



ÁCIDO LÁCTICO Y RENDIMIENTO FÍSICO

Aquilino Melgar Sánchez

Conceptos básicos

El **ácido láctico** un compuesto orgánico producido de forma natural por nuestro organismo siendo, al mismo tiempo, un subproducto y un combustible para el ejercicio físico. Se encuentra en los músculos, la sangre y en diversos órganos.

La fuente primaria es la descomposición de un carbohidrato llamado Glucógeno. El Glucógeno se descompone en una sustancia llamada ácido pirúvico y en este proceso se produce energía. Frecuentemente nos referimos a ella como una energía anaeróbica porque se consigue sin la participación del oxígeno en el proceso. Cuando el ácido pirúvico se descompone, produce mucha más energía. Esta energía la solemos llamar aeróbica porque en el proceso se utiliza el oxígeno. Cuando el ácido pirúvico es producido, la célula muscular tratará de usarlo para la consecución de energía mediante un proceso aeróbico. Sin embargo, si la célula no tiene la capacidad para usar todo el ácido pirúvico producido, se convertirá químicamente en ácido láctico. Algunas células tienen una capacidad grande para usar ácido pirúvico en procesos aeróbicos mientras otras tienen muy poca. Con el entrenamiento, muchas células pueden adaptarse para usar más ácido pirúvico y así producir menos ácido láctico.

¿Cuándo se produce el ácido láctico?.- El ácido láctico está presente en nuestro organismo tanto en reposo como en nuestras actividades cotidianas, aunque a niveles bajos. Sin embargo, cuando el ejercicio o la actividad aumenta en intensidad, se produce rápidamente grandes cantidades de ácido pirúvico, de tal manera que no todo puede usarse de forma aeróbica. El exceso se convertirá en ácido láctico.

Otra razón por la que se produce más ácido láctico es que con el aumento de la intensidad del ejercicio son requeridas fibras musculares adicionales. Estas fibras no se usan con frecuencia en reposo o en la actividad ligera y muchas de ellas son de «contracción rápida» y, por tanto, no muy buenas en la descomposición del ácido pirúvico de forma aeróbica. A partir de aquí mucho de este ácido pirúvico se convierte en ácido láctico.

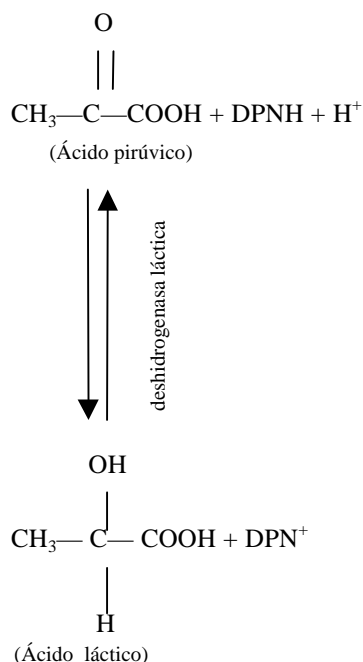
Cuando la intensidad del esfuerzo se encamina hacia el máximo, una gran cantidad de ácido pirúvico se produce en procesos anaeróbicos de los músculos activos para mantener la demanda de la contracción. La mayoría de este ácido pirúvico se transformará en ácido láctico cuando el sistema aeróbico sea sobrepasado. La cantidad de ácido láctico producido (adecuadamente medido) es así una medida de cuán rápidamente el sistema anaeróbico produce energía.

De esta manera el ácido láctico se convierte en una referencia importante para medir el desarrollo de los procesos aeróbicos y anaeróbicos. En niveles submáximos de ejercicio, la presencia de ácido láctico es un indicio de que la energía aeróbica de algunas fibras musculares involucradas en el ejercicio está limitada. Un diseño apropiado de pruebas dará a conocer con precisión el desarrollo del sistema aeróbico de un deportista. De forma similar, la cantidad de ácido láctico producida en niveles de esfuerzo máximo es un indicio del desarrollo del sistema anaeróbico.

¿Dónde va el ácido láctico después de producido?.- El ácido láctico es una sustancia muy dinámica. **En primer lugar**, cuando es producido, tratará de salir de los músculos y entrar en los músculos próximos, la corriente sanguínea o en el espacio entre las células musculares donde hay una concentración inferior del mismo. **En segundo lugar**, cuando es asimilado por otro músculo se reconvertirá en ácido pirúvico y se usará de forma aeróbica. El entrenamiento de resistencia aumenta las enzimas que convierten ácido láctico en ácido pirúvico. El ácido láctico puede ser usado también por el corazón como combustible o se almacena en el hígado en forma de glucosa o glucógeno. Se puede desplazar de una parte a otra del cuerpo de forma rápida. Hay una cierta evidencia de su reconversión en glucógeno muscular aunque esto parece bastante discutible.

