PubliCE, (PubliCE) 2016

Article

Revisiones BJSM: A–Z de los Suplementos Nutricionales: Suplementos Dietarios, Alimentos para Nutrición Deportiva y Ayudas Ergogénicas para la Salud y el Rendimiento Parte 5

L. M. Castell[1], L. M. Burke[2], S. J. Stear[3], L. R. McNaughton[4] y R. C. Harris[5]

[1]*University of Oxford, Oxford, UK*
[2]*Australian Institute of Sport, Canberra, Australia*
[3]*English Institute of Sport, London, UK*
[4]*Department of Sport, Health and Exercise Science, University of Hull, Hull, UK*
[5]*University of Chichester, Chichester, UK*

Buffers: Bicarbonato de Sodio y Citrato de Sodio; β-Alanina y Carnosina

COMENTARIOS INTRODUCTORIOS

La bioquímica de la acidosis metabólica inducida por el ejercicio ha despertado un interés considerable durante muchos años. En la actualidad aceptamos que la fatiga asociada con las elevadas tasas de glucólisis anaeróbica no se produce por la acumulación de lactato, si no que se produce por el desequilibrio entre la tasa de producción de protones y la tasa de amortiguación y eliminación de los mismos.

Han pasado 70 años desde que comenzaron las investigaciones formales sobre el equilibrio ácido base y ejercicio. Algunos estudios cuidadosamente controlados de los años ochenta sugirieron que la ingesta de bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) podría ser eficaz para mejorar el rendimiento de eventos tales como la carrera de pista de 800 m, a través de una mejora en la capacidad de amortiguar la acidosis metabólica, lo que reduciría o demoraría la aparición de la fatiga asociada. Este tema sigue despertando un interés considerable y nuevas investigaciones se incorporan regularmente a la bibliografía sobre el mismo.

Los siguientes autores de revisiones breves tienen una larga historia de participación en investigaciones sobre los efectos ergogénicos que tienen los buffers en los atletas.

BICARBONATO DE SODIO Y CITRATO DE SODIO

L R McNaughton

Introducción

Los atletas utilizan diferentes estrategias para mejorar el rendimiento. Entre las ayudas ergogénicas más populares se encuentran el bicarbonato de sodio ($NaHCO_3$) o el citrato de sodio, y se los conoce colectivamente como ''buffers''. El consumo de estas sustancias está permitido en el código de la Agencia Anti-Dopaje Mundial, y potencialmente pueden darle al cuerpo una mayor resistencia a la fatiga que se produce por cambios en el equilibrio ácido-base.

Típicamente, el pH de la sangre arterial humana en reposo es aproximadamente 7,4, ligeramente alcalino, pero después de ejercicios activos puede bajar a 7,1, mientras que el pH del músculo disminuye a aproximadamente 6,8. Los buffers como el $NaHCO_3$ y el citrato de sodio aumentan la capacidad buffer aumentando, por ejemplo, la cantidad de bicarbonato que puede ser utilizado, incrementando el pH a 7,5.

Un estudio de los años ochenta sobre *running* de alta intensidad en el cual se utilizó $NaHCO_3$ como buffer (1) sugirió que el consumo esta sustancia podía mejorar el rendimiento de atletas de élite que corrían 400-800 m. También se observó un beneficio ergogénico en el rendimiento de nado de 200 m libres después de la ingesta de $NaHCO_3$ (2). Los investigadores observaron que, después de ingerir una carga aguda de 0,3g/kg de peso corporal de $NaHCO_3$ y una secuencia de carga de creatina, los nadadores que realizaron un protocolo intervalado (2x100 m libres con 10 min de descanso pasivo entre las series) experimentaron una mejora en el tiempo necesario para completar el segundo nado. Un reciente estudio ha sugerido que para superar las molestias gastrointestinales que frecuentemente se asocian con la ingesta de buffers, se puede implementar la ingesta progresiva de 600 mg/kg de peso corporal, dividida en varias dosis durante el día, como una alternativa al protocolo con dosis agudas (3).

