos, 284-287

Con movimiento circular hacia atrás, 276, 284, 289-291(f)

De atletismo, 276-278, 284-286(f)

De relevos con pasos hacia delante, 275, 291-292

De relevos con un paso adelante, 11

Ejercicios, 288, 296-297f

Importancia, 275-276

Lanzamiento recto de los brazos hacia atrás, 276, 284-287, 287f

Mariposa, 276, 282

Movimientos de la cabeza, 282-284, 283f

Plana comparada con la entrada en agujero, 276-276, 277f

Relevos, 289-292, 290f-291f

Seguridad, 735

Tiempo de reacción, 287-288

Y escoger el ritmo apropiado, 732-733

Salnikov, Vladimir, 623

Sanchez, Francisco, 77, 109-110f, 116f, 118f, 165f

Sanders, R.H., 779-781

Sanders, Summer, 554-555t, 763-764t, 790

Sangre

a-vO_2dif., 343f-344

Capacidad amortiguadora, 378, 399-400, 407, 409, 418, 438-439

Capilares, 333-334t, 339-344, 343f

Células sanguíneas, 388

Presión, 345-346

Redistribución, 344-345(f)

Volumen, 341-342

Schleihauf, R.E., 18, 35, 86

Seguimiento. *Véase también* Análisis de sangre

Administración de las repeticiones de prueba, 608-609

Bancos de nado biocinéticos, 483, 620

Capacidad aeróbica, 190, 332-333, 338

Esfuerzo percibido, 408, 434, 438, 451

Evaluación del progreso, 648-649, 648f

Frecuencia cardíaca, 328, 340

Porcentaje del esfuerzo, 351, 602

Potencia anaeróbica, 328, 459, 464-465, 465f

Prueba progresiva de natación, 588-589(f)

Prueba T-1.000, 586

Prueba T-2.000, 585-586

Prueba T-3.000, 584-585, 584f

Pruebas de lactato sanguíneo, 578, 579

Resistencia muscular aeróbica y anaeróbica, 558

Series normalizadas de repeticiones, 604-606, 705, 706f

Velocidad crítica de nado, 582

Segundo aliento, 355

Selye, Hans, 690, 690f, 691

Serie de repeticiones, 407

A la velocidad competitiva, 371

Australianas de frecuencia cardíaca, 449-451, 450t

Con el menor tiempo de salida posible, 452-453

De descanso descendentes, 452

De distancia mixta, 453-454, 473-474t, 478

De estilo mixto, 454-455(t), 662, 664

De la frecuencia cardíaca, 450-451

De velocidad descendentes, 451-452

De velocidad mixta, 454

Descendiendo el período de descanso, 451

Descendiendo la velocidad, 451-452

Entrenamiento de la potencia, 466, 479-480

Entrenamiento hipóxico, 456-457

Intervalos de crucero, 446-448

Normalizadas, 590

Para fondistas, 489, 500

Para la prueba de estilos individual, 447, 508

Para velocistas, 449, 450

Producción de lactato, 473-475, 474t

Recuperación activa comparada con la pasiva, 471-472

Resistencia al nivel del umbral, 327, 329, 431

Resistencia básica, 430-432

Resistencia con sobrecarga, 478

Tolerancia al lactato, 467

Series normalizadas de repeticiones, 590, 604-606, 705-706

Series rotas, 469, 471, 491-493(t), 508-509(t), 513, 516(t)

Sharp, R.L., 72, 399-400, 419, 466-467, 480, 519, 567, 572

Sheply, B., 675, 678-679

Sieg, Jack, 155

Silvia, Charles, 16, 83

Simon, G., 429, 600

Sincronización del deslizamiento, 254

Sincronización superpuesta, 254-256(f), 269, 273

Síndrome del estrés. *Véase también* sobreentrenamiento Sistema alactácido (ATP-CP), 365-366

Sistema ATP-CP, 365-380(f)

