

Article

# Revisiones BJSM: A-Z de los Suplementos Nutricionales: Suplementos Dietarios, Alimentos para la Nutrición Deportiva y Ayudas Ergogénicas para la Salud y el Rendimiento: Parte 20

K. Currell<sup>1</sup>, W. Derave<sup>2</sup>, I. Everaert<sup>2</sup>, L. McNaughton<sup>3</sup>, G. Slater<sup>4</sup>, L. M. Burke, S. J. Stear<sup>6</sup> y L. M. Castell<sup>7</sup>

<sup>1</sup>English Institute of Sport, Bisham Abbey Performance Centre, Marlow, Buckinghamshire, UK

<sup>2</sup>Department of Movement and Sports Sciences, Ghent University, Ghent, Belgium

<sup>3</sup>Faculty of Health Sciences and Medicine, Bond University, Queensland, Australia

<sup>4</sup>Faculty of Science, Health and Education, University of the Sunshine Coast, Maroochydore, Queensland, Australia

<sup>5</sup>Department of Sports Nutrition, Australian Institute of Sport, Belconnen, Canberra, Australia

<sup>6</sup>Performance Influencers Limited, London, UK <sup>7</sup>University of Oxford, Green Templeton College, Oxford, UK

## RESUMEN

---

## NOTAS INTRODUCTORIAS

---

Como de costumbre, el orden alfabético nos arroja una mezcla de suplementos con diferentes niveles de popularidad y sustento científico. La Parte 20 analiza algunos suplementos raramente reportados, poco estudiados y/o poco usados en el ámbito deportivo: glicina, histidina e inosina. La mayoría de los estudios de suplementación realizados en humanos con el aminoácido esencial histidina ha consistido en trabajos médicos. En términos de rendimiento deportivo, existe un interés actual sobre las estrategias de suplementación que permitan aumentar el contenido muscular de carnosina; un dipéptido que contiene histidina (HCD). Además de cierto interés en el consumo de extracto de pechuga de pollo (CBEX) descrito en este artículo, el mayor interés en esta área se ha centrado en la administración de suplementos con  $\beta$ -alanina (analizado en la Parte 5). En la década de 1990 surgió el interés por el uso de inosina como ayuda ergogénica, pero a partir de allí la inosina no fue

mayormente estudiada. Mientras tanto, aunque los suplementos de glicina tendrían pocas aplicaciones en los deportes, habría cierto interés por los compuestos que contienen glicina. El  $\beta$ -hidroximetil  $\beta$ -butirato (HMB) es mucho más conocido, y su comercialización está dirigida generalmente hacia los fisiculturistas.

## GLICINA

---

### **K. Currell**

La glicina es el aminoácido más pequeño; es un aminoácido no esencial y puede ser sintetizado a partir de serina. La glicina está presente en la mayoría de las proteínas y particularmente está muy concentrada en el colágeno. En consecuencia, una de las fuentes de alimentos más altos de glicina es la gelatina. La glicina es también uno de los tres aminoácidos precursores del glutatión, que es un componente clave de las defensas del cuerpo contra el estrés oxidativo; sin embargo, se piensa que la disponibilidad de glicina no sería el paso limitante en la síntesis de glutatión. La ingesta de glicina aumenta las concentraciones plasmáticas de insulina en la misma manera en que lo hacen otros aminoácidos (1). Además, la glicina es un neurotransmisor inhibitorio.

Hay pocas investigaciones sobre la suplementación con glicina. Las investigaciones se han centrado en su potencial capacidad para disminuir la inflamación (2). La investigación deportiva específica se ha centrado en la combinación de glicina con otros nutrientes. Se ha demostrado que la glicina-propionil-L-carnitina (GPLC) tiene influencia en el rendimiento físico (3), disminuye el estrés oxidativo (4) y aumenta potencialmente la vasodilatación a través del incremento en la concentración plasmática de nitrato (4). En la actualidad, no hay evidencia suficiente para sugerir el uso de glicina como suplemento para mejorar el rendimiento deportivo. Sin embargo, debe ampliarse la investigación sobre la eficacia de GPLC.