Ordinariamente, un músculo que puede usar ácido pirúvico como fuente de energía lo hará desde el glucógeno almacenado en el músculo. Sin embargo, si el exceso de ácido láctico es aprovechable desde la corriente sanguínea, mucho de este ácido láctico será transportado al músculo y se convertirá en ácido pirúvico para el uso en los procesos aeróbicos. La fibra muscular que puede usar el ácido pirúvico puede estar

próxima a aquellas que no lo pueden hacer. El ácido láctico también circula en la corriente sanguínea y puede ser recobrado por otros músculos en otras partes del cuerpo. Algunos de los músculos que pueden usar eventualmente el ácido láctico pueden ser relativamente inactivos, tales como los brazos de un corredor.



Una pregunta que se suele hacer en el terreno de la fisiología del ejercicio es la siguiente: **¿es perjudicial el ácido láctico?** La respuesta es sí y no, pero en su mayor parte, no. Cuando el ácido láctico se produce en los músculos, se produce al mismo tiempo iones de hidrógeno. Si hay una acumulación considerable, los músculos alcanzan una acidez alta. Estos iones de hidrógeno ocasionan problemas con la contracción muscular que necesita el ejercicio. Los deportistas lo describen como «agotamiento» muscular. La mayoría de estos iones de hidrógeno se originan con el ácido láctico y abandonan la célula muscular cuando este lo hace. De esta manera, el ácido láctico no es la causa del «agotamiento» muscular aunque está directamente relacionado con la acidez que lo provoca. A pesar de que los deportistas odian esta sensación de «agotamiento», se trata realmente de un mecanismo de defensa contra el daño muscular. El aumento de acidez puede desgarrar la fibra muscular.

Otra equivocación común es que el ácido láctico es un producto de desecho. Hemos dicho anteriormente cómo el ácido láctico es una importante fuente de combustible para los procesos aeróbicos y que gran cantidad de él se convierte en glucosa y glucógeno para un futuro uso energético. Definitivamente no es un pro-

ducto de desecho. Es un subproducto de la producción de energía anaeróbica y un importante combustible para la producción aeróbica.

¿Cómo se puede medir el ácido láctico?.- La mayoría de las medidas de ácido láctico hacen uso de una muestra de sangre, aunque algunos investigadores lo han hecho tomando muestras musculares y midiendo el ácido láctico directamente en el músculo. Hay una relación entre el ácido láctico en sangre y el ácido láctico muscular. Cuando se toma una muestra de sangre, la cantidad de ácido láctico se expresa como una concentración de mmol por litro. Por ejemplo, los niveles en sangre en reposo son comúnmente entre 1.0 mmol/l y 2.0 mmol/l. Los niveles en algunos deportistas después de competiciones importantes han sido tan altos como 25-30 mmol/l aunque son raros.

¿Es importante para el entrenamiento?.- Definitivamente sí, por dos razones muy importantes.

Primera, una prueba de ácido láctico cuidadosamente diseñada indicará cómo se están desarrollando los sistemas aeróbicos y anaeróbicos. La base fisiológica para esfuerzos de más de 45 segundos es el desarrollo óptimo de ambos sistemas, aeróbico y anaeróbico. Ninguna otra medida práctica puede evaluar ambos sistemas.

Segundo, la medición del ácido láctico es la única manera práctica para determinar en qué medida cada sistema se ve comprometido durante un entrenamiento o una competición. En consecuencia, es la mejor manera para determinar la intensidad del esfuerzo del entrenamiento y asegura que la planificación del mismo produce el efecto deseado sobre el deportista.

Ácido láctico y sistemas energéticos.

Una parte importante del entrenamiento tiene como objetivo provocar adaptaciones en los sistemas de producción de energía del organismo, tanto anaerobio como aerobio. La producción y el control del ácido láctico son esenciales para conseguir estos objetivos aún siendo solamente una parte de un buen rendimiento físico; pero es una parte importante.