Sistema circulatorio, 339-346, 339f

Sistema de lanzadera del malato-aspartato, 394

Sistema lactácido. *Vease* metabolismo anaeróbico

Sistema MAD (medición del arrastre activo), 96, 96f Sistema muscular, 329, 812

Sistema nervoso, 331, 336, 356, 384, 464, 480-481, 487, 503, 524

Sistema no aeróbico (ATP-CP), 365

Sistema respiratorio. *Véase también* respiración; consumo de oxígeno

Smith, Graeme, 722

Sobreentrenamiento, 689-713

- Alivio, 711-712
- Antioxidantes, 697-698
- De una acumulación de estresares, 695-696
- Descripción, 690-691, 690f, 692t
- Diagnosis, 702-711, 702f
- Estados de ánimo, 708, 709f
- Falta de adaptación, 396, 480, 589, 669
- Fondistas, 504
- Frecuencia cardíaca máxima, 702
- Frecuencia cardíaca, 702-704, 702f-704f
- Lactato sanguíneo, 701-702
- Prevención, 712-713
- Pruebas de consumo de oxígeno, 701
- Pruebas de flexibilidad, 707
- Recuperación inadecuada, 693-695
- Series normalizadas de repeticiones, 705-707, 706t
- Síntomas, 698-700, 698t, 708-709, 709f
- Y el sobreesfuerzo, 696-697
- Y la puesta a punto, 678

Y las reacciones inmunes, 696-697

Sobreesforzarse, 693

Soleo, 332

Somatoestatina, 357t

Sprint Master, 487

Steinseifer, Carrie, 110-112(f)

Succión trasera, 56-57, 73, 768

Succión trasera, 56-57, 73

Suma de fuerzas en la rotación longitudinal, 91

Sundberg, C.J., 458

Superficie con hoyuelos de una pelota de gol, 73

Suplementos de selenio, 698

Suplementos de vitaminas, 697-698

Sustancias amortiguadoras, 399-400, 464, 468-470, 812

T

Tabla, 49, 71, 131, 149, 189, 226, 271-273, 333-334, 356

Táctica ofensiva, 767, 769-770

Tácticas defensivas, 769

Takarada, Y., 458-459

Tasa de difusión pulmonar, 387-389

Tegtbur, U., 565, 701

Temas de seguridad, 561, 602, 606, 680

Tendinitis del hombro, 505

Tendinitis, 92-93, 117, 120, 486, 505, 700

Teorema de Bernoulli, 19-20, 19f

Teoría de la supercompensación, 627-627f, 660

Teoría del umbral anaeróbico, 428

Teoría del vórtice, 23-26(f)

Teorías de la propulsión por sustentación, 14-16(f)

Tercer principio de movimiento de Newton, 13, 16, 26, 50

Terminología del empuje y del tirón, 79

Testosterona, 357t

Thayer, A.M., 33-34f, 71, 71f, 234, 239-241, 275, 302

The Science of Swimming (Counsilman), 88

Thompson, Chris, 512

Thorpe, Ian, 734-735(f), 756-757t

Tiempo de reacción, 287-288

Tiroxina, 357t

Tobillos, 97-99, 152, 174-177, 195, 215-221, 251(f)

Tolerancia al dolor, 374-375, 400-401, 407, 427, 452, 467

Touretski, Gennadi, 526-530(t)

Toussaint, H.M., 22-23, 46f, 58

Trajes de baño de baja fricción, 72

Transportadores monocarboxilatos, 396

Trappe, S., 379t, 519, 567, 675

Trayectoria en forma de S, 16-17, 128-129, 157, 191, 222, 808

Trayectorias de brazada. *Véase también bajo el nombre de cada estilo individual*

- Circulares, 18
- Desplazamiento de los brazos hacia atrás, 33-38, 35f-36f

Ejercicios, 222

Elaboración, 108

Palmas orientadas hacia atrás, 40-43, 41f

Trayectorias de brazada circulares, 18

Trees, Tori, 197, 198f

Treffene, Bob, 398, 439, 449, 450f Tríceps, 138, 332, 413

Triglicéridos, 356, 357f, 363

Trombocitos, 342

Turbulencia

Arrastre por fricción, 69-70, 70f Burbujas, 90-91, 90f

Revisión general, 54-56, 56f

Teorema de Bernoulli, 13, 19-20

Y la baja presión, 55-56

Y la forma del cuerpo, 57, 60, 60f

U

Umbral respiratorio, 354-358

Umbrales aeróbicos, 331

Umbrales anaeróbicos

Como porcentaje de la utilización del VO_2máx., 350

Definición, 598-599

Localización mediante análisis de sangre, 557-559

Localización mediante la frecuencia cardíaca, 590-592

Velocidad correspondiente al umbral anaeróbico, 562-566

Unidades motrices, 331-332, 336-337, 410, 415

Urbanchek, Jon, 507, 512t, 514t-515t

V

Vacunación contra la gripe, 696-697

van den Berg, C., 23, 778

van den Hoogenband, Pieter, 741, 741t, 748

Van Dyken, Amy, 740, 740t

Velocidad crítica de nado, 586, 597

Velocidad crítica, 540, 540TB, 586-588(f), 811, 813

Velocidad, 8, 10

Velocidad de nado, 53-57, 65-66t, 69, 86, 411, 464, 467, 524, 486

- Cálculo, 718-719f
- Frecuencia y longitud de brazada, 720-722(f), 725, 727-738, 742-767
- Protocolo V4, 582
- Y la fatiga, 731-732f

Velocistas, 513-534

- Constitución física, 513-518
- Destacados, 525-534
- Entrenamiento de las pruebas de 100
- y 200, 636-640, 638f, 645-646
- Entrenamiento de las pruebas de 50 y 100, 640-643, 642f, 646, 646f, 649, 649f
- Entrenamiento de las pruebas de 50, 524-525
- Entrenamiento por mesociclo, 630f
- Kilometraje, 521, 522
- Lactatos sanguíneos pico, 566-568

Planificación por temporada, 621

Puesta a punto, 681-684

Seguimiento, 607-608-609

Sugerencias para el entrenamiento, 519-523, 523f

Velocistas de la Universidad de Auburn, 533-534T-535t

Velocistas rápidos, 513, 515, 518, 620

Venas, 339(t)-343, 388, 390, 775

Vénulas, 340, 343-344

Viraje de Naber modificado, 314, 318, 318f

Viraje de voltereta modificado 310 f, 319-320f Virajes, 276, 298

Batido de delfín, 296, 308

Importancia, 275-276

Respiración, 302-303

Voltereta del estilo libre, 297-298(f)

Virajes (*continuado*)

Abiertos, 315

Calentamiento, 771

De espalda con voltereta, 304-305, 305f

De Naber modificado, 318, 318f

De transición en la prueba de estilos individual, 314-318(f)

De voltereta, 306, 317f

De voltereta modificado, 319-320f

Y escoger el ritmo apropiado, 732

VO_2max. *Véase* consumo máximo de oxígeno, 337-338, 348-353, 387-398, 425

Volkers, Scout, 540, 791

Volumen corriente, 346, 356, 388, 410, 431, 460

Volumen minuto, 346, 388-389, 431

Volumen sistólico, 341

Vórtice adherido, 24(f), 26, 49

Vórtices de burbujas, 73

Vuelta a la calma con natación, 775-776

W

Wakayoshi, K., 793-796

Wasilak, J., 779

Water polo, 653, 780

Watkins, J., 778-780

Wigermaes, I., 696-697

Wilmore, J.H., 331-336, 340-342, 347f, 349, 366, 389-392, 417-420, 583-591, 652t, 685, 776f