### **Dipéptidos que contienen histidina (HCD).**

#### **W. Derave y I. Everaert**

La carnosina ( $\beta$ -alanil-L-histidina) y sus análogos metilados, anserina ( $\beta$ -alanil-N1-metilhistidina) y balenina ( $\beta$ -alanil-N3-metilhistidina), son HCD que se encuentran abundantemente en el músculo esquelético de los mamíferos. La carnosina es el único HCD que se encuentra en el músculo esquelético humano, pero los tres HCD están presentes en la dieta humana omnívora. Con el fin de comprender el papel de la carnosina en el músculo humano, Harris et al (5) estudiaron un protocolo de carga de carnosina. Demostraron que la suplementación con  $\beta$ -alanina (4-6 g/día) durante varias semanas (4-10 semanas) producía elevados niveles de carnosina muscular (hasta 80%). La  $\beta$ -alanina no tendría efectos adversos si no se supera la dosis de 10 mg/kg de peso corporal por intervalo de 2 h; de lo contrario podría provocar parestesia (5). Hill et al. (6), demostraron que la carga de carnosina produce un mejor rendimiento durante el ejercicio de alta intensidad (ciclismo a 110% de  $W_{max}$  hasta el agotamiento). A partir de estudios más recientes, se hace evidente que la mayoría de los esfuerzos de alta intensidad de varios minutos de duración experimentan una influencia positiva con la suplementación con  $\beta$ -alanina. De hecho, la  $\beta$ -alanina no tuvo efectos ergogénicos en el rendimiento de sprints repetidos (10x5 seg Sprint), (7) pero se observaron mejoras luego de la suplementación con  $\beta$ -alanina tanto en una competencia de remo simulada de 2000-m ( $\pm$  6 min) (8) como en un sprint final de competencia simulada de ciclismo de 2-h (9). Es plausible que el rendimiento de alta intensidad se vea afectado a largo plazo en los vegetarianos, ya que los mismos se caracterizan por tener un nivel muscular de carnosina menor (-26%). El mecanismo ergogénico de la  $\beta$ -alanina podría residir en la atenuación de la acidosis por medio de la capacidad de amortiguación de protones de la carnosina y en otras propiedades fisiológicas de la misma (antioxidante, sensibilización al calcio) que no pueden ser excluidas en el presente (10).

Para elevar las reservas de carnosina muscular, además de la suplementación con  $\beta$ -alanina, también se utiliza CBEX, principalmente en Japón. El CBEX, que se obtiene mediante extracción con agua caliente de la pechuga de pollo, es una rica fuente de HCD tales como anserina (1,4 g/100 ml) y carnosina (0,6 g/100 ml). Como resultado de la suplementación crónica con CBEX es probable que se produzca un aumento en el contenido de carnosina muscular. La suplementación con CBEX a largo plazo aumentó el tiempo hasta el agotamiento en el último tramo de un ejercicio de resistencia de intensidad relativamente alta (11). Suzuki et al. (12) demostraron que la suplementación aguda con CBEX (0,4 g de carnosina + 1,1 g de anserina), 30 minutos antes de realizar sprints repetidos (10 x 5 s), disminuyó la amortiguación de protones por parte del bicarbonato en la sangre, pero no afectó el rendimiento. El efecto de la suplementación aguda con HCD sobre la capacidad buffer de la sangre y el rendimiento en ejercicios de alta intensidad debe ser investigado con mayor detalle.

En conclusión, un incremento en los niveles de carnosina muscular, ya sea por suplementación crónica con  $\beta$ -alanina o CBEX, tendría efectos ergogénicos, sobre todo en ejercicios de alta intensidad que tienen una duración de varios minutos.

## **Inosina**

### **L. McNaughton**

La inosina es un nucleósido que se forma cuando la hipoxantina se une a un anillo de ribosa (también conocido como un ribofuranosa) a través de un enlace  $\beta$ -N9-glucosídico. La inosina desempeña un papel en varias funciones metabólicas entre las que se incluye el aumento de las concentraciones de 2,3-difosfoglicerato (2,3-DPG) en los glóbulos rojos, que está implicado en el transporte de oxígeno (13). También puede potenciar la acción de la adenosina formada endógenamente e inhibir su captación y depuración. Se ha propuesto que mejoraría el rendimiento deportivo a través de los efectos sobre el 2,3-DPG o por el aumento de las concentraciones de ATP (14).

Se han realizado pocas investigaciones científicas sobre la inosina como ayuda ergogénica y solo pudimos encontrar algunos pocos artículos revisados. Los estudios disponibles realizados con individuos entrenados analizaron la ingesta crónica de grandes dosis de inosina (por ejemplo, 5-10 000 mg/día), pero estos protocolos no permitieron observar un efecto ergogénico para las actividades de resistencia (15, 16) o de esprint (17). Se ha sugerido que dosis altas de inosina, un precursor del ácido úrico, junto con una alta excreción urinaria, podría ser perjudicial y provocar cálculos renales o insuficiencia renal aguda (17). En síntesis, existe muy poco sustento para el uso de inosina como ayuda ergogénica aunque todavía se utiliza en algunos productos para la aptitud física que se comercializan sin prescripción médica. Hay continuos ensayos clínicos que indicarían un futuro efecto terapéutico como antioxidante para el ejercicio.

## **Hidroximetilbutirato (HMB).**

### **G. Slater**

El HMB es un metabolito de la leucina que es un aminoácido esencial de cadena ramificada, que se obtiene a través del  $\alpha$ -cetoisocaproato, producto de la transaminación de leucina. Aproximadamente el 2-10% de la oxidación de leucina se transforma en HMB. La mayoría de las investigaciones iniciales sobre HMB en animales, se centraron en la evaluación de los efectos sobre la función inmune, la morbilidad y mortalidad, el contenido en la grasa del calostro lácteo, las tasas de crecimiento, seguridad y toxicidad. A pesar de los resultados poco convincentes observados en las investigaciones con animales, se utilizó la suplementación con HMB en seres humanos a mediados de la década de 1990 con la presunción de que podría aumentar el tamaño y la fuerza muscular al tiempo que podría reducir el daño muscular y el dolor muscular asociado con entrenamiento de sobrecarga (18) y posiblemente también mejorar la capacidad aeróbica.

La suplementación con 1,5 o con 3,0 g/día de HMB tuvo un impacto favorable sobre los índices indirectos de la degradación de proteínas musculares y de daño muscular, con tendencias concomitantes hacia una mayor fuerza e hipertrofia del músculo esquelético (18). En consecuencia, la popularidad de la suplementación con HMB aumentó dramáticamente, y a finales de la década de 1990 se convirtió en uno de los suplementos más utilizados por los atletas (19). En la actualidad el interés por la suplementación con HMB entre los atletas probablemente ha disminuido. A pesar de esto, siguen apareciendo informes de investigación sobre HMB en el ámbito deportivo. Hay varias revisiones recientes sobre el HMB (20, 21) y los resultados de las investigaciones sobre el entrenamiento de sobrecarga entre 2001 y 2007 fueron plasmados en dos metaanálisis (22, 23). Nissen y Sharp (22) concluyeron que la suplementación con HMB aumenta las ganancias de masa magra y de fuerza asociados con el entrenamiento con sobrecarga, aunque la magnitud del efecto fue trivial (0,28% de aumento en la acumulación de masa magra por semana). Rowlands y Thomson (23) observaron pequeños beneficios similares de la suplementación con HMB en varones no entrenados, pero los efectos sobre la fuerza fueron triviales e inexistentes para la composición corporal en levantadores de pesos entrenados.

Esta disparidad en la capacidad de respuesta frente a la suplementación con HMB en relación con el nivel de entrenamiento de la fuerza era esperable, dada la inhibición de la degradación de proteínas del músculo esquelético como consecuencia de las adaptaciones al entrenamiento de la fuerza (24). Por otra parte, si el HMB mejora el balance neto de proteínas después del entrenamiento de la fuerza, como consecuencia de reducir la degradación de proteínas, es probable que sea mínimo en comparación con las intervenciones que mejoran la síntesis de proteínas porque la respuesta de síntesis de proteínas es mucho más sensible a las intervenciones nutricionales que a la degradación (25). Podría producirse una excepción en condiciones clínicas tales como el cáncer en donde la atrofia del músculo esquelético produce un aumento de la degradación de las proteínas del músculo esquelético (26).

La suplementación con HMB a corto plazo sería segura, y las dosis diarias equivalentes a aproximadamente 6 g/día (76 mg/kg) no tendrían impacto en los índices sobre la función hepática, renal o inmune (20).

Sobre la base de los informes actuales disponibles, el potencial de la suplementación con HMB para mejorar las

adaptaciones al entrenamiento de la fuerza sería pobre en individuos previamente desentrenados, e insignificante en atletas entrenados en fuerza. Dado que la respuesta de síntesis de proteínas es mucho más sensible a las intervenciones nutricionales que a la degradación de proteínas, es aconsejable que los atletas entrenados en sobrecarga se centren en estrategias probadas, como la ingesta de proteínas de alto valor biológico post-ejercicio ricas en leucina para maximizar la adaptación al estímulo del entrenamiento de la fuerza.

## COMENTARIOS CONCLUYENTES

---

Si bien es probable que existan pocas razones para estudiar (o consumir) suplementos de glicina, histidina o inosina, es necesario que se realicen investigaciones de otros compuestos que contienen estas moléculas. En el caso de la histidina, hay una buena razón para tratar de aumentar el almacenamiento muscular del HCD, carnosina, pero el suplemento más común y eficaz para lograr esto es la  $\beta$ -alanina y no la histidina ni la carnosina *per se*. Finalmente, existe evidencia de que la suplementación con HMB tiene algún beneficio en la reducción de la degradación de las proteínas musculares. Sin embargo, la mejor aplicación de esto serían aquellas situaciones clínicas que involucran altos niveles de catabolismo, como el cáncer y no las poblaciones de deportistas porque que las estrategias para aumentar el tamaño y la fuerza muscular en los grupos entrenados en fuerza obtienen un mejor resultado al aumentar la síntesis de proteínas.

