PubliCE, (PubliCE) 2004

Monograph

Ácido Láctico: Entendiendo la Sensación de “Quemazón” Durante el Ejercicio

Travis Triplett-McBride

Palabras Clave: lactato, producto metabólico, lactacidemia, fatiga

Todos han experimentado la sensación de ardor que acompaña al ejercicio intenso, tal como una vuelta rápida alrededor de la pista o las últimas repeticiones de una serie de prensa de piernas de alta intensidad. La causa de este tipo de disconfort es diferente de la producida por la inflamación y sensibilidad muscular que ocurre luego de un par de días de haber realizado una sesión intensa de ejercicios. El “ardor”, como se lo conoce comúnmente, es producido por la formación de una substancia llamada ácido láctico, la cual es un subproducto de la degradación de las fuentes de carbohidratos en la producción de energía para la realización de ejercicios, un proceso denominado glucólisis.

La glucólisis es la degradación de la glucosa sanguínea o del glucógeno, la forma de almacenamiento de la glucosa, desde el músculo o el hígado. El propósito de la glucólisis es el de proporcionarle energía a las células corporales para que puedan operar. El proceso de la glucólisis involucra varias enzimas que controlan una serie de reacciones químicas. A lo largo de la vía hay se forman varios subproductos que son utilizados como energía, utilizados en otras reacciones químicas, o son excretados como desechos (3).

El proceso de la glucólisis puede desarrollarse a diferentes tasas, lo que se conoce como glucólisis lenta y glucólisis rápida. El producto final de la glucólisis rápida es una substancia llamada ácido pirúvico, la cual es convertida a ácido láctico cuando el ácido pirúvico comienza a acumularse. Esta velocidad de la glucólisis provee energía para las células a una tasa mayor en comparación con la glucólisis lenta, en la cual el ácido pirúvico es transportado a otra parte de la célula para producir energía a través del sistema oxidativo, o del sistema aeróbico. El destino de los productos finales es controlado por las necesidades energéticas dentro de la célula. Si se requiere un muy rápido suplemento de energía, como por ejemplo durante un sprint o durante una serie intensa de entrenamiento de la fuerza, se utilizará principalmente la glucólisis rápida. Si la demanda de energía no es tan alta y hay suficiente oxígeno presente en las células, se utilizará principalmente la glucólisis lenta (3).

La glucólisis rápida también ocurre al comienzo del ejercicio o al final de la sesión de ejercicios cuando la intensidad del ejercicio es tan alta que el sistema oxidativo no alcanza a cubrir las necesidades energéticas del músculo. La fatiga muscular experimentada durante el ejercicio es a menudo asociada con altas concentraciones de ácido láctico en el músculo (6). El ácido láctico se acumula cuando el cuerpo no tiene la capacidad de lavarlo de los músculos y de los otros tejidos lo suficientemente rápido. El problema con la acumulación de ácido láctico es que hay un incremento correspondiente en la concentración de iones hidrógeno. Se cree que una alta concentración de iones de hidrógeno inhibe las reacciones de la glucólisis e interfiere directamente en la contracción muscular (9). Además, la reducción en el pH a partir del incremento en la concentración de hidrógenos, lo cual produce un aumento en la acidez del célula, inhibe la actividad de otras enzimas de la célula. El efecto global es una reducción en la cantidad de energía disponible y de la fuerza de contracción muscular durante el ejercicio (6).

Los términos ácido láctico y lactato son frecuentemente utilizados para referirse a lo mismo, sin embargo esto no es enteramente correcto. El ácido láctico es eventualmente convertido en la forma de sal llamada lactato, por medio de los

sistemas amortiguadores en el músculo y en la sangre. A diferencia del ácido láctico del músculo, se cree que el lactato no es una substancia que provoque fatiga (2). En cambio, el lactato es a menudo utilizado de forma indirecta como fuente de energía, particularmente en las fibras musculares lentas y en las fibras cardíacas (1). También es utilizado para forma glucosa por medio de la combinación del lactato y otras fuentes diferentes de los carbohidratos, lo cual ocurre durante el ejercicio prolongado y durante la recuperación. Sin embargo la concentración de lactato sanguíneo refleja la producción y el clearance del ácido láctico. La tasa de clearance de lactato sanguíneo es un indicador de la habilidad del individuo para recuperarse. El lactato puede ser lavado por degradación dentro de la fibra muscular en la cual se produce, o puede ser transportado en la sangre a otras fibras para ser degradado. El lactato también puede ser transportado en la sangre hasta el hígado, donde es convertido en glucosa y a menudo almacenado como glucógeno (2) (ver Figura 1).