Muchos entrenadores y deportistas no comprenden la importancia del ácido láctico como fuente de energía. Se trata de uno de los combustibles más importantes para el ejercicio y está implicado en dos de los tres sistemas de energía principales que utilizamos para el desarrollo de la actividad física. El desarrollo final de una actividad física se vería perjudicado si el ácido

láctico producido en un músculo no fuese utilizado como fuente de energía en otros músculos. Puesto que el ácido láctico está siendo utilizado por otros músculos como combustible, se ve desplazado de los músculos donde se produce, facilitando así el problema de la acumulación ácida que provoca. Controlar el ácido láctico no es solamente una de las claves del buen rendimiento, sino que es esencial para las actividades de gran duración.

Hay tres sistemas de energía importantes para el rendimiento: el del **fosfato de creatina, glucólisis** (al que nos referimos generalmente cuando utilizamos el término anaeróbico), y el **sistema aeróbico**. Los dos primeros se denominan anaeróbicos en el sentido que el oxígeno no es necesario para producir energía. Es importante señalar que puede haber suficiente oxígeno disponible cuando se utilizan los sistemas anaeróbicos. El sistema aeróbico requiere oxígeno pero se puede limitar por otros factores incluso si hay suficiente oxígeno en el sistema. Las enzimas y las mitocondrias son factores importantes en la energía aeróbica y si están limitadas, la cantidad de energía aeróbica es limitada. El sistema aerobio puede utilizar más de un tipo de combustible: grasas y carbohidratos son las dos fuentes principales.

Aunque el ácido láctico no está implicado en el sistema del fosfato de creatina, la presencia de grandes cantidades del mismo en el entrenamiento de este sistema es una indicación de que el sistema del fosfato de la creatina está alcanzando sus límites. También los aumentos en ácido láctico durante el entrenamiento aeróbico significa que se está utilizando como combustible más carbohidratos que grasas.. Es importante que el entrenador entienda exactamente lo que significa la presencia de ácido láctico si debe diseñar entrenamientos para los tres sistemas.

Veamos a continuación una breve descripción de cada sistema de energía:

• **Fosfato de creatina.**- Este sistema produce un breve, pero intenso despliegue de energía, por ejemplo para las acciones de velocidad. El fosfato de creatina se analiza muy rápidamente y produce energía de forma inmediata. Es un sistema anaeróbico porque no utiliza oxígeno. Con frecuencia se denomina como el "sistema anaeróbico aláctico" para ponerlo en contraste con el otro sistema anaeróbico que produce ácido láctico.

En la práctica, el fosfato de creatina dura solamente algunos segundos. Para la mayoría de las actividades deportivas proporciona solamente una energía limitada. Tomar suplementos de creatina ha sido el foco de bastante discusión e investigación en los últimos años, especulándose con el hecho de que este suple-

mento aumentaría el tiempo de utilización de este sistema y también reduciría el tiempo necesario para restablecer los niveles de reposo de creatina.

Aunque el sistema del fosfato de creatina no utiliza ni produce ácido láctico, las medidas del mismo se pueden utilizar para evaluarlo. Cuando la energía de este sistema se agota, el organismo cambiará al otro sistema anaeróbico y comenzará a producir cantidades grandes de ácido láctico. Cuanto más bajo sea el nivel de ácido láctico después de una serie de velocidad, más nos indicará un correcto desarrollo del sistema de fosfato de creatina.

Aeróbico (utilizando grasas como fuente energética).- En el otro extremo del espectro del fosfato de creatina está el metabolismo de las grasas para la energía aeróbica. Este sistema proporcionará energía durante mucho tiempo y es muy útil para las actividades de larga duración. Sin embargo la producción de energía





en este sistema es lenta y no sostendrá una actividad rápida. Los entrenamientos de intensidad reducida tienden a cambiar el metabolismo aeróbico para utilizar más grasas como fuente de energía que carbohidratos. Observar niveles bajos de ácido láctico durante un entrenamiento indica que se están metabolizando las grasas. Niveles más altos de ácido láctico indicarían que la energía probablemente se está derivando más de los carbohidratos.

Tanto el fosfato de creatina como el sistema aeróbico (usando grasas como combustible) son importantes para la actividad física pero ninguno podrá mantener las necesidades que un esfuerzo intenso necesita. El cuerpo debe usar una tercera fuente de energía, carbohidratos o más precisamente glucógeno, para mantener el ejercicio prolongado de intensidad alta que es crucial para el éxito de la mayoría de las actividades deportivas. Los carbohidratos se usan tanto por el sistema aeróbico de producción de energía como por el tercer sistema, glucólisis o sistema anaeróbico láctico.

