

AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS COMO SUPLEMENTACIÓN ERGOGÉNICA EN EL DEPORTE

BRANCHED-CHAIN AMINO ACID AS ERGOGENIC SUPPLEMENTS IN SPORTS

INTRODUCCIÓN

Los aminoácidos ramificados (isoleucina, leucina y valina) han sido y son utilizados en la actualidad como una suplementación ergogénica deportiva. Han sido muchas las hipótesis que se han formulado sobre estos, existiendo en la actualidad dudas sobre en que tipo de ejercicio físico pudiera obtenerse un aumento del rendimiento debido a su consumo. En la siguiente revisión bibliográfica se exponen los posibles beneficios y/o inconvenientes de su uso.

AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS Y FATIGA CENTRAL EN DEPORTES DE RESISTENCIA

La fatiga muscular es comunmente definida como un fracaso para mantener una intensidad elevada durante un ejercicio físico. Las causas de la fatiga muscular implican procesos musculares, como un fracaso en la transmisión del estímulo nervioso y la propagación a través del músculo^{1,2}, la interrupción de la liberación de calcio e inhibición de la reabsorción en el retículo sarcoplasmático³, deplección del glucógeno⁴ y otros procesos metabólicos implicados en la obtención de energía y la contracción muscular^{5,6}. Pero también existe una hipótesis que relaciona el sistema nervioso central (SNC) con la fatiga muscular. Newsholme, bioquímico de la universidad de Oxford, propuso la siguiente teoría: niveles bajos de BCCA en conjunción

con niveles elevados de triptófano plasmático libre podían causar la fatiga central⁷. El triptófano libre puede cruzar la barrera hematoencefálica y formar el neurotransmisor cerebral serotonina, esta última puede causar una depresión del SNC e inducir a síntomas de fatiga y sueño. Normalmente la cantidad de triptófano libre que entra en el cerebro para formar serotonina está limitada por dos razones. La primera es que altos niveles de BCCA bloquean la entrada de triptófano libre en el cerebro y la segunda que el triptófano plasmático se encuentra unido a la proteína albúmina. Durante las últimas etapas de un ejercicio aeróbico prolongado el triptófano libre en sangre pueden llegar más fácilmente al cerebro. Primero, porque los niveles de glucógeno muscular son escasos y la cantidad de BCAA plasmáticos también puede disminuir porque pueden ser usados como sustrato energético y compensar el decrecimiento de la producción energética del glucógeno. Segundo, los ácidos grasos libres, que en la sangre circulan unidos a la albúmina, aumentan, por lo tanto, disminuye la cantidad de albúmina disponible para unirse con el triptófano. Una relación elevada de triptófano libre en sangre y niveles bajos de BCCA pueden inducir la formación de serotonina en el cerebro y causar la fatiga central⁷⁻⁹. Teóricamente, una suplementación de BCAA podría ayudar a mantener los niveles de BCCA elevados en sangre y prevenir la entrada de triptófano en el cerebro.

Estudios de laboratorio con animales realizados por los profesores Chaouloff^{9,10} y

**Raúl Bescós
García**

Centro de Alto
Rendimiento
de Sant Cugat
(Prácticas)

CORRESPONDENCIA:

Pasaje Pirineos 71, 3º 2º. 08270 Terrassa (Barcelona). Tel. 937 316 476

Aceptado: 21-03-2003 / Revisión nº 170

Newsholme¹¹ observaron que no se producía una variación en la concentración de triptófano total presente en la sangre, pero sí que se producía un marcado incremento del triptófano libre plasmático acompañado de un aumento de la producción de serotonina en el cerebro. Blomstrand en sus estudios con ratas¹¹ observó un incremento del triptófano libre y concentraciones elevadas de serotonina en el cerebro tras un ejercicio físico máximo. Estos resultados indicaban un aumento de la producción de serotonina durante un ejercicio físico prolongado y la concentración más elevada coincidía con el pico máximo de fatiga.