Y

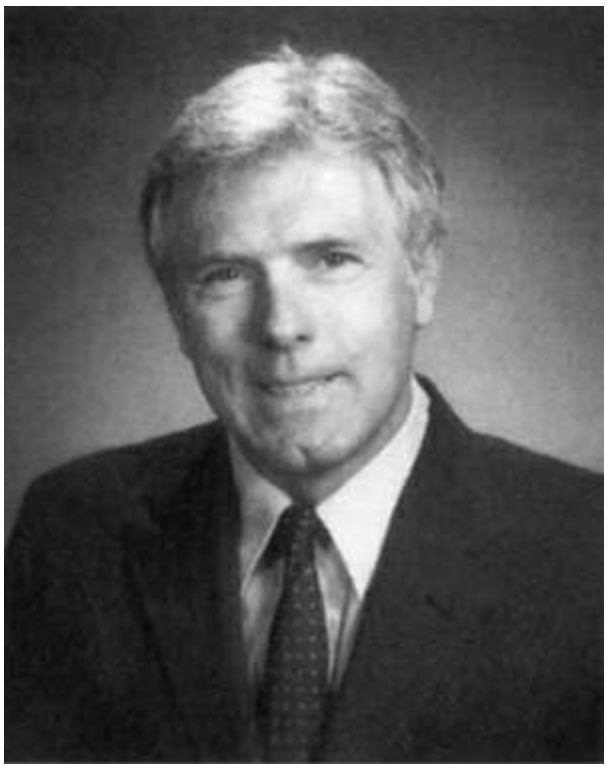
Y la herencia y el entrenamiento, 408

Yakolev, N., 627, 627f, 660

Yamamoto, Y., 789, 795

Acerca del autor

Ernest W. Maglischo ha sido entrenador de natación durante 38 años, trabajando en cuatro universidades y dos clubes de natación. Ha ganado 13 campeonatos nacionales universitarios estadounidenses a nivel de la División II y 19 campeonatos de conferencia. En 1996 fue galardonado con el premio del Entrenador del Año de Natación de la Conferencia Pacífico 10, y ha sido nombrado entrenador del año de la División II de los Campeonatos Universitarios Estadounidenses ocho veces, un récord sin precedentes. También ha sido galardonado con el premio más alto del entrenamiento, el Trofeo Nacional de la Natación Universitario y Escolar.



Maglischo tiene un doctorado en Fisiología del Ejercicio de la Universidad

Estatal de Ohio. Es miembro de la Asociación de Entrenadores Universitarios de Natación, la Asociación de Entrenadores Estadounidenses, y USA Swimming donde forma parte del Comité de Medicina Deportiva. Maglischo trabaja ahora como entrenador ayudante voluntario de la Universidad de Oakland. Reside en Rochester, Michigan.

NATACIÓN

Natación. Técnica, entrenamiento y competición es la obra de referencia definitiva sobre la técnica de los estilos y los métodos de entrenamiento. Además de explicar lo que los nadadores deben hacer, el autor explica por qué se deben ejecutar las técnicas y el entrenamiento de una forma particular.

Una característica importante del libro es el análisis técnico exhaustivo y perspicaz de los cuatro estilos principales: libre, espalda, braza y mariposa.

Junto con el texto se presentan más de 500 fotografías e ilustraciones, incluyendo fotografías de nadadores de nivel internacional que muestran una técnica perfecta. También se presenta una explicación completa de la base fisiológica de los métodos de entrenamiento más efectivos que apoyan la instrucción técnica, incluyendo ejemplos de sesiones y programas de entrenamiento con todo detalle para cada prueba competitiva.

Con este libro los nadadores y entrenadores de natación adquirirán nuevos conocimientos, refinarán la técnica, maximizarán el entrenamiento y recortarán valiosos segundos en sus marcas.

Ernest W. Maglischo ha sido entrenador de natación durante 38 años, trabajando en cuatro universidades y dos clubes de natación. Ha ganado 13 campeonatos nacionales universitarios estadounidenses a nivel de la División II y 19 campeonatos de estatales. En 1996 fue galardonado con el premio del Entrenador del Año de Natación de la Conferencia Pacífico 10, y ha sido nombrado entrenador del año de la División II de los Campeonatos Universitarios Estadounidenses ocho veces, un récord sin precedentes. También ha sido galardonado con el premio más alto del entrenamiento, el Trofeo Nacional de la Natación Universitario y Escolar. Maglischo tiene un doctorado en Fisiología del Ejercicio de la Universidad Estatal de Ohio. Es miembro de la Asociación de Entrenadores Universitarios de Natación, la Asociación de Entrenadores Estadounidenses, y USA Swimming donde forma parte del Comité de Medicina Deportiva. Maglischo trabaja ahora como entrenador ayudante voluntario de la Universidad de Oakland. Reside en Rochester, Michigan.

www.paidotribo.com

José María Cancela Carral
Sonia Parients Baglietto
Francisco Camiña Fernández
Ricardo Lorenzo Blanco
TRATADO DE
NATACIÓN
del PERFECCIONAMIENTO al ALTO RENDIMIENTO