Más concluyente, quizás, es el potencial ergogénico que se observó en los participantes recreacionales de deportes de equipo durante los esprints repetidos (5 x 6 s) o durante series con esfuerzo múltiples. De manera similar a lo observado en estudios preliminares, Bishop et al. (4) observaron una menor [H^+] sanguínea y una mayor [HCO_3] sanguínea después de consumir un suplemento de 0,3 g/kg de peso corporal de $NaHCO_3$. No se observaron diferencias en el trabajo total ni en la fatiga porcentual, pero se observaron mejoras en los esprints 3-5. La suplementación con $NaHCO_3$ también provocó valores de lactato muscular post test significativamente mas altos por lo que los autores lo atribuyeron a una mayor tasa de flujo glucolítico en el músculo. Sin embargo, otro estudio, no observó ninguna evidencia de mejora en la capacidad de realizar esprints repetidos en levantadores de peso universitarios (5).

Raymer et al. (6) compararon las alteraciones sanguíneas y musculares de pH, por medio de 31P-MRS, después de la ingesta de 0,3 g/kg de peso corporal de $NaHCO_3$ utilizando ejercicios incrementales para los antebrazos hasta el agotamiento. Los autores informaron, al compararlo con el grupo control, una atenuación de acidosis intracelular durante la alcalosis. Sus resultados contradicen algunos de los mecanismos originales propuestos que buscaban explicar el beneficio de un mayor contenido de HCO_3- en el medio extracelular observado con la suplementación con $NaHCO_3$. Este trabajo, así como los recientes trabajos de otros autores, propuso que la alteración intracelular podría haber sido minimizada por una mayor cantidad de transportadores Na^+/H^+ o transportadores monocarboxilicos (MCT), o por una diferencia de iones fuertes /fuerte diferencia iónica (SID).

Ejercicio continuo prolongado

Una dosis de $NaHCO_3$ de 0,3 g/kg de peso corporal se utilizó en un ensayo controlado aleatorizado realizado con 10 ciclistas masculinos altamente entrenados que realizaron una ergometría de ciclismo con esfuerzo máximo de 1 hora (7). Los ciclistas que consumieron $NaHCO_3$ tuvieron rendimientos promedios totales 13% y 14% mayores que los grupos control y placebo, respectivamente. Más recientemente, no se observaron diferencias entre los grupos que consumieron $NaHCO_3$ (0,3 g/kg de peso corporal) y el grupo control en pruebas con una duración total aprox. de 60 min (8).

Ejercicio intermitente prolongado

En un estudio con ciclismo intermitente de 30 min, se observó una elevación en el pH y en los niveles de lactato y un mejor rendimiento en esprints luego de la ingesta de $NaHCO_3$ (9). En un reciente estudio, con diseño cruzado en contra del mismo compañero, se observó que boxeadores amateur lograron dar mayor cantidad de golpes cuando consumieron $NaHCO_3$ en comparación con quienes consumieron un placebo (10).

Algunos investigadores han analizado si los agentes buffer podrían mejorar la recuperación frente al ejercicio, algo que

tiene implicancias para el entrenamiento y para el rendimiento. Siegler et al. (11) sugirieron que los atletas pueden mejorar el rendimiento en ciclismo supra máximo de alta intensidad, usando una técnica de alcalosis pre-ejercicio y de recuperación pasiva.

Conclusiones

Tanto el $NaHCO_3$ como el citrato de sodio son eficaces y la cantidad óptima es 0,3 g/kg de peso corporal. Los usuarios deben evaluar la respuesta al consumo de buffers para mejorar su propio rendimiento antes de cualquier evento competitivo, dado que ambos buffers pueden provocar molestias gastrointestinales. Parecería que los ejercicios de alta intensidad de corta y larga duración, y posiblemente los rendimientos de alta intensidad y mayor duración, pueden beneficiarse por los efectos ergogénicos de estos buffers. Las secuencias y el momento (*timing*) en que se realizan las cargas antes de los ejercicios son diferentes en la mayoría de los estudios, lo que provoca confusiones sobre la efectividad de los diferentes buffers.