Más tarde Blomstrand¹² inició los primeros estudios en humanos, utilizando como sujetos de estudio a maratonianos y esquiadores de fondo. Los resultados que obtuvieron eran contradictorios y no encontraron grandes beneficios con la suplementación de BCAAs. Estudios posteriores no observaron diferencias en el rendimiento de los deportistas ni en parámetros de percepción de la fatiga tras una suplementación con BCAAs¹³. Un estudio de Tanaka *et al.*¹⁴ no encontró variaciones en la cantidad en plasma de triptófano libre, BCAAs y el cociente entre triptófano libre/BCCAAs. No obstante, Blomstrand, en un artículo reciente, sostiene que una suplementación de BCCA puede reducir la percepción de la fatiga durante el ejercicio, principalmente cuando éste se desarrolla en un ambiente muy caluroso o durante un evento deportivo importante y donde se exige un rendimiento mental mayor que en un experimento de laboratorio¹⁵. En este aspecto Blomstrand *et al.* observaron cómo en un grupo de deportistas suplementados con BCAAs su rendimiento mental después de un ejercicio prolongado era superior que el de un grupo no suplementado¹⁶.

La combinación de pequeñas cantidades de BCAAs (0,5 g/h) con soluciones de carbohidratos al 6% durante el ejercicio podría ser una estrategia más apropiada para retrasar la fatiga central, debido a que la suplementación de carbohidratos ayudaría a disminuir la movilización de ácidos grasos libres que compiten con el triptófano libre para unirse a las moléculas de

albúmina. Además la cantidad de BCAAs ingeridos provocaría un aumento de éstos en el plasma que competirían directamente con el triptófano por el transportador que les permite cruzar la barrera hematoencefálica perjudicando la absorción del triptófano libre hacia el cerebro y suprimiendo de esta manera la producción de serotonina, disminuyendo así los síntomas de la fatiga central¹⁷. Pero esta opinión fue puesta en duda recientemente, Davis *et al.*¹⁸ compararon los efectos de 3 soluciones líquidas: carbohidratos + BCAAs, carbohidratos solos y una bebida placebo. No hallaron diferencias entre la primera y la segunda bebida. Tanto la bebida suplementada con carbohidratos + BCAAs y la bebida que sólo contenía carbohidratos producían un aumento de la glucosa plasmática y de la insulina, así como una disminución de los ácidos grasos libres en plasma. Estos hallazgos parecen confirmar que no existe una evidencia clara por la cual la suplementación con BCAAs pueda disminuir la fatiga durante el ejercicio físico prolongado y confirman un efecto beneficioso de la suplementación con carbohidratos en deportes de resistencia.

No obstante, algunos estudios recientes contradicen los resultados anteriores y sugieren que los deportistas que sufren una deplección de glucógeno muscular padecen un aumento de la oxidación de aminoácidos ramificados provocando un catabolismo proteico¹⁹⁻²¹. La suplementación con BCAAs puede reducir la pérdida de proteína endógena durante el ejercicio y mejorar la recuperación tras ejercicios físicos intensos²².

EFFECTOS DE LOS AMINOÁCIDOS RAMIFICADOS (BCCAS) Y MASA MUSCULAR

Los estudios con BCAAs no sólo se han centrado en su posible efecto sobre la fatiga central, sino que también se han estudiado sus efectos sobre ciertas hormonas anabólicas que pueden favorecer una ganancia de masa muscular. Se ha podido observar como una administración de BCAAs antes de un ejercicio producía un