Glucólisis anaeróbica.- La glucólisis significa la descomposición de azúcares. Cuando usamos el término anaeróbico, nos estamos refiriendo a este sistema de energía. Este proceso descompone el glucógeno (una molécula de carbohidrato) para producir energía. Es muy rápido produciendo energía para el ejercicio. Uno de los productos finales de este proceso es el ácido pirúvico. Cuando existen las condiciones apropiadas, el ácido pirúvico se descompone aún más para proporcionar más energía (véase el proceso aeróbico usando los carbohidratos más adelante). Cuando esto no sucede, el ácido pirúvico se convierte en ácido láctico. Si el ácido láctico no se elimina del músculo, habrá un problema con la contracción del mismo debido a la acidez muscular y la actividad física tendrá que cesar.

Podría haber varias razones por las que no se descompone el ácido pirúvico. La cantidad necesaria de oxígeno puede no conseguirse por parte de la célula; puede que no haya enzimas suficientes para permitir a la célula procesar todo el ácido pirúvico; o la parte de la célula que lo descompone (mitocondrias) puede que no sea lo suficientemente grande para manejar el influjo súbito de ácido pirúvico. Asimismo, algunas de las células (del tipo de contracción rápida) apenas tienen mitocondrias o enzimas apropiadas y procesarán muy poco ácido pirúvico, siendo convertido, por tanto, en ácido láctico. Estas células de contracción rápida se usan más frecuentemente en esfuerzo de gran intensidad.

Aeróbico (usando carbohidratos como combustible).- Este proceso usa el ácido pirúvico desde la glucólisis como combustible en vez de la grasa. Esto

producirá energía de forma ligeramente más rápida que si se usa grasas como fuente. Cuando se descompone el ácido pirúvico durante el ejercicio, conseguimos dióxido de carbono, agua y calor. A consecuencia aumentamos la frecuencia respiratoria para librarnos del dióxido de carbono y sudamos para enfriarnos

Una de las cosas interesantes sobre este proceso es que el ácido pirúvico usado por la fibra muscular para producir energía aeróbica puede que no proceda de esa fibra. Como hemos mencionamos arriba, ácido pirúvico y ácido láctico se reconvierten el uno al otro muy fácilmente. Si el ácido láctico está disponible desde una fibra cercana o desde la corriente sanguínea, entrará con frecuencia en la fibra del músculo y se convertirá en ácido pirúvico para el uso como combustible en el sistema aeróbico. Esta es una de las características más importantes del ácido láctico, la capacidad para desplazarse rápidamente alrededor del cuerpo a lugares que pueden usarlo.

Resistencia aeróbica y su relación con la producción y eliminación de ácido láctico

El entrenamiento aeróbico de la resistencia afecta al metabolismo del ácido láctico de dos maneras fundamentales.

- **Primero**, reduciendo la producción de ácido láctico en las fibras de contracción lenta (denominadas de tipo I) y en aquellas fibras de contracción rápida (denominadas de tipo IIa) que tienen capacidad aeróbica. En un cierto plazo, el entrenamiento prolongado de la resistencia aeróbica convertirá muchas de las fibras de contracción rápida que no tienen casi ninguna capacidad aeróbica (llamada las fibras del tipo IIb) en fibras rápidas del tipo IIa.
- **En segundo lugar**, este tipo de entrenamiento acelera el proceso de desplazar el ácido láctico hacia otros músculos y otras partes del cuerpo, en un proceso que podríamos catalogar de «eliminación».

Cuando un deportista acentúa el sistema aeróbico, el organismo se adapta de varias maneras. El oxígeno, necesario para producir la cantidad máxima de energía desde el ácido pirúvico, puede llegar más rápidamente a cada músculo. Además de la disponibilidad del oxígeno, hay otros factores importantes que provocan que el músculo utilice ácido pirúvico como combustible y acelere el uso del ácido láctico en los músculos adyacentes y la corriente sanguínea. Cuatro de estos factores son incrementados por el entrenamiento de resistencia aeróbica:

Aumento de mitocondrias. El entrenamiento



aeróbico aumenta la densidad mitocondrial en ciertas células. Las mitocondrias son la parte de las células que convierten el ácido pirúvico en energía. Cuanta más densidad haya, más alta será la capacidad de la célula para utilizar el ácido pirúvico como combustible y para producir más energía de modo aeróbico.