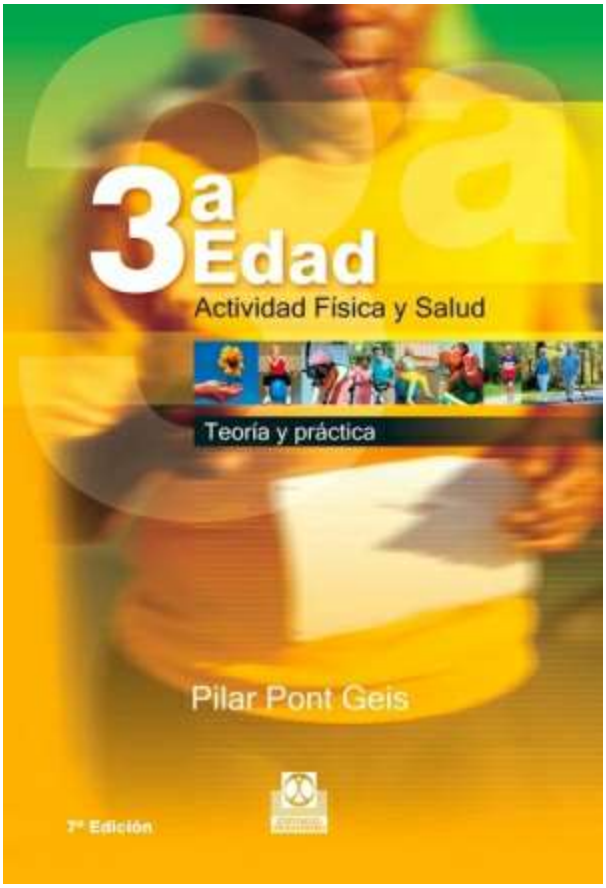
Tratado de natación

Cancela Carral, José Mª
9788499104096
260 pages

Buy now and read

Tratado de natación. Del perfeccionamiento al alto rendimiento es una guía para el entrenamiento de la natación en la alta competición. En los primeros capítulos se introducen los principios del entrenamiento aplicados a la natación junto con los conceptos fisiológicos y anatómicos como el coste energético en la natación y la musculatura implicada en los diferentes estilos natatorios. A continuación se dedica un capítulo para el entrenamiento de cada una de las habilidades motrices básicas aplicadas a la natación: la resistencia aeróbica, la fuerza muscular, la flexibilidad y la velocidad. Por último se trata también la selección de talentos, la planificación del programa de entrenamiento anual y el reglamento de natación.
Esta obra ha sido realizada por profesores de Fundamentos y Contenidos Didácticos de Natación, perteneciente a la Universidad de Vigo y de la Universidad de A Coruña.

Buy now and read


3ª Edad
Actividad Física y Salud
Teoría y práctica
Pilar Pont Geis
7ª Edición

Tercera edad

Pont Geis, Pilar
9788499101996
318 pages

Buy now and read

La actividad física para la tercera edad es un tema relevante, incluso estratégico, tanto desde el punto de vista personal e individual como desde una visión global de la sociedad.Así, el hecho de que una persona adulta se plantee iniciar, continuar o potenciar una actividad física, puede suponerle por una parte un cambio sustancial en su vida interior, ya que le ayudará a aumentar su equilibrio personal, mejorar su estado de ánimo y su salud, potenciar sus reflejos y proporcionarle una agilidad que podía tener estancada o mermada y, en definitiva, mejorar su calidad de vida.Así, este libro supone una aportación decisiva en el campo de la actividad física para la tercera edad, que parte de una experiencia consolidada a lo largo de los últimos años, y que puede sin duda contribuir a potenciar, el papel de la tercera edad dentro de la sociedad mejorando a la vez la calidad de vida individual.El contenido de este libro consta de dos partes generales: una primera parte basada en conocimientos y aspectos teóricos y una segunda parte en la que se desarrollan los contenidos de forma práctica.En cuanto a la teoría, se desarrolla el tema de la tercera edad desde diferentes vertientes: un estudio de todos aquellos aspectos físicos, psíquicos y socio-afectivos que caracterizan a estas personas; la alimentación; la necesidad de la práctica de la actividad física,

etc.Asimismo, se detallan aquellos elementos que intervienen para lleva a cabo un programa, o sea aquellos aspectos metodológicos que todo profesional de la actividad física debe conocer.Por último, en la segunda parte, se desarrollan las actividades agrupadas por su forma y por los objetivos que se pretenden conseguir.