Autores y año	Tipo de estudio	Población	Parámetros estudiados							Comentario	
			Serotonina	Triptófano	Lactato	Rendimiento fuerza	Rendimiento fondo	Glutamina	Mejora Rendimiento		
Chauloff <i>et al.</i> (1986)	Investigación experimental	Ratas	↑	↑						-	Aumento de serotonina y triptófano tras un ejercicio intenso. No se suplementaba con BCCAs
Blomstrand <i>et al.</i> (1989)	Investigación experimental	Ratas	↑	↑						-	Observaron un incremento de serotonina y BCCAs. No hicieron suplementación con BCCAs
Davis <i>et al.</i> (1999)	Investigación experimental	Humanos (hombres)	=	=						=	No observaron diferencias entre placebo y suplemento de BCCAs
Carli <i>et al.</i> (1992)	Investigación experimental	Humanos (hombres)				↑	↑			↑	Sugirieron que la administración de BCCAs puede tener un efecto beneficioso sobre algunas hormonas anabólicas
De Palo <i>et al.</i> (2001)	Investigación experimental	Humanos			↓	↑	↑			↑	Disminución del lactato y aumento de hormonas anabólicas tras una suplementación de BCCAs
Coombes <i>et al.</i> (2000)	Investigación experimental	Humanos				↑	↑			↑	Disminución de enzimas indicadores de catabolismo muscular en un grupo suplementado
Bigard <i>et al.</i> (1996)	Investigación experimental	Humanos				=	=			=	En el grupo suplementado con BCCAs mantenían mejor el peso que en el grupo placebo Pero los resultados no eran significativos
Bassit <i>et al.</i> (2000)	Investigación experimental	Humanos						↑		↑	Un suplemento de BCCAs evitaba la disminución de glutamina plasmáticas tras un ejercicio intenso
Bassit <i>et al.</i> (2002)	Investigación experimental	Humanos						↑		↑	La suplementación con BCCAs mantenía los niveles plasmáticos de glutamina

TABLA 1.-
Estudios de
suplementación
de BCCAs y
rendimiento
deportivo

Resumen de los principales estudios realizados con aminoácidos ramificados

aumento principalmente de la hormona de crecimiento (GH) y testosterona (T)^{23,24}. Estos resultados fueron corroborados más recientemente en un estudio de De Palo²⁵, donde tras un tratamiento oral de BCAAs en un grupo de triatletas, observaron un aumento significativo de GH y una disminución del ácido láctico en sangre. Esta disminución del lactato también fue observada por Maclean *et al.*²⁶. Estos resultados contrastan con los de otra investigación donde estudiaron un grupo de deportistas que realizaron una suplementación de BCAAs y midieron indicadores sanguíneos de daño muscular (Creatina kinasa = CK; Lactato deshidrogenasa = LDH) después de un ejercicio prolongado, también realizaron análisis dietéticos y observaron que todos los sujetos participantes en el estudio consumían las cantidades recomendadas de BCAAs (0,64 g/kg/día) en la dieta²⁷. Los resultados que obtuvieron evidenciaron que tras la suplementación de BCAAs se producía una reducción de los enzimas LDH y CK. Esta obser-

vación puede sugerir que la suplementación de BCAAs puede reducir el daño muscular asociado a un ejercicio de resistencia. Blomstrand y Newsholme también observaron que en deportistas suplementados con BCCAs se producía una disminución plasmática de la concentración de los amino-ácidos aromáticos (tirosina y fenilalanina), que son indicadores de una pérdida de proteína muscular durante un ejercicio físico²⁸.

Los BCCAs también pueden tener un efecto sobre la hormona insulina, produciendo un aumento de ésta en sangre y facilitando un efecto anabólico de la masa muscular^{29,30}.

Por otro lado, también se ha investigado la influencia de la suplementación de BCAAs en un ambiente de hipoxia crónica donde se producía una pérdida notable de masa muscular, concluyendo finalmente que la suplementación podía prevenir una pérdida, de masa

muscular durante una hipoxia hipobarica crónica^{31,32}.

Por último, algunas investigaciones han observado que los ejercicios físicos de larga duración pueden producir una reducción de la glutamina plasmática y este decrecimiento parece ser paralelo a un aumento de la incidencia de síntomas infecciosos debido a una disminución de la respuesta del sistema inmunológico^{33,35}. Este efecto puede ser producido por una interacción entre diversas hormonas que aumentan (cortisol) y otras que disminuyen (encefalinas, endorfinas, ACTH), durante un ejercicio físico estresante y el sistema inmunológico³⁶. Diversas investigaciones han hallado una mejora del funcionamiento del sistema inmune tras una suplementación con BCCAs^{37,38}. Los átomos de carbono liberados tras la degradación de los aminoácidos pueden ser usados para la síntesis de glutamina, evitando una drástica reducción plasmática de esta tras un ejercicio físico prolongado y mejorando la respuesta del sistema inmunológico^{21,39}.