La densidad de mitocondrias es muy alta en las fibras musculares de contracción lenta (tipo I) y en algunas fibras de contracción rápida (tipo IIa) y hay pocas mitocondrias en las fibras rápidas del tipo IIb. Como se ha dicho anteriormente, con el entrenamiento sostenido de la resistencia aeróbica, muchas de las fibras del tipo IIb se convertirán en fibras del tipo IIa.

Incremento de capilares.- Con el entrenamiento aeróbico, la densidad de capilares alrededor de las fibras musculares aumenta, ayudando al proceso de «eliminación» y de redistribución del ácido láctico. El incremento de capilares permite el trasvase del ácido láctico desde las fibras de contracción rápida a la corriente sanguínea. El ácido láctico será transportado a las células que pueden reconvertir al ácido láctico nuevamente en ácido pirúvico que se utilizará posteriormente como combustible. El incremento de capilares también permite desprender el calor acumulado en las células a causa del ejercicio.

Incremento de enzimas.- El entrenamiento aeróbico aumenta varias enzimas que ayudan a aumentar la producción energética aeróbica. Determinadas enzimas son extremadamente importantes en la conversión del ácido pirúvico a ácido láctico y en convertir ácido láctico nuevamente en ácido pirúvico. Este proceso ayuda a reducir la acumulación de ácido láctico en el organismo. Cuanta más disponibilidad haya de esta enzima, más rápidamente se convierte el ácido láctico de nuevo en ácido pirúvico y más rápidamente se tomará el ácido láctico de los músculos vecinos y de la corriente sanguínea. Cuanto más rápidamente sea esto, más rápido abandonará el ácido láctico los músculos de contracción rápida, disminuyendo así la acidez en los mismos. Esto significa que estos músculos funcionarán adecuadamente por un tiempo más prolongado.

Este tipo de entrenamiento también aumenta las enzimas que facilitan la conversión del ácido pirúvico en energía en el interior de las mitocondrias. De esta forma, una mayor cantidad de ácido pirúvico se puede utilizar como combustible. Esto significa que la producción del ácido láctico será reducida en la mayoría de las células del músculo y que algunas células podrán utilizar más ácido láctico producido en otras partes del cuerpo. Ambas enzimas, por tanto, ayudan a acelerar la eliminación del ácido láctico.

Incremento de proteínas de transporte.- Muchas proteínas que ayudan a desplazar el ácido láctico dentro y fuera de las células se han identificado recientemente. Recogen el ácido láctico y lo transportan a través de la membrana celular de un área de alta concentración a otra de baja concentración. Muchos de los *transportadores* toman el ácido láctico y el ion de hidrógeno al mismo tiempo eliminándolo en la misma proporción. La cantidad de los *transportadores* incrementa con el entrenamiento. Es otra de las adaptaciones importantes que ocurren debido al entrenamiento.

El entrenamiento aeróbico es una de las claves en estas adaptaciones que ayudan a transportar el ácido láctico por el organismo. Cuanto más rápido sea este transporte, mejor rendimiento tendrá el deportista. Aun cuando la actividad física implique un esfuerzo que requiera el uso de fibras rápidas, el entrenamiento aeróbico tendrá un lugar importante. Estas fibras rápidas producen una gran cantidad de ácido láctico y a menos que éste se elimine fuera de estas fibras y sea transportado a otras áreas del cuerpo, las fibras pararán su contracción. Incluso el éxito en actividades anaeróbicas se verá afectado por la capacidad del cuerpo para eliminar ácido láctico.

BIBLIOGRAFÍA

- BARBANY i CAIRÓ, J.R. (1983): *Elementos de fisiología aplicada al ejercicio físico*. Generalitat de Catalunya.
- GUYTON, Arthur C. (1971): *Tratado de Fisiología Médica*. Ed. Interamericana
- KOUTEDAKIS, Y. & SHARP, N.C. (1985): «*Lactic Acid Removal and Heart Rate Frequencies during Recovery after Strenuous Rowing Exercise.*» *British Journal of Sports Medicine*
- OYONO-EUGUELLE, S., (1990): «*Blood lactate during constant-load exercise at aerobic and anaerobic thresholds.*» *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*
- SEILER, S. (1996): *Gender Differences in Endurance Performance and Training*.
- SEILER, S. (1996): *The Lactate Threshold*.
- Sports Resource Group, Inc (1998): *Heart Rates and Lactate*.
- Sports Resource Group, Inc (1998): *Lactate Physiology and Sports Training*

Aquilino Melgar Sánchez
I.E.S. "PABLO PICASSO"