



## ENERGÉTICA MUSCULAR DURANTE ACTIVIDADES EXPLOSIVAS Y LOS EFECTOS POTENCIALES DE LA NUTRICIÓN

Kent Sahlin, Msc | GIH La Escuela Sueca de Ciencias del Deporte y Salud | Estocolmo | Suecia

### PUNTOS CLAVE

- El rendimiento en el ejercicio de alta intensidad es dependiente de la producción de energía anaeróbica
- Las limitaciones del aporte de energía anaeróbica están relacionadas principalmente con la cantidad de energía que puede ser producida por los fosfatos de alta energía y la glucólisis.
- La capacidad anaeróbica se puede incrementar si se aumenta la masa muscular contráctil a través de regímenes de entrenamiento que induzcan hipertrofia o a través de regímenes de entrenamiento que distribuyan el trabajo a más músculos y/o fibras musculares.
- Los estudios han demostrado que el entrenamiento interválico de alta intensidad incrementa la capacidad amortiguadora del músculo y el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad.
- Está bien documentado que al incrementar el contenido de creatina y fosfocreatina en el músculo esquelético (“carga de creatina”), incrementa el rendimiento anaeróbico especialmente durante periodos cortos de ejercicios de intervalos. La mejoría en el rendimiento está relacionada con el incremento en el contenido muscular del fosfato de alta energía fosfocreatina y el aumento de la capacidad amortiguadora del músculo.
- Los estudios demuestran que la carga de bicarbonato puede mejorar el rendimiento durante ejercicio intenso que dure entre 1-7 minutos. El malestar gastrointestinal ha limitado el uso del bicarbonato, pero dosis repetidas durante varios días previo a la competencia pueden reducir los síntomas.
- Los estudios han demostrado que la capacidad amortiguadora del músculo y el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad se puede mejorar con la suplementación de beta-alanina y aumentando el contenido muscular de carnosina.
- La mejoría en el rendimiento después de las intervenciones que incrementan la capacidad amortiguadora demuestra que la acidosis asociada con las tasas altas de glucólisis es un factor importante en la fatiga.

### INTRODUCCIÓN

Muchos deportes incluyen actividades explosivas en las cuales el ejercicio de alta intensidad (HIE, por sus siglas en inglés) ocurre durante un periodo sostenido (por ejemplo, sprints y eventos de media distancia) o como ejercicio de intervalos con ráfagas cortas de HIE repetidos con periodos intermedios con ejercicio de baja intensidad (por ejemplo, hockey sobre hielo, soccer, balón mano, basquetbol, etc.) (Sahlin, 2014). La tasa de utilización de energía es alta durante el HIE y sobrepasa lo que se puede obtener de los procesos aeróbicos (Harris y colaboradores, 1977; Sahlin y colaboradores, 1976; Sahlin, 1978). Por lo tanto, la energía debe ser obtenida de procesos anaeróbicos que tienen una mayor potencia de producción de ATP que los procesos aeróbicos. La utilización de energía anaeróbica resultará en disminución de los fosfatos de alta energía (principalmente la fosfocreatina) y acumulación de productos derivados como la creatina, el fosfato inorgánico (Pi, por sus siglas en inglés) y el ácido láctico (Harris y cols., 1977; Sahlin y cols., 1976). El mecanismo de fatiga en estas situaciones es multifactorial y todavía es un tema muy debatido (Fitts, 2016; Westerblad, 2016). Sin embargo, existe fuerte evidencia de que los factores metabólicos limitan el rendimiento durante el HIE y que la deficiencia de energía y/o acidosis, relacionadas con la actividad glucolítica alta y acumulación de lactato, están involucradas (Debold y cols., 2016). Existen diversas relaciones entre acidosis y deficiencia de energía, por lo que la importancia relativa de estos factores en la fatiga es difícil de separar. De todas formas, el rendimiento durante HIE se puede mejorar con intervenciones (entrenamiento y/o nutrición) que mejoren la producción de energía en las células y/o mitiguen el estado acidificado en el músculo.