CONCLUSIONES

Tras una revisión de la bibliografía más destacada, no existen pruebas concluyentes sobre los beneficios de una administración de BCAAs con el objetivo de disminuir los factores de percepción de la fatiga. Los estudios realizados que han intentado relacionar la suplementación de BCAAs y una disminución de los síntomas de la fatiga, disminuir la serotonina a nivel cerebral, han aportado resultados poco esclarecedores. Algunos estudios de campo con resultados positivos han sido puestos en duda, acusados de cometer errores en el diseño y/o metodología del estudio. Los últimos estudios realizados han fracasado en el intento de disminuir los síntomas de fatiga durante el esfuerzo. Por lo tanto, serían necesarios nuevos estudios para aclarar las dudas presentes entre BCAAs, neurotransmisores cerebrales y rendimiento deportivo.

Por otro lado, parece ser que existen evidencias de que la suplementación de BCAAs puede pro-

mover un beneficio en el aumento de la masa muscular debido a un aumento de la hormona GH en sangre y que disminuyen el daño muscular debido a un ejercicio muy intenso, promueven una disminución de los niveles plasmáticos de ácido láctico y los enzimas CK y LDH. Serían necesarios nuevos estudios a nivel celular y molecular para conocer los mecanismos exactos por los cuáles los BCAAs ejercen tal efecto.

Algunas investigaciones realizadas hasta el momento relacionan la disminución de glutamina plasmática después de un ejercicio intenso y la disminución de la respuesta del sistema inmune. Los resultados obtenidos hasta la fecha indican que una suplementación de BCAAs puede promover un aumento de la glutamina plasmática ayudando a la respuesta inmunológica frente a agentes extraños al organismo.

RESUMEN

Los aminoácidos ramificados (BCCAs) son uno de los suplementos más utilizados actualmente. Las hipótesis que se han realizado a partir de la ingesta de BCCA y una disminución de los síntomas de la fatiga mediante una disminución de la serotonina a nivel cerebral, han aportado resultados poco significativos. Los últimos estudios realizados fracasaron en el intento de disminuir los síntomas de la fatiga durante el esfuerzo, aunque algunos investigadores creen que las pruebas realizadas en laboratorio alcanzan un menor nivel de rendimiento mental que durante la competición.

Parecen existir pruebas de que una suplementación de BCCAs puede promover un beneficio en el aumento de la masa muscular debido a un incremento de la hormona GH en sangre, que es acompañado de una disminución de los niveles plasmáticos de ácido láctico y los enzimas creatin kinasa y lactato deshidrogenasa. Estos resultados indican que la suplementación con BCCAs puede disminuir el daño muscular asociado a un ejercicio muy intenso.

En conclusión, los suplementos de BCCAs pueden ser una ayuda ergogénica para los deportistas que están realizando entrenamientos o competiciones muy intensas con el fin de reducir el daño muscular debido a ejercicios de gran intensidad y mejorar la respuesta del sistema

inmunológico, evitando una disminución de la glutamina plasmática.

Palabras clave: Suplementación ergogénica. Aminoácidos. Serotonina. Anabolismo. Glutamina plasmática.