Normalmente hay una baja concentración de lactato en la sangre y en el músculo. El rango normal de la concentración de lactato en sangre es de 0.5 a 2.0mmol/l en reposo (5). Como se mencionó previamente, la producción de lactato se incrementa junto con el incremento en la intensidad del ejercicio. Sin embargo la producción de ácido láctico también esta relacionada con el tipo de fibras musculares. Las fibras musculares de contracción rápida, también llamadas rápidas glucolíticas (FG) y las fibras rápidas oxidativas glucolíticas (FOG), muestran una mayor tasa de producción de ácido láctico. Esto se debe principalmente al hecho de que estas fibras musculares son reclutadas durante la actividad física intensa que demanda una gran cantidad de fuerza, potencia y velocidad. Además las fibras musculares FG y FOG muestran una mayor concentración o actividad de enzimas glucolíticas en comparación con las fibras SO o lentas oxidativas (1). Aunque no se conoce cual es la mayor concentración de lactato posible, la fatiga total puede ocurrir a concentraciones de lactato en sangre de 20 a 25mmol/l. La mayor concentración de lactato en sangre reportada es >30mmol/l, la cual fue medida luego de varias repeticiones de ejercicio dinámico (6). Junto con la intensidad del ejercicio y el tipo de fibras, la duración del ejercicio, el nivel de entrenamiento y el nivel inicial de glucógeno también pueden influenciar la acumulación de lactato, por ejemplo en individuos desentrenados tienen una tendencia a formar mas lactato durante el ejercicio prolongado, y cuando el músculo tienen altos niveles iniciales de glucógeno (5).

La acumulación de lactato sanguíneo luego del ejercicio intermitente de alta intensidad (e.g., entrenamiento de la fuerza y sprints), en comparación con el ejercicio continuo de baja intensidad donde no se acumula hasta >55% del VO_2 máx. (5). La mayoría de los estudios han reportado que las mayores concentraciones de lactato se observaron luego de repeticiones de ejercicio aeróbico máximo (1-3min). en una investigación (8), se observó que múltiples series de sentadillas hasta el fallo con incremento de la carga resultaron en mayores concentraciones de lactato en sujetos entrenados que en sujetos desentrenados, debido a que el tiempo hasta el fallo y el tiempo total de trabajo fueron mayores en los sujetos entrenados. Sin embargo, las personas entrenadas muestran menores concentraciones de lactato que las desentrenadas cuando se ejercitan con la misma carga absoluta (la misma carga de trabajo) (ver figura 2). Esto indica que el entrenamiento de sobrecarga resulta en alteraciones en la respuesta del lactato similares a las del entrenamiento aeróbico de alta intensidad (5). Estas alteraciones incluyen una menor concentración de lactato a una carga de trabajo dada en individuos entrenados y mayores concentraciones de lactato en individuos entrenados durante el ejercicio máximo (7).

La mayoría de los estudios han reportado que la concentración de lactato sanguíneo retorna a los niveles pre ejercicio dentro de la hora una vez finalizado el mismo. Se ha mostrado que la actividad suave, conocida como recuperación activa, durante el período post ejercicio incrementa la tasa de lavado de lactato, y que los individuos entrenados aeróbica y anaeróbicamente tienen mayores tasas de lavado de lactato que las personas desentrenadas (5). La concentración pico de lactato en sangre ocurre aproximadamente cinco minutos luego de la finalización del ejercicio, principalmente debido al tiempo requerido para amortiguar y transportar el lactato desde el tejido hasta la sangre (5).

El punto de producción de lactato o umbral de lactato, es utilizado como una estimación del esfuerzo anaeróbico durante el ejercicio. Esto es debido a que el sistema anaeróbico incrementa la producción de energía cuando la intensidad de ejercicio se incrementa más allá del punto en el que el cuerpo puede suplir la energía necesaria a través del sistema oxidativo. El umbral de lactato está caracterizado por un incremento significativo en el lactato sanguíneo, pero puede ser impreciso debido a que los niveles medidos en sangre pueden deberse a una reducción en la tasa de lavado más que a un incremento en la producción. Para tratar de justificar esto, comúnmente se utiliza un valor arbitrario de 4mmol/l lo que es conocido como comienzo de la acumulación de lactato en sangre (OBLA). El umbral de lactato es mas frecuentemente utilizado para determinar a que porcentaje del VO_2 máx ocurre el umbral, ya que en individuos entrenados el umbral ocurre al 70-80% del VO_2 máx. y en individuos desentrenados al 50-60% del VO_2 máx. Es beneficiosos aumentar el umbral de lactato, lo cual significa que uno puede ejercitarse durante un mayor tiempo a una intensidad dada antes que el lactato comience a acumularse (por la correspondiente producción de lactato) y se establezca la fatiga (4) (Ver Figura 3).

Entrenamiento para Mejorar la Tolerancia al Ácido Láctico

Cualquier atleta que necesite ser capaz de mantener un alto nivel de intensidad durante 1-3 minutos puede beneficiarse de un entrenamiento específicamente diseñado para aumentar el umbral de lactato. La mejor forma de mejorar la tolerancia al ácido láctico y el umbral de lactato es a través del entrenamiento fraccionado. Los intervalos de trabajo deberían estar

en línea con el evento para el cual uno esta entrenando, aunque algunos trabajos pueden consistir de intervalos mas largos o mas cortos para hacer mas hincapié por ejemplo en la velocidad o en la resistencia a la velocidad. Los intervalos que van de 30 segundos a 1.5 minutos se orientaran mas hacia el entrenamiento de la glucólisis rápida mientras que los intervalos que van desde 1.5 a 3 minutos estarán mas orientados en la glucólisis lenta, aunque la glucólisis rápida cubrirá aun un gran porcentaje del esfuerzo. Los períodos de recuperación entre los intervalos deberían ser de aproximadamente 2 minutos para los intervalos mas cortos, y de 3-6 minutos para los intervalos mas largos, siempre que se realice un esfuerzo máximo. Los entrenadores a veces eligen acortar el período de pausa de manera tal que no se alcance una recuperación completa aun cuando esto signifique que no se pueda realizar cada intervalo a una velocidad máxima. Esto depende del objetivo de cada sesión de entrenamiento y de en que período del año de entrenamiento se encuentre el atleta. La mayoría de los intervalos se establecen de manera tal que se cubra una distancia completa; e.g., 8 x 400mts para una distancia total de aproximadamente 2 millas. El entrenamiento fraccionado es una gran alternativa al entrenamiento de larga duración y baja intensidad en donde el VO_2 máx no es disminuido y la tolerancia al ácido láctico puede ser mejorada, lo cual potencialmente resultará en un mejor atleta.

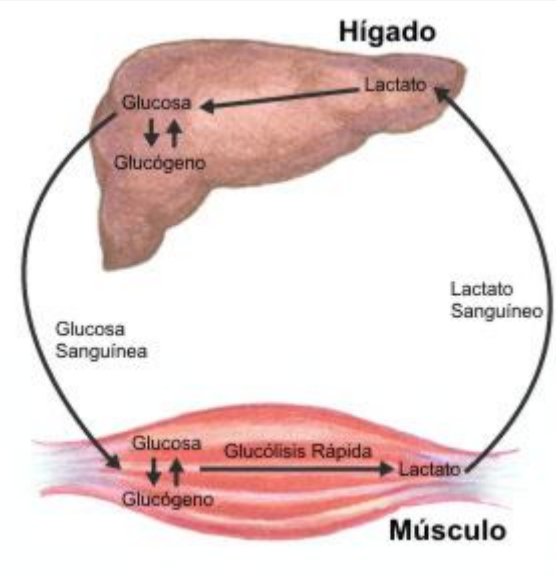


Figura 1. *El lactato puede ser transportado en sangre hasta el hígado, donde es convertido en glucosa y a menudo almacenado como glucógeno.*

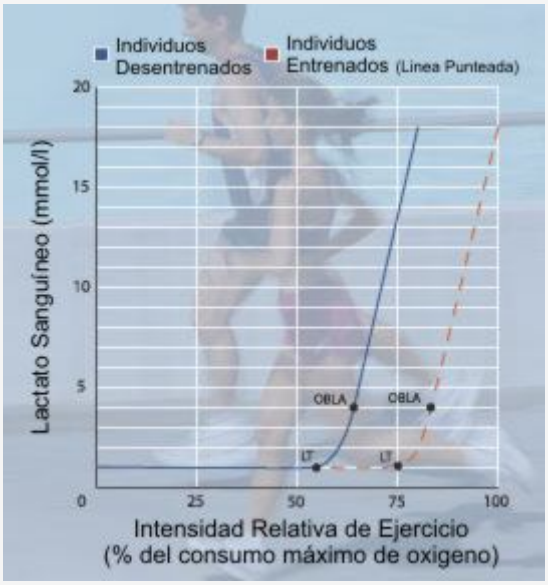


Figura 2. *Gráfica general mostrando la relación entre el lactato sanguíneo y la intensidad del ejercicio en sujeto entrenados y desentrenados.*

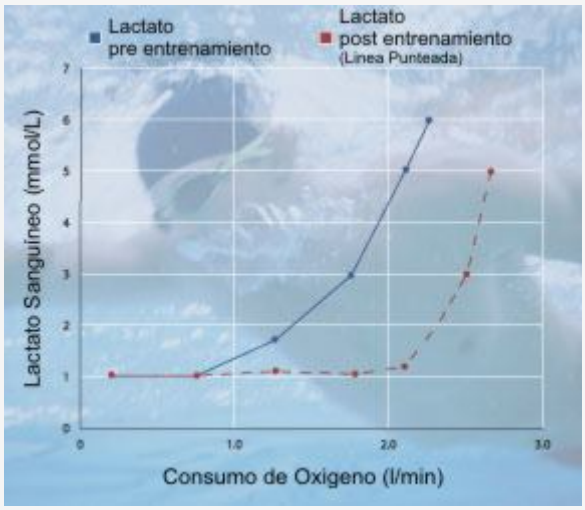


Figura 3. *Gráfica general que muestra la relación entre el lactato sanguíneo y el consumo de oxigeno antes y después de un programa diseñado específicamente para incrementar el umbral de lactato.*

REFERENCIAS

1. Bernard RJ., Edgerton VR., Furakawa T., Peter KB (1971). Histochemical, biochemical contractile properties of red, white and intermediate fibers. *American Journal of Physiology 220:410-441*
2. Brooks GA (1986). The lactate shuttle during exercise and recovery. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise. 19:S150-156*
3. Carretelli P (1992). Energy sources for muscle contractions. *International Journal of Sports Medicine. 13-S106-S110*
4. Davis JA., Frank MH., Whipp BJ., Wasserman K (1979). Anaerobic threshold alterations caused by endurance training in middle-aged man. *Journal of Applied Physiology. 46:1039-1046*
5. Gollnik PD., Bayly WM., Hodgson DR (1986). Exercise intensity, training, diet and lactate concentration in muscle an blood. *Medicine and Sciences in Sports and Exercise. 18:334-340*
6. Hermansen L., Stenvold I (1972). Production and removal of lactate in man. *Acta Physiologica Scandinavica. 86-191-201*
7. Jacobs I (1986). Blood lactate: implications for training and sports performance. *Sports Medicine 3:10-25*
8. Stone MH., Pierce K., Godsen R., Wilson D., Blessing D., Rozenek R., Chromiak J (1987). Heart rate and lactate levels during weight training in trained and untrained man. *Physician and Sports Medicine, 15:97-105*
9. Tesch P (1980). Muscle fatigue in man, with special reference to lactate accumulation during short intense exercise. *Acta Physiologica Scandinavica. 480:1-40*

Cita Original

Travis Triplett-McBride. Lactic Acid: Understanding the Burn During Exercise. NCSA Performance Training Journal; Vol.3, no 4, 14-16, 2004.