### MEJORANDO EL NIVEL DE ENERGÍA MUSCULAR CON ENTRENAMIENTO

Los procesos de energía aeróbica son limitados principalmente por la tasa a la cual se puede producir el ATP (por ejemplo, potencia aeróbica o  $\dot{V}O_2$ ). Por otro lado, los procesos anaeróbicos son limitados principalmente por la cantidad de ATP que se puede producir (es decir, la capacidad anaeróbica). La utilización de fosfocreatina representa cerca del 30% de la capacidad anaeróbica, en la cual la actividad glucolítica con producción de lactato representa el 70% restante. La proporción cubierta por la fosfocreatina puede ser mayor durante el ejercicio de intervalos, especialmente cuando los periodos de recuperación son cortos (< 4 min). Esto se explica por la resíntesis rápida de fosfocreatina durante el descanso o periodos de baja actividad, a pesar de una eliminación lenta del lactato muscular durante el periodo de recuperación (Harris y cols., 1976; Sahlin y cols., 1979).

Diversos estudios han demostrado que el contenido muscular de ATP y fosfocreatina (/g de músculo) no cambia por el entrenamiento (Nevill y cols., 1989; Perry y cols., 2008). Sin embargo, al incrementar la masa muscular contráctil con ejercicio de fuerza, incrementará la cantidad de ATP-fosfocreatina que puede ser utilizada durante el ejercicio. De la misma forma, el entrenamiento de velocidad tiene el potencial para alterar el reclutamiento de músculos y/o de fibras musculares, incrementando por lo tanto la masa muscular contráctil (Johansen & Quistorff, 2003). Un incremento en la masa muscular activa inducida por el entrenamiento también aumentará la distribución del volumen de lactato y por lo tanto mejorará la cantidad de ATP que puede ser producido durante la glucólisis. La masa muscular activa más grande, debido a hipertrofia o reclutamiento alterado de músculo/fibras, incrementará por lo tanto la

capacidad anaeróbica y mejorará el rendimiento durante el ejercicio de alta intensidad.

La tasa de resíntesis de fosfocreatina es rápida con la mitad de la fosfocreatina utilizada resintetizada en 30 segundos (Sahlin y cols., 1979). La resíntesis de fosfocreatina es dependiente de la capacidad oxidativa del músculo y se puede mejorar por medio de protocolos de entrenamiento que estimulen la biogénesis mitocondrial. Diversos estudios han documentado tasas mejoradas de resíntesis de fosfocreatina después del entrenamiento de resistencia (Johansen & Quistorff, 2003). La aceleración de la tasa de resíntesis de fosfocreatina incrementará la capacidad de producción de energía anaeróbica durante el ejercicio de intervalos con periodos de descanso cortos.

## MEJORANDO LA CAPACIDAD AMORTIGUADORA DE LOS MÚSCULOS CON EL ENTRENAMIENTO

La producción de lactato está limitada por la proporción de acidosis inducida por el lactato, es decir, la reducción del pH en el músculo. La capacidad amortiguadora del músculo mejorará los cambios en el pH muscular y los incrementos en la capacidad amortiguadora del músculo (inducidos por entrenamiento o nutrición) aumentarán la cantidad de lactato que se pueda acumular en el músculo y por lo tanto incrementará la capacidad anaeróbica y el rendimiento en HIE. Algunos estudios han demostrado que el entrenamiento de alta intensidad puede mejorar la capacidad amortiguadora del músculo tanto en sujetos no entrenados (Bishop y cols., 2004; Sharp y cols., 1986) como en entrenados en resistencia (Weston y cols., 1997), aunque otros estudios no muestran efectos (Bishop y cols., 2009; Sahlin & Heriksson, 1984). También se ha demostrado que el entrenamiento de gran altitud puede mejorar la capacidad amortiguadora del músculo (Mizuno y cols., 1990). La capacidad amortiguadora del músculo está determinada por diversos componentes, de los cuáles los principales son: fosfocreatina-Pi, proteína, bicarbonato-CO<sub>2</sub> y carnosina (Sahlin, 1978). No se conoce cuál componente está influenciado por el entrenamiento. Hay varios métodos disponibles para determinar la capacidad amortiguadora del músculo pero, debido a la complejidad de las mediciones, ninguno está libre de críticas.

## CONSUMO DE CREATINA Y RENDIMIENTO EN EJERCICIO DE ALTA INTENSIDAD

En un estudio clásico, Harris y cols. (1992) demostraron que el contenido de creatina y fosfocreatina en el músculo se puede incrementar con suplementación con creatina. El consumo oral de creatina incrementa la concentración sanguínea de creatina y una porción es tomada por el músculo. Subsecuentemente, una fracción de creatina tomada por el músculo es transformada en fosfocreatina. El promedio total del contenido de creatina (TCr = creatina + fosfocreatina) en el músculo esquelético es 120-125 mmol/kg de músculo seco (Harris y cols., 1992; Hultman y cols., 1996). El incremento en TCr después de la carga de creatina es ~20% y el incremento en fosfocreatina es ~10% (Hultman y cols., 1996). Sin embargo, existen grandes diferencias en la respuesta entre sujetos, con un efecto más marcado en sujetos con un contenido muscular inicial bajo de TCr (por ejemplo, vegetarianos) y ausente en sujetos con un contenido inicial alto de TCr. Además, parece que existe un tope máximo para TCr en el músculo esquelético humano de ~150-160 mmol/kg de músculo seco.

Está bien documentado que la suplementación con creatina incrementa el rendimiento durante el HIE, especialmente durante el ejercicio de intervalos (Balsom y cols., 1993; Greenhaff y cols., 1993; Harris y cols., 1993). Debido al efecto ergogénico de la creatina, la suplementación antes o durante un periodo de entrenamiento puede aumentar la carga de entrenamiento y por lo tanto mejorar la adaptación al entrenamiento. Esto

puede explicar el aumento en la ganancia de fuerza muscular cuando se combina el entrenamiento de fuerza con la carga de creatina (Maganaris & Maughan, 1998).

## Mecanismos del Efecto Ergogénico de la Creatina

El mecanismo ergogénico obvio de la carga de creatina es que el incremento en el contenido de fosfocreatina muscular aumenta la capacidad anaeróbica. Durante el ejercicio de HIE sostenido el incremento de 10% en fosfocreatina puede, en promedio, incrementar la capacidad anaeróbica en un ~3% (10% de incremento x 0.3 de capacidad anaeróbica de ATP). El efecto será mayor durante ejercicio de intervalos cuando el uso de fosfocreatina se vuelva el proceso más dominante de la producción de energía anaeróbica. La reducción del catabolismo de los nucleótidos de adenina durante el ejercicio de alta intensidad después de la carga de creatina da un soporte experimental para mejorar el estado energético (Balsom y cols., 1993).

Otro mecanismo, por medio del cual la creatina puede incrementar el rendimiento, está relacionado con el papel importante de la fosfocreatina-Pi en el amortiguamiento muscular en el cual la fosfocreatina-Pi cuenta por más del 50% del total de la capacidad amortiguadora del músculo. El amortiguamiento muscular es la primer línea de defensa contra los efectos negativos de la acidosis. Se puede calcular que la mejora del amortiguamiento muscular después de la carga de creatina, junto con el conocimiento de que la glucólisis vale por el 70% de la producción anaeróbica de ATP, se puede incrementar la capacidad anaeróbica en un 3.5% (10% de incremento x 0.5 de capacidad amortiguadora x 0.7 de capacidad anaeróbica de ATP). El efecto combinado del aumento del contenido de fosfato de alta energía y el incremento de la capacidad amortiguadora puede en promedio aumentar la capacidad anaeróbica en cerca de 6-7%. Sin embargo, debido a la respuesta heterogénea a la carga de creatina entre los sujetos, uno puede esperar que algunos sujetos se puedan beneficiar más, mientras que otros no tendrán efecto alguno (no respondedores a la creatina).