B I B L I O G R A F I A

1. **Sjogaard G.** Muscle fatigue. *Med Sports Sci* 1987;26:98-109.
2. **Vollestad NK, Sejersted OM.** Biochemical correlates of fatigue. *Eur J Appl Physiol* 1988;57:336-47.
3. **Fitts RH, Metzger JM.** Mechanism of muscular fatigue. En: Portmans JR. *Principles of Exercise Biochemistry* (2nd ed.) 1993;48:248-68.
4. **Coggan AR, Coyle EF.** Carbohydrate ingestion during prolonged exercise: Effects on metabolism and performance. *Exer Sport Sci Rev* 1991;19:1-40.
5. **Green HJ.** Neuromuscular aspects of fatigue. *Can J Sports Sci* 1987;12(Supl 1):7-19.
6. **Córdova Martínez A, Navas F, Seco J.** Aspectos metabólicos de la fatiga muscular durante el ejercicio. *Archivos de medicina del deporte* 1995;12(48):283-91.
7. **Newsholme EA, Acworth IN, Blomstrand E.** Amino acids, brain neurotransmitters and a functional link between muscle and brain that is important in sustained exercise. **De Benzi G.** *Advances in Myochemistry* 1987;127-133.
8. **Chauloff F, Kennett B, Serrurier D, Merina Curson G.** Amino acid analysis demonstrates that increased in plasma free tryptophan during exercise in the rat. *J Neurochem* 1986; 46:1647-50.
9. **Chauloff F, Laude D, Guezennec Y, Elghozi JL.** Amphetamine and alpha-methyl-p-tyrosine affect the exercise induced imbalance between the availability of tryptophan and synthesis of serotonin in the brain of the rat. *Neuropharmacology* 1987;26:1099-106.
10. **Chauloff F, Elghozi JL, Guezennec Y, Laude D.** Effects of conditioned running on plasma, liver and brain tryptophan and on brain 5-hydroxytryptamine metabolism of the rat. *Brit J Pharm* 1985;86:33-41.
11. **Blomstrand E, Parry-Billings M, Newsholme EA.** Effect of sustained exercise on plasma amino acid concentrations and on 5-hydroxytryptamine in six different brain regions in the rat. *Acta Physiol Scand* 1989;136:473-81.
12. **Blomstrand E, Celsing, Newsholme EA.** Changes in plasma concentrations of aromatic and brain-chain amino acids during sustained exercise in man and their possible role in fatigue. *Acta Physiol Scand* 1988;133:115-21.
13. **Varnier M, Sarto P, Martines D, Lora L, Carmignoto F, Leese G, Naccarato R.** Effect of infusing branched-chain amino acid during incremental exercise with reduced muscle glycogen content. *Eur J Appl Physiol* 1994;69:26-31.
14. **Tanaka H, West KA, Duncan GE, Basset Jr.** Changes in plasma tryptophan/branched chain amino acid ratio in responses to training volume variation. *Int J Sports Med* 1997;18(4):270-5.
15. **Blomstrand E.** Amino acids and central fatigue. *Amino Acids* 2001;20(1):25-34.
16. **Hassmen P, Blomstrand E, Ekblom B, Newsholme EA.** Branched-chain amino acid supplementation during 30 km competitive run: mood and cognitive performance. *Nutrition* 1994;10(5):405-28.
17. **Davis JM, Bailey SP, Woods JA, Galiano FJ, Hamilton M, Bartoli WP.** Effects of carbohydrate feedings on plasma free-tryptophan and brain-chain amino acids during prolonged cycling. *Eur J Appl Physiol* 1992;65:513-9.
18. **Davis JM, Welsh RS, De Volve KL, Alderson NA.** Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running. *Int J Sports Med* 1999;20:309-14.
19. **Wagenmakers AJ, Beckers EJ, Brouns F, Kuipers H, Soeters PB, Van der Vusse GJ, Saris WH.** Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and amino acid metabolism during exercise. *Am J Physiol* 1991;260(6Pt1):E883-90.
20. **Lehman M, Huonker M, Dimeo F, Heinz N, Gastmann U, Treis N, Steinacker JM, Keul J, Kajewski R, Haussinger D.** Serum amino acid concentrations in nine athletes before and after the 1993 Colmar ultra triathlon. *Int J Sports Med* 1995; 16(3):155-9.
21. **Van Hall G, Saltin B, Wagenmakers AJ.** Muscle protein degradation and amino acid metabolism during prolonged knee-extensor exercise in humans. *Clin Sci* 1999;97(5):557-60.