BETA-ALANINA Y CARNOSINA

R C Harris

El dipéptido carnosina (β-alanil-L-histidina) es uno de los numerosos dipéptidos que contienen histidina (HCD) entre los que se incluye la anserina (β-alanil-L-1-metil-histidina) y la balanina (β-alanil-L-3-metil-histidina). La carnosina es abundante en el tejido muscular humano: previamente se ha considerado normal en el musculo esquelético humano una cantidad de alrededor de 20-25 mmol/kg de músculo seco (12). Sin embargo la concentración de carnosina en las fibras musculares de tipo II es 1,5-2 veces mas alta que en las fibras de Tipo I (13, 14). El anillo imidazólico ubicado en la histidina de la molécula de carnosina tiene un pKa de 6,83. Debido a que este se encuentra dentro del rango del pH habitual del musculo esquelético entre descanso y ejercicio, la carnosina es un eficaz buffer intracelular.

La carnosina se sintetiza in situ en el músculo a través de la carnosina sintasa a partir de β-alanina e histidina, y es degradada por una dipeptidasa extracelular llamada carnosinasa. La síntesis en el músculo está limitada por la disponibilidad de β-alanina que se produce por la degradación del uracilo en el hígado, y aumenta gracias a la ingesta de los dipéptidos con histidina (HCD) presentes en la carne que contienen β-alanina. Los vegetarianos, que no consumen este aminoácido en la dieta, tienen menores concentraciones musculares de carnosina; aprox. 10-14 mmol/kg dm (15).

Harris et al. (16) demostraron que 4 semanas de suplementación dietética con β-alanina aumentaron la concentración de carnosina en el musculo esquelético en un 40-60%; Hill et al. (13) observaron un incremento de 80% después de 10 semanas con valores que superaban los 40 mmol/kg dm. El aumento se produjo de manera similar en ambos tipos de fibras musculares (tipos I y II), a pesar de que se observaron niveles inicialmente más altos en el tipo II. Cuando se detuvo la suplementación con β-alanina, la concentración de carnosina muscular disminuyó lentamente hacia el nivel basal (17) con una semi vida de aproximadamente 9 semanas (18). Mientras que los atletas entrenados en fuerza tendrían concentraciones musculares de carnosina más altas, el entrenamiento de una duración de hasta 12 semanas solo no tendría efecto. Además, los entrenamientos agudos no provocaron los aumentos en la concentración muscular de carnosina que se observaron con la suplementación con β-alanina (14, 19).

La capacidad de realizar ejercicios de ciclismo agotadores aumenta a medida que aumenta la carnosina muscular luego de la suplementación (13). El trabajo total realizado en un test de ciclismo realizado a una potencia máxima de 110% (duración esperada de aproximadamente 2,5 min) aumentó 13% después de 4 semanas (con un incremento medio de la carnosina muscular de 58,8%) y 16,2% después de 10 semanas (aumento medio de la carnosina muscular de, 80.1%). Se sugirió que esto era el resultado del incremento en la capacidad buffer muscular. La evidencia adicional para esto proviene del estudio de Baguet et al. (20) donde se informó que la suplementación con β-alanina atenuó la disminución en el pH sanguíneo durante el ejercicio de alta-intensidad, sin afectar la concentración sanguínea de lactato o bicarbonato.

La suplementación con β-alanina se ha transformado en una ayuda ergogénica ampliamente usada por atletas que se encuentran en el nivel más alto de competición internacional. Las dosis de suplementación se encuentran generalmente en los niveles obtenidos por la ingesta de carnes como el pavo y la pechuga de pollo que son carnes ricas en HCD que contienen β-alanina.

COMENTARIOS FINALES

Como podemos evidenciar a partir de estas dos revisiones, la utilización de buffers para el rendimiento deportivo tiene beneficios potenciales para deportes que involucran series sostenidas o repetidas de ejercicios de alta intensidad. Aunque el interés por los suplementos de este tipo tiene una larga historia, todavía quedan muchas cosas que debemos aprender particularmente sobre los buffers intracelulares y sobre el potencial de su uso combinado con buffers extracelulares.

Intereses de competencia: Ninguno.

Procedencia y revisión por pares: Comisionado; sin revisión externa por pares.

REFERENCIAS

1. Goldfinch J., McNaughton L.R., Davies P. (1988). Bicarbonate ingestion and its effects upon 400-m. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.57:45–8.*
2. Lindh A.M., Peyrebrune M.C., Ingham S.A., et al. (2008). Sodium bicarbonate improves swimming performance. *Int. J. Sports Med.29:519–23.*
3. Rossi A., Hawkins S., Cornwell A., et al. (2006). The effects of modified chronic sodium bicarbonate ingestion on short-duration, high-intensity performance in elite middle-distance runners. *Med. Sci. Sport. Exerc.38:402S.*
4. Bishop D., Edge J., Davis C., et al. (2004). Induced metabolic alkalosis affects muscle metabolism and repeated-sprint ability. *Med. Sci. Sports Exerc.36:807–13.*
5. Aschenbach W., Ocel J., Craft L., et al. (2000). Effect of oral sodium loading on high-intensity arm ergometry in college wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.32:669–75.*
6. Raymer G.H., Marsh G.D., Kowalchuk J.M., et al. (2004). Metabolic effects of induced alkalosis during progressive forearm to fatigue. *J. Appl. Physiol. 96:2050–6.*
7. McNaughton L.R., Dalton B., Palmer, et al. (1999). Sodium bicarbonate can be used as an ergogenic aid in high-intensity, competitive cycle ergometry of 1 h duration. *Eur. J. Appl. Physiol. Occup. Physiol.80:64–9.*
8. Stephens T.J., McKenna M.J., Canny B.J., et al. (2002). Effect of sodium bicarbonate on muscle metabolism during intense endurance cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.34:614–21.*
9. Price M., Moss P., Rance S. (2003). Effects of sodium bicarbonate ingestion on prolonged intermittent exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.35:1303–8.*
10. Siegler J.C., Hirscher K. Sodium bicarbonate ingestion and boxing performance (2010). J. *Strength Cond. Res. In press.*
11. Siegler J.C., Keatley S., Midgley A.W., et al. (2007). Pre-exercise alkalosis and acid–base recovery. *Int. J. Sports Med.28:1–7*
12. Mannion A.F., Jakeman P.M., Dunnett M., et al. (1992). Carnosine and anserine concentrations in the quadriceps femoris muscle of healthy humans. *Eur. J. Appl. Physiol.64:47–50.*
13. Hill C.A., Harris R.C., Kim H.J., et al. (2007). Influence of b-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids. 32:225–33.*
14. Kendrick I.P., Kim H.J., Harris R.C., et al. (2009). The effect of 4 weeks b-alanine supplementation and isokinetic training on carnosine concentrations in type I and II human skeletal muscle fibres. *Eur. J. Appl. Physiol.106:131–8.*
15. Harris R.C., Jones G., Hill C.H., et al. (2007). The carnosine content of V Lateralis in vegetarians and omnivores. *FASEB J. 21:769.20.*
16. Harris R.C., Tallon M.J., Dunnett M., et al. (2006). The absorption of orally supplied b-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids. 30:279–89.*
17. Baguet A., Reyngoudt H., Pottier A., et al. (2009). Carnosine loading and washout in human skeletal muscles. *J. Appl. Physiol.106:837–42.*
18. Harris R.C., Jones G.A., Kim H.J., et al. (2009). Changes in muscle carnosine of subjects with 4 weeks supplementation with a controlled release formulation of beta-alanine (CarnosynTM), and for 6 weeks post. *FASEB J. 23:599.4*
19. Kendrick I.P., Kim H.J., Harris R.C., et al. (2008). The effects of 10 weeks of resistance training combined with b-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids. 34:547–54.*
20. Baguet A., Koppo K., Pottier A., et al. (2009). b-Alanine supplementation reduces acidosis but not oxygen uptake response during high-intensity cycling exercise. *Eur. J. Appl. Physiol. In press.*

Cita Original

L M Castell, L M Burke, S J Stear, et al. (2010). BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 5. Br. J. Sports Med. 44: 77-78 doi: 10.1136/bjsm.2009.069989