**Conflicto de intereses** Ninguno

**Procedencia y revisión por pares:** Comisionado, sin revisión externa por pares.

## REFERENCIAS

---

1. Gannon M.C., Nuttall J.A., Nuttall F.Q. (2002). The metabolic response to glycine. *Am. J. Clin. Nutr.*76:1302-7.
2. Zhong Z., Wheeler M.D., Li X., et al. (2003). L-Glycine: a novel anti-inflammatory, immunomodulatory, and cytoprotective agent. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 6:229-40.
3. Smith W.A., Fry A.C., Tschume L.C., et al. (2008). Effect of glycine propionyl-L-carnitine on aerobic and anaerobic exercise performance. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.*;18:19-36.
4. Bloomer R.J., Smith W.A. (2009). Oxidative stress in response to aerobic and anaerobic power testing: influence of exercise training and carnitine supplementation. *Res. Sports Med.*17:1-16.
5. Harris R.C., Tallon M.J., Dunnett M., et al. (2006). The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids.*30:279-89.
6. Hill C.A., Harris R.C., Kim H.J., et al. (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids.* 32:225-33.
7. Sweeney K.M., Wright G.A., Glenn Brice A., et al. (2010). The effect of beta-alanine supplementation on power performance during repeated sprint activity. *J. Strength Cond. Res.*24:79-87.
8. Baguet A., Bourgois J., Vanhee L., et al. (2010). Important role of muscle carnosine in rowing performance. *J. Appl. Physiol.*109:1096-101.
9. Van Thienen R., Van Proeyen K., Vanden Eynde B., et al. (2009). Beta-alanine improves sprint performance in endurance cycling. *Med. Sci. Sports Exerc.*41:898-903.
10. Derave W., Everaert I., Beeckman S., et al. (2010). Muscle carnosine metabolism and beta-alanine supplementation in relation to exercise and training. *Sports Med.*40:247-63.
11. Maemura H., Goto K., Yoshioka T., et al. (2006). Effects of carnosine and anserine supplementation on relatively high intensity endurance. *Int. J. Sport Health Sci.*4:86-94.
12. Suzuki Y., Nakao T., Maemura H., et al. (2006). Carnosine and anserine ingestion enhances contribution of nonbicarbonate buffering. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38:334-8.
13. Valeri C.R. (1976). Blood Banking and the Use of Frozen Blood Products. *Cleveland, OH: CRC Press 1976.*
14. Harmsen E., de Tombe P.P., de Jong J., et al. (1984). Enhanced ATP and GTP synthesis from hypoxanthine or inosine after myocardial ischaemia. *Am. J. Physiol.* 246:H37-43.
15. Starling R.D., Trappe T.A., Short K.R., et al. (1996). Effect of inosine supplementation on aerobic and anaerobic cycling performance. *Med. Sci. Sports Exerc.*28:1193-8.
16. Williams M.H., Kreider R.B., Hunter D.W., et al. (1990). Effect of inosine supplementation on 3-mile treadmill run performance and VO2 peak. *Med. Sci. Sports Exerc.*22:517-22.
17. McNaughton L., Dalton B., Tarr J. (1999). Inosine supplementation has no effect on aerobic or anaerobic cycling performance. *Int. J. Sports Nutr.*9:333-44.
18. Nissen S., Sharp R., Ray M., et al. (1996). Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *J. Appl. Physiol.* 81:2095-104.

19. Sallis R.E., Jones K. (1999). Dietary supplement use among college football players. *Med. Sci. Sports Exerc.*31:S118.
20. Portal S., Eliakim A., Nemet D., et al. (2010). Effect of HMB supplementation on body composition, fitness, hormonal profile and muscle damage indices. *J. Pediatr. Endocrinol. Metab.*23:641-50.
21. Zanchi N.E., Gerlinger-Romero F., Guimarães-Ferreira L., et al. (2011). HMB supplementation: clinical and athletic performance-related effects and mechanisms of action. *Amino Acids.* 40:1015-25.
22. Nissen S.L., Sharp R.L. (2003). Effect of dietary supplements on lean mass and strength gains with resistance exercise: a meta-analysis. *J. Appl. Physiol.*94:651-9.
23. Rowlands D.S., Thomson J.S. (2009). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate supplementation during resistance training on strength, body composition, and muscle damage in trained and untrained young men: a meta-analysis. *J. Strength Cond. Res.* 23:836-46.
24. Phillips S.M., Tipton K.D., Ferrando A.A., et al. (1999). Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am. J. Physiol.*;276:E118-24.
25. Tang J.E., Phillips S.M. (2009). Maximizing muscle protein anabolism: the role of protein quality. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.*12:66-71.
26. Lecker S.H., Jagoe R.T., Gilbert A., et al. (2004). Multiple types of skeletal muscle atrophy involve a common program of changes in gene expression. *FASEB J.*18:39-51.