## Incremento en la Masa Muscular después de la Carga con Creatina

La carga de creatina se asocia con una ganancia de masa corporal de cerca de 1kg. Aunque se ha sugerido que la carga con creatina puede estimular la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular y ayudar en este incremento, la evidencia no es convincente. El incremento de la masa corporal después de la carga de creatina está probablemente relacionada con el incremento en el contenido de agua tisular debido a un efecto osmótico del incremento de los contenidos de fosfocreatina y creatina. En los sujetos con un peso corporal estable, el incremento en la masa corporal se puede utilizar como un marcador aproximado del efecto de la carga de creatina. El incremento en la masa corporal puede afectar negativamente el rendimiento en corredores y ciclistas y en otros deportes en los cuales la masa corporal tiene influencia sobre la demanda de energía.

## Mejorando la Suplementación con Creatina

Las recomendaciones para la carga de creatina se establecieron en los artículos originales (Harris y cols., 1992; Hultman y cols., 1996). Los primeros cinco días (4-6) incluyen una fase de carga con 20 g de monohidrato de creatina consumido cada día, distribuido en dosis 4 x 5 g disuelta en agua, en un espacio de 4-5 h entre cada toma. La fase de carga continúa con una fase de mantenimiento con 2 g de monohidrato de creatina consumida cada día, la cual es suficiente para mantener el nivel elevado de creatina muscular (Hultman y cols., 1996). La captación muscular de creatina se puede mejorar por medio del ejercicio y combinando la suplementación de creatina con glucosa. La base para esto es que los

niveles elevados de insulina estimulan la captación de creatina a nivel muscular y que el ejercicio incrementa el flujo de sangre a los músculos activos. Cerca del 30% de la creatina consumida durante los dos primeros días de carga se mantiene en el músculo y la parte restante se elimina en la orina como creatinina. Los productos comerciales tienen un contenido variable de creatina y en muchos casos el contenido de creatina es mucho menor del que está anunciado en el empaque, por lo que es conveniente utilizar productos en los cuales el contenido de creatina haya sido medido y verificado por un laboratorio independiente acreditado.

### LA SUPLEMENTACIÓN CON BICARBONATO PUEDE MEJORAR LA CAPACIDAD AMORTIGUADORA.

El bicarbonato de sodio ( $\text{NaHCO}_3$ ) se ha utilizado como una ayuda ergogénica durante muchos años y la mayoría de los estudios demuestra un efecto positivo en el rendimiento durante el ejercicio intenso que dura 1-7 min (Linderman & Gosselink, 1994). La mayoría de los estudios han utilizado un consumo agudo de bicarbonato 1-3 h antes de la competencia, pero ya que el efecto del bicarbonato dura al menos 24 h, el consumo crónico durante varios días puede ser una mejor estrategia para minimizar el malestar gastrointestinal (Mc Naughton & Thompson, 2001). La suplementación con bicarbonato aumenta el pH sanguíneo y las concentraciones de bicarbonato en sangre, pero no en el músculo, ya que la membrana celular es impermeable al bicarbonato. El sistema  $\text{HCO}_3^-/\text{CO}_2$  es el principal amortiguador en el líquido extracelular y el mecanismo ergogénico sugerido es que el flujo hacia el exterior del lactato y los iones hidrógeno desde el músculo es acelerado. Como se mencionó previamente, el principal problema que ha limitado el uso del bicarbonato, es el malestar gastrointestinal, incluyendo dolor abdominal y diarrea, que está asociado con la suplementación. Los problemas se pueden disminuir si el tiempo de consumo es prolongado y si se aportan grandes volúmenes de agua (Sieglar et al., 2012).

### LA SUPLEMENTACIÓN CON BETA-ALANINA PUEDE MEJORAR LA CAPACIDAD AMORTIGUADORA

Durante los últimos años la suplementación con beta-alanina se ha utilizado para incrementar la capacidad amortiguadora del músculo y el rendimiento en el ejercicio de alta intensidad. La idea básica propuesta por Roger Harris y sus colaboradores fue que la formación de carnosina muscular, que es un dipéptido que existe naturalmente con propiedades amortiguadoras ideales, está limitada por la disponibilidad de beta-alanina (Hill y cols., 2007; Sale y cols., 2010). La carnosina muscular cuenta para cerca del 7% del amortiguamiento muscular, y la mayor concentración en más fibras glucolíticas de contracción rápida es consistente con un papel funcional como amortiguador. Esto se destaca aún más por el extremadamente alto contenido de carnosina en animales especializados en trabajo anaeróbico (por ejemplo, ballenas) (Abe, 2000). Se ha demostrado que la suplementación oral con beta-alanina durante 10 semanas duplica el contenido de carnosina muscular (Hill y cols., 2007) y asumiendo un 7% de incremento en el amortiguamiento muscular, uno podría esperar un incremento del ~5% en la capacidad anaeróbica. Diversos estudios han documentado que la suplementación con beta-alanina puede mejorar el rendimiento durante el HIE especialmente durante ejercicio intenso que dure 1-4 minutos (Hill y cols., 2007; Hobson y cols., 2012). Se debe mencionar también que el consumo se debe dividir en al menos cuatro dosis durante el día para minimizar los efectos adversos, que pueden incluir un enrojecimiento significativo de la piel y sensación de hormigueo ("parestesia"), y optimizar la carga.

### RESUMEN

El rendimiento del ejercicio de alta intensidad está limitado por la capacidad anaeróbica, que puede mejorarse por medio del entrenamiento y/o de la nutrición. El entrenamiento puede incrementar la masa muscular contráctil

a través tanto de la hipertrofia (más músculo) o alterando el reclutamiento de fibras/músculos (mejor uso de los músculos existentes). Un incremento en la masa muscular contráctil aumentará la producción de energía a través del incremento en la utilización de fosfocreatina, la actividad glucolítica y la producción de lactato. El entrenamiento también puede mejorar la capacidad amortiguadora del músculo, que es la primera línea de defensa contra la acidosis láctica.

Las intervenciones nutricionales pueden sumar a las mejoras inducidas por el entrenamiento. La carga con creatina aumentará la capacidad anaeróbica al elevar el contenido muscular de fosfocreatina y mejorando la capacidad amortiguadora del músculo. La capacidad amortiguadora también puede ser mejorada a través de la suplementación con beta-alanina y bicarbonato. Los efectos ergogénicos de la creatina, beta-alanina y bicarbonato permitirán a los atletas aumentar la carga de entrenamiento y optimizar la adaptación al entrenamiento, que puede ser tan importante como los efectos directos en el rendimiento del aumento de la capacidad anaeróbica muscular y la capacidad amortiguadora.

Está bien documentado que las intervenciones que pueden mejorar la capacidad amortiguadora y la capacidad anaeróbica también pueden mejorar el rendimiento durante el HIE. Existe evidencia convincente de estudios en humanos ejercitados que las intervenciones de la dieta que reduce la acidosis mejora el rendimiento, dando un fuerte soporte a la idea de que la acidosis láctica es un factor importante en la fatiga.

### IMPLICACIONES PRÁCTICAS

- Los atletas pueden mejorar su rendimiento y mejorar las adaptaciones al entrenamiento durante actividades explosivas con la suplementación con creatina.
- Las recomendaciones son 20 g de monohidrato de creatina, dividido en cuatro dosis/día por cinco días, seguido de una dosis de mantenimiento de 2 g/día. La carga puede ser mejorada con el ejercicio y si se administra glucosa junto con la creatina.
- El consumo de bicarbonato incrementará el pH y la capacidad amortiguadora en la sangre y se han documentado efectos positivos en el rendimiento durante ejercicio intenso que dura 1-7 min. La dosis recomendada es 300 mg/kg/día dividido en varias dosis combinadas con líquido. El tiempo de consumo de bicarbonato deberá ser > 3 h, o alternadamente durante tres a cinco días, suspendiéndolo 12-24 h antes del evento. Los problemas frecuentes con malestar gastrointestinal han limitado el uso del bicarbonato como una ayuda ergogénica y se recomienda a los atletas probar el procedimiento antes de utilizarlo en competencias importantes.
- El consumo de beta-alanina incrementa la capacidad de amortiguamiento muscular y hay evidencia de que mejora el rendimiento durante las actividades explosivas. Basado en la información disponible, las recomendaciones son 3-6 g/día durante 10 semanas. El consumo deberá dividirse en al menos cuatro dosis durante el día para minimizar los efectos secundarios, que pueden incluir un enrojecimiento significativo de la piel y sensación de adormecimiento ("parestesia"), y optimizar la carga.

### REFERENCIAS

- Abe, H. (2000). Role of histidine-related compounds as intracellular proton buffering constituents in vertebrate muscle. *Biochemistry* 65:757-765.
- Balsom, P.D., B. Ekblom, K. Söderlund, B. Sjödin, and E. Hultman (1993). Creatine supplementation and dynamic high-intensity intermittent exercise. *Scand. J. Med. Sci. Sports* 3:143-149.
- Bishop, D., J. Edge, and C. Goodman (2004). Muscle buffer capacity and aerobic fitness are associated with repeated-sprint ability in women. *Eur. J. Appl. Physiol.* 92:540-547.

- Bishop, D., J. Edge, A. Mendez-Villanueva, C. Thomas, and K. Schneiker (2009). High-intensity exercise decreases muscle buffer capacity via a decrease in protein buffering in human skeletal muscle. *Pfluegers Arch.* 458:929-936.
- Debold, E.P., R.H. Fitts, C.W. Sundberg, and T.M. Nosek (2016). Muscle fatigue from a perspective of a single crossbridge. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48:2270-2280.
- Fitts, R.H. (2016). The role of acidosis in fatigue: Pro perspective. *Med Sci. Sports Exerc.* 48:2335-2338.
- Greenhaff, P.L., A. Casey, A.H. Short, R. Harris, K. Soderlund, and E. Hultman (1993). Influence of oral creatine supplementation of muscle torque during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *Clin. Sci.* 84:565-571.
- Harris, B., M. Viru, P.L. Greenhaff, and E. Hultman (1993). The effect of oral creatine supplementation on running performance during maximal short term exercise in man. *J. Physiol.* 467:74. (Abstract).
- Harris, R.C., R.H. Edwards, E. Hultman, L.O. Nordesjo, B. Nylind, and K. Sahlin (1976). The time course of phosphorylcreatine resynthesis during recovery of the quadriceps muscle in man. *Pfluegers Arch.* 28:137-142.
- Harris, R.C. Sahlin K., and E. Hultman. (1977). Phosphagen and lactate contents of m. quadriceps of man after exercise. *J. Appl. Physiol.* 43:852-857.
- Harris, R., K. Söderlund, and E. Hultman (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin. Sci.* 83:367-374.
- Hill, C.A., R.C. Harris, H.J. Kim, B.D. Harris, C. Sale, L.H. Boobis, C.K. Kim, and J.A. Wise (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids* 32:225-233.
- Hobson, R.M., B. Saunders, G. Ball, R.C. Harris, and C. Sale (2012). Effects of beta-alanine supplementation on exercise performance: a meta-analysis. *Amino Acids*, 43:25-37.
- Hultman, E., K. Soderlund, J.A. Timmons, G. Cederblad, and P.L. Greenhaff (1996). Muscle creatine loading in men. *J. Appl. Physiol.* 81:232-237.
- Johansen, L. and B. Quistorff (2003). P-MRS characterization of sprint and endurance trained athletes. *Int. J. Sports Med.* 24:183-189.
- Linderman, J.K. and K.L. Gosselink (1994). The effects of sodium bicarbonate ingestion on exercise performance. *Sports Med.* 18:75-80.
- Maganaris, C.N. and R.L. Maughan (1998). Creatine supplementation enhances maximum voluntary isometric force and endurance capacity in resistance trained men. *Acta Physiol. Scand.* 163: 279-287.
- Mc Naughton, L. and D. Thompson (2001). Acute versus chronic sodium bicarbonate ingestion and anaerobic work and power output. *J. Sports Med. Phys. Fitness* 41:456-462.
- Mizuno, M., C. Juel, T. Bro-Rasmussen, E. Mygind, B. Schibye, B. Rasmussen, and B. Saltin (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J. Appl. Physiol.* 68:496-502.
- Nevill, M.E., L.H. Boobis, S Brooks, and C. Williams (1989). Effect of training on muscle metabolism during treadmill sprinting. *J. Appl. Physiol.* 67:2376-2382.
- Perry, C.G.R., G.J.F. Heigenhauser, A. Bonen, and L.L. Spriet (2008). High-intensity aerobic interval training increases fat and carbohydrate metabolic capacities in human skeletal muscle. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 33:1112-1123, 2008.
- Sahlin, K. (1978). Intracellular pH and energy metabolism in skeletal muscle of man. With special reference to exercise. *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 455:1-56.
- Sahlin, K. (2014). Muscle energetics during explosive activities and potential effects of nutrition and training. *Sports Med.* 44:S167-S173.
- Sahlin, K., R.C. Harris, B. Nylind, and E. Hultman (1976). Lactate content and pH in muscle obtained after dynamic exercise. *Pfluegers Arch.* 28:143-149.
- Sahlin, K., R.C. Harris, and E. Hultman (1979). Resynthesis of creatine phosphate in human muscle after exercise in relation to intramuscular pH and availability of oxygen. *Scand. J. Clin. Lab. Invest.* 39:551-558.
- Sahlin, K., and J. Henriksson (1984) Buffer capacity and lactate accumulation in skeletal muscle of trained and untrained men. *Acta Physiol. Scand.* 122:331-339.
- Sale, C., B. Saunders, and R.C. Harris (2010). Effect of beta-alanine supplementation on muscle carnosine concentrations and exercise performance. *Amino Acids* 39:321-333.
- Sharp, R.L., D.L. Costill, W.J. Fink, and D.S. King (1986). Effects of eight weeks of bicycle ergometer sprint training on human muscle buffer capacity. *Int. J. Sports Med.* 7:13-17.
- Siegler, J.C., P.W. Marshall J. Bray J, and C. Towlson (2012). Sodium bicarbonate supplementation and ingestion timing: does it matter? *J. Strength Cond. Res.* 26:1953-1958.
- Westerblad, H. (2016). Acidosis is not a significant cause of skeletal muscle fatigue. *Med. Sci. Sports Exerc.* 48:2339-2342.
- Weston, A.R., K.H. Myburgh, F.H. Lindsay, S.C. Dennis, T.D. Noakes, and J.A. Hawley (1997). Skeletal muscle buffering capacity and endurance performance after high-intensity interval training by well-trained cyclists. *Eur. J. Appl. Physiol.* 75:7-13.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Sahlin, K. (2017). Muscle energetics during explosive activities and the potential effects of nutrition. *Sports Science Exchange* 171, Vol. 28, No. 171, 1-4, por el Dr. Samuel Alberto García Castrejón.