Buy now and read

Fernando París Rocho
La Planificación Estratégica
en las Organizaciones Deportivas
4ª edición

La planificación estratégica en las organizaciones deportivas

Paris Roche, Fernando
9788499102030
172 pages

Buy now and read

Todas las entidades y organizaciones, y por supuesto también las deportivas, se ven sometidas hoy en día a un cambio permanente en su entorno, en sus objetivos, en su forma de actuar, en sus expectativas, en la disponibilidad de recursos. Por todo ello, las organizaciones -y también los individuos- se ven obligados, cada vez con más frecuencia, a reflexionar sobre el camino a abordar en el futuro, sobre qué hacer, por dónde ir. O sea, las entidades -y las personas- se ven apremiadas a planificar.La base de este libro es la experiencia de planificación estratégica desarrollada en el organismo estatal y le será de gran ayuda para la comprensión y la implantación del proceso que denominamos planificación estratégica en las organizaciones y entidades deportivas, que presentan ciertas diferencias cualitativas en relación a las entidades privadas con fines de lucro. Cada organización, club, entidad, construirá a partir de él sus propios métodos, conceptos y forma de proceder, centrándose en el rumbo y en los objetivos.Si está usted al frente de una organización o entidad deportiva, el autor le recomienda que: piense en su situación actual, en los puntos fuertes y débiles de su organización, en los objetivos claros y definidos que le marcan el rumbo en las

estrategias más adecuadas para cumplirlas, en los proyectos que está desarrollando, en cómo mejorarlos, etc., y si tiene dudas lea el libro con espíritu constructivo y seguro que le ayudará.Y, no lo olvide, como dice el ilustre jesuita aragonés Baltasar Gracián: Vivir anticipado, -esto es la planificación estratégica.

Buy now and read

JOSÉ SANTOS NALDA ALBIAC
ZEN
COTIDIANO
CONOCIMIENTO PERSONAL
2ª Edición

Zen cotidiano

Santos Nalda, José
9788499101491
238 pages

Buy now and read

Toda persona da como supuesta la unión entre el cuerpo y la mente. Sin embargo, no suele caer en la cuenta de que nuestro cuerpo exterioriza nuestro estado mental. Suele ignorar que nuestro desarrollo intelectual se realiza sobre una base física, de sensaciones corporales. Si fallan estas informaciones, perderemos la capacidad del desarrollo mental. Nuestro organismo ha desarrollado esta secuencia y cuando nuestro estado mental está perturbado, precisa reorganizarse desde la base, desde la sensación corporal.
El primer paso para conseguirlo es sentir, sentir a través de nuestro cuerpo.
El zen es una forma de vivir la vida, una norma de conducta, llegando a conocer sin pretender conocer, llegando a comprender sin pretender comprender, llegando a aprehender sin pretenderlo.
La práctica del zen no sólo nos ayuda en la meditación, sino también, y sobre todo en nuestra vida cotidiana, en la realización de nuestras tareas habituales, dándoles un punto de vista distinto, humanizando más nuestra vida y haciéndonos comprender que somos una parte integrante e imprescindible de un Gran Todo, la Naturaleza, y del propio Universo.
Este libro ha sido pensado y escrito con la esperanza de hacer

asequible a todas las personas el modo de vida Zen, de modo que pueda aplicarse a la cotidianeidad de cada cual. La redacción del texto es clara y sencilla para facilitar su lectura y comprensión a todo aquel que desee iniciarse en este camino.
Sin ninguna duda, la práctica de las enseñanzas contenidas en este libro serán útiles a todos los que: desean ayudar a otros, desean vivir en armonía consigo mismo y con el entorno, y buscan sentido a su vida diaria.

Buy now and read

entrenamiento mental
Cómo vencer en el deporte y en la vida gracias al entrenamiento mental
TERRY ORLICK

Entrenamiento mental

Orlick, Terry
9788499101163
408 pages

Buy now and read

Este libro enseña a desarrollar un punto de vista más positivo, a centrarse en las obligaciones y compromisos, a superar los obstáculos que se interponen en la consecución de los objetivos y a sentirse más satisfecho en la vida personal y profesional. El lector descubrirá también formas más eficaces y satisfactorias de trabajar con los compañeros de equipo, rendir más en los entrenamientos y ejercer un mayor control sobre los pensamientos y acciones.
Tanto si eres deportista o entrenador en busca del éxito en el deporte y otros ámbitos de la vida, en Entrenamiento mental encontrarás el consejo de un experto y técnicas probadas para lograr tus aspiraciones.

Buy now and read