22. **Blomstrand E, Ek S, Newsholme EA.** Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on plasma and muscle concentrations of amino acids during prolonged submaximal exercise. *Nutrition* 1996;12(7-8):553-4.
23. **Carli G, Bonifazi M, Lodi L, Lupo C, Martelli G, Viti A.** Changes in the exercise-induced hormone response to branched-chain amino acid administration. *Eur J Appl Physiol* 1992;64(3):272-7.
24. **Mero A, Pitkanen H, Oja SS, Komi PV, Pontinen P, Takala T.** Leucine supplementation and serum amino acids, testosterone, cortisol and growth hormone in male power athletes during training. *J Sports Med Phys Fitness* 1997;37(2):137-45.
25. **De Palo EF, Gatti R, Cappellin E, Schiraldi C, De Palo CB, Spinella P.** Plasma lactate, GH and GH-binding protein levels in exercise following BCCA supplementation in athletes. *Amino Acids* 2001;20(1):1-11.
26. **MacLean DA, Graham TE, Saltin B.** Stimulation of muscle ammonia production during exercise following branched-chain amino acid supplementation in humans. *J Physiol* 1996;493(Pt3):909-22.
27. **Coombes L, Mc Naughton R.** Effects of branched-chain amino acid supplementation on serum creatine kinase and lactate dehydrogenase after prolonged exercise. *J Sports Med Phys Fitness* 2000;40:240-6.
28. **Blomstrand E, Newsholme EA.** Effect of branched-chain amino acid supplementation on the exercise-induced change in aromatic amino acid concentration in human muscle. *Acta Physiol Scand* 1992;146(3):293-8.
29. **Van Loon LJ, Kruijshopp M, Verhagen H, Saris WH, Wagenmakers, AJ.** Ingestion protein hydrolysate and amino acid-carbohydrate mixtures increases postexercise plasma insulin responses in men. *J Nutr* 2000;130(10): 2508-13.
30. **Jentjens RL, Van Loon LJ, Mann CH, Wagenmakers AJ, Jeukendrup AE.** Addition of protein and amino acids to carbohydrates does not enhance postexercise muscle glycogen synthesis. *J Appl Physiol* 2001;91(2):839-46.
31. **Schena F, Guerrini F, Tregnaghi P, Kayser B.** Branched-chain amino acid supplementation during trekking at high altitude. The effects on loss of body mass, body composition, and muscle power. *Eur J Appl Physiol* 1993;67(1):92-5.
32. **Bigard AX, Lavier P, Ullmann L, Legrand H, Legrand H, Douce P, Guezennec CY.** Branched-chain amino acid supplementation during repeated prolonged skiing exercises at altitude. *Int J Sport Nutr* 1996;6(3):295-306.
33. **Van Hall G, Saris WH, Wagenmakers AJ.** Effect of carbohydrate supplementation on plasma glutamine during prolonged exercise and recovery. *Int J Sports Med* 1998;19(2):82-6.
34. **Parry-Billings M, Budgett R, Koutedakis Y, Blomstrand E, Brooks S, Williams C, Calder PC, Pilling S, Baigrie R, Newsholme EA.** Plasma amino acid concentrations in the overtraining syndrome: possible effects on the immune system. *Med Sci Sports Exerc* 1992;24(12):1353-8.
35. **Rohde T, MacLean DA, Hartkopp A, Pedersen BK.** The immune system and serum glutamine during a triathlon. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1996;74(5):428-34.
36. **Weicker H, Werle E.** Interaction between hormones and the immune system. *Int J Sports Med* 1991;12(Suppl 1):S30-7.
37. **Bassit RA, Sawada LA, Bacurau RFP, Navarro F, Costa Rosa LF.** The effect of BCAA supplementation upon the immune response of triathletes. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32(7):1214-9.
38. **Bassit RA, Sawada LA, Bacurau RF, Navarro F, Martins E, Santos RV, Caperuto EC, Rogeri P, Costa Rosa LF.** Branched-chain amino acid supplementation and the immune response of long-distance athletes. *Nutrition* 2002;18(5):376-9.
39. **Wagenmakers AJ.** Protein and amino acid metabolism in human muscle. *Adv Exp Med Biol* 1998;441:307-19.