

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 10

S. J. Stear¹, L. M. Castell², L. M. Burke³, N. Jeacocke³, B. Ekblom⁴, C. Shing⁵, P. C. Calder⁶ y N. Lewis⁷

¹*Performance Influencers Limited, London, UK*

²*University of Oxford, Oxford, UK*

³*Australian Institute of Sport, Canberra, Australia*

⁴*Swedish School of Sport and Health Sciences, Karolinska Institutet, Stockholm, Sweden*

⁵*School of Human Life Sciences, University of Tasmania, Launceston, Australia*

⁶*School of Medicine, University of Southampton, Southampton, UK*

⁷*English Institute of Sport, Bath, UK*

COMENTARIOS INTRODUCTORIOS

Un aspecto importante de nuestra serie de revisiones A-Z es que a menudo cada parte nos aporta un panorama real, tal como ocurre en este caso. En este caso tenemos: la citrulina, un aminoácido no esencial; la coenzima Q10, una coenzima que es parte del sistema antioxidante general; el calostro, la primera leche que producen los mamíferos después de dar a luz y concretamente el calostro bovino que es un suplemento popular entre atletas debido a sus supuestos beneficios sobre la respuesta inmune; continuaremos con el ácido linoleico conjugado, una serie de isómeros estructurales y geométricos del ácido linoleico que pueden desempeñar un papel en la optimización de la composición corporal y, finalmente, nos referiremos al cobre, un mineral con un uso multifuncional que podría requerir ser monitoreado en atletas en riesgo. Agradecemos a los revisores invitados por sus excelentes contribuciones que dan una visión imparcial sobre el valor de estos nutrientes y suplementos individuales. Los autores han podido establecer que en algunos casos, hasta el momento, la evidencia sobre el rendimiento es limitada o simplemente no existe.

Citrulina

N. Jeacocke

La citrulina es un aminoácido no esencial ($C_6H_{13}N_3O_3$) que se encuentra presente en los alimentos ricos en proteínas

derivados de animales y vegetales. El cuerpo lo usa para sintetizar arginina, un precursor de la producción de óxido nítrico (NO). De hecho, la suplementación con citrulina parece ser más efectiva para aumentar la concentración de arginina en el plasma que la ingesta de arginina misma (1). La citrulina también es un intermedio en el ciclo de la urea, una importante vía que remueve el amoníaco del músculo y de las células del hígado.

A pesar de que en poblaciones clínicas se han observado algunos beneficios de la suplementación con citrulina, pocos estudios han investigado sus beneficios potenciales sobre el rendimiento deportivo. Sorprendentemente, un estudio realizado con voluntarios saludables observó una producción de NO potencialmente menor y una reducción en tiempo hasta el agotamiento en ejercicios en cinta rodante después de la ingesta de 3 y 9 g de L-citrulina 24 h antes de realizar el test (2). Sin embargo, un estudio de campo demostró que el consumo de 6 g de malato de citrulina antes de un evento de ciclismo provocó un aumento en la concentración de NO post carrera en neutrofilos polimorfonucleares en comparación con el grupo control (3) lo que reduciría potencialmente la inmunosupresión asociada al ejercicio. En este estudio no se midió el rendimiento. En la actualidad no existe ninguna evidencia conclusiva que sustente que la ingesta de citrulina pueda mejorar el rendimiento deportivo. Es necesario realizar más investigaciones sobre este suplemento.

Coenzima Q10

B. Ekblom

La coenzima Q10 (conocida originalmente como ubiquinona), es una coenzima de la cadena de transporte de electrones de la membrana mitocondrial interna, forma parte del sistema de defensa antioxidante general de la célula. Protege las diferentes estructuras de la célula de los radicales libres de oxígeno producidos durante el estrés oxidativo como por ejemplo un ejercicio físico severo. Por consiguiente los atletas han usado suplementos de antioxidantes para fortalecer la defensa antioxidante durante el entrenamiento y las competencias. Sin embargo, recientemente se propuso que los radicales libres pueden desempeñar funciones útiles en el cuerpo, particularmente en las vías de señalización asociadas con el estímulo del ejercicio. Así, la producción de radicales libres puede ser un requisito previo a los efectos del entrenamiento en el musculo (4).

Algunos estudios (5, 6) observaron que la suplementación crónica con Q10 mejora capacidad y el rendimiento físico, pero otros estudios no lo observaron (7-9). Además existe evidencia que la suplementación con Q10 pueden interferir con la adaptación al ejercicio. Realizamos un estudio aleatorizado en doble-ciego de 22 días en el cual administramos 2x60 mg de Q10 o un placebo a dos grupos formados por nueve varones (10, 11). No se realizó control sobre la dieta. Se realizó actividad física normal durante 10 días, y luego se realizó un entrenamiento anaeróbico de alta intensidad (días 11-14) y luego recuperación (días 15-22). En los días 1, 11, 15 y 22 se realizaron diferentes tests de ciclismo de alta intensidad. El día 15, el grupo placebo presentó un mejora mas significativa en el test anaeróbico que el grupo que consumió Q10. Después de la recuperación, la mejora se mantuvo en el grupo placebo, mientras que el valor del grupo que consumió Q10 no fue diferente al del día 1. El trabajo total realizado durante el entrenamiento anaeróbico (días 11-14) fue significativamente mayor en el grupo que consumió el placebo. No se observó ninguna diferencia entre los grupos en el VO_{2max} durante la carrera ni en la frecuencia cardíaca ni en el índice de esfuerzo percibido durante las tasas de trabajo submáximas en ninguno de los tests. Sin embargo, el grupo que consumió Q10 presentó una actividad plasmática de creatin quinasa significativamente más alta (un marcador crudo de daño muscular) 6 h después del día 11 y 24 h después del día 15, posiblemente debido a una mayor formación de radicales libres después de la suplementación y del ejercicio/entrenamiento anaeróbico. Estos valores habían vuelto a la normalidad el día 22. Sobre la base de los resultados disponibles y de las recientes advertencias sobre la suplementación con antioxidantes junto con ejercicios (12), no se recomienda que los atletas consuman suplementos con coenzima Q10.

Calostro

C. Shing

El calostro es la leche producida por los mamíferos 24-72 h después de dar a luz. Es rico en anticuerpos, factores de crecimiento y factores del sistema inmune que apoyan el desarrollo del recién nacido. La fuente principal de calostro para la suplementación de atletas es el calostro bovino que es similar en composición al calostro humano. Sin embargo, la concentración de factores inmunes y de crecimiento es hasta 100 veces mayor en el calostro bovino. Los suplementos se presentan en forma líquida, cápsulas, tabletas o en preparaciones en polvo. La superioridad de una forma encima de otra debe ser aún establecida. La calidad del suplemento se ve afectada por el momento en que se recolecta el calostro y por los métodos de procesamiento: el mejor es el calostro de recolección temprana y no tratado con calor.

El calostro contiene factores de crecimiento que intervienen en la síntesis de proteínas. Mero y colegas (13) fueron los primeros en investigar la suplementación con calostro bovino en atletas (125 ml/día contenían 8,4µg/día de factor de crecimiento similar a la insulina I (IGF-I)). Los autores observaron aumento en los valores séricos de IGF-I después de 8

días de suplementación durante el entrenamiento de la fuerza pero no observaron aumentos en la fuerza máxima. Ha surgido preocupación sobre el uso de suplementos con calostro por atletas de élite, debido a que el IGF-I se encuentra en la lista de las sustancias prohibidas por WADA (14). Sin embargo, las variaciones sanguíneas de IGF-I después de la suplementación con calostro son inconsistentes; un laboratorio acreditado por IOC informó que la ingesta durante 4 semanas de 60 g/día de un suplemento de calostro (120µg/día IGF-I) no arrojó resultados positivos en una prueba (15). Por otra parte se ha argumentado que cualquier incremento en el IGF-I podría deberse a los cambios en la producción endógena (16). Es importante destacar que el contenido de IGF-I de los suplementos de calostro bovino puede variar considerablemente (1,7-120µg/día).

Aunque la suplementación con calostro bovino se asoció con aumentos en la masa corporal magra, en el área transversal de las extremidades y en los aminoácidos esenciales circulantes, esto no se tradujo en mejoras significativas en la fuerza máxima. La suplementación a largo plazo (ej. 10-60 g/día durante 8 semanas) provocó mejoras en el salto vertical, potencia máxima en esprints de ciclismo, rendimiento en esprints repetidos y rendimiento de resistencia en algunos estudios, pero no produjo mejoras en el rendimiento en otros estudios con metodologías similares (16).

Varios estudios han sugerido una mayor inmunocompetencia en la cual la suplementación con calostro bovino se asoció con un mayor contenido de IgA salival y sobre todo con una reducción en los síntomas de enfermedad del tracto respiratorio superior después de 8 semanas de suplementación (17). Recientemente, Davison y Diment (18) observaron un menor contenido de lisozima salival post ejercicio y una mejor recuperación de la función de neutrófilos luego de 4 semanas de suplementación con calostro bovino.

Debido a sus diferentes constituyentes, la suplementación con calostro bovino puede tener efectos modestos en numerosas vías combinadas para aportar potenciales efectos ergogénicos. Sin embargo, hasta el momento hay poca literatura que apoye cualquier beneficio consistente. Es necesario establecer la seguridad del consumo a largo plazo (>12 semanas). Las personas alérgicas a las proteínas de la leche de vaca deben evitar consumir suplementos de calostro bovino.

Ácido linoleico conjugado

P.C. Calder

El ácido linoleico conjugado (CLA) es un término para una serie de isómeros estructurales y geométricos de ácido linoleico. Los dos dobles enlaces en la cadena acil de ácido linoleico están en los carbonos 9 y 12 (contando a partir del carbono C-terminal), y están separados por dos enlaces simples carbono-carbono y ambos están en conformación cis. En CLA, los dobles enlaces están separados sólo por un enlace simple (i.e. los dobles enlaces están conjugados) y cada uno puede tener configuración cis o trans. Por lo tanto existen muchas formas posibles de CLA. La forma que se encuentra naturalmente presente en mayor cantidad en la dieta humana es el CLA cis-9, trans-11. Este se produce como resultado de la hidrogenación biológica en el rumen y se encuentra en la leche de rumiantes, en productos lácteos y carnes. Estos alimentos también contienen otros numerosos isómeros de CLA. El CLA que se encuentra presente en los suplementos se produce principalmente por el tratamiento químico de aceite de girasol y típicamente contiene una mezcla de partes iguales de CLA cis-9, trans-11 y CLA trans-10, cis-12 y a menudo, cantidades más pequeñas de otros isómeros de CLA. Los efectos biológicos del CLA se han demostrado en muchos modelos animales y en algunos estudios realizados en voluntarios humanos saludables: estos efectos parecen ser específicos de los diferentes isómeros (19-21). Los resultados de estudios de CLA realizados sobre individuos que realizan ejercicios regularmente o sobre fisiculturistas no han sido consistentes. Algunos estudios observaron disminuciones en la masa grasa y aumentos en la masa libre de grasas (magra) luego de la suplementación con CLA (1,8-6 g/día de isómeros mezclados pero predominantemente una mezcla de partes iguales de cis-9, trans-11 y trans-10, cis-12) durante aproximadamente 3 meses (22, 23) pero esto no se observó en todos los estudios (24, 25). En otros estudios el CLA fue combinado con creatina (26) y creatina más proteínas de suero (27) y en ellos se observó una reducción de la masa grasa y un aumento en la masa magra. El consumo de CLA podría (27) o no (24) aumentar la fuerza muscular. Es probable que el nivel y la duración de la ingesta de isómeros de CLA biológicamente activos específicos sean importantes, y que las diferencias en estos factores puedan explicar los resultados contradictorios en la literatura. En la actualidad no es posible hacer una declaración contundente sobre el rol de los isómeros específicos de CLA en el entrenamiento y el rendimiento deportivo ni recomendar un isómero o una ingesta específica.

Cobre

N. Lewis

La importancia del mineral cobre para la salud humana puede ser establecida por su papel como cofactor en numerosas metalo-enzimas involucradas en la defensa antioxidante, el transporte y utilización de oxígeno, en la función inmune y en la síntesis de catecolaminas y de tejido conjuntivo (28). En adultos, la deficiencia de cobre se ha descrito como secundaria a la mala absorción (29), a la suplementación con cinc (30) y al excesivo consumo de refrescos (31). La deficiencia severa de

cobre está asociada con manifestaciones clínicas de amplio espectro: anemia resistente al hierro, pancitopenia, neuropatía, hipercolesterolemia y osteoporosis (28-30). Por otra parte, la toxicidad del cobre ha sido asociada con la contaminación acuática en niveles superiores a 1,6 mg/l (32).

En el Reino Unido las necesidades dietarias para adultos se establecieron en 1,2 mg/día (32) (con una ingesta máxima tolerable de 10 mg/día) sin recomendaciones específicas para atletas. Estudios realizados en sangre/análisis dietarios sobre el nivel de cobre en atletas varones y mujeres que practicaban diferentes deportes han arrojado resultados mixtos (33-36) pero confirmaron que las ingestas dietarias reportadas por los mismos atletas no pueden predecir de manera confiable el estado real del micronutriente. La deficiencia de cobre afecta la función inmune. De hecho, atletas que restringen la ingesta de energía total y de nutrientes durante períodos largos para reducir su masa corporal, pueden tener un mayor riesgo de presentar deficiencia de cobre y los efectos (37) inmunológicos asociados a la misma. La suplementación con cobre puede ayudar a reducir la pérdida de densidad mineral ósea (38). Es aconsejable que aquellos atletas con ingestas de energía crónicamente restringidas que informan fatiga persistente, infecciones frecuentes y fracturas por estrés realicen una determinación del nivel de cobre. A pesar de que algunos atletas tienen la posibilidad de poseer un nivel bajo de cobre, no deben consumir suplementos de cobre sin una justificación clínica, dado que el mismo podría ser tóxico.

COMENTARIOS FINALES

La citrulina es utilizada por el cuerpo para sintetizar arginina, un precursor de la producción de óxido nítrico. Aunque se han reportado algunos beneficios clínicos de la suplementación con citrulina, en la actualidad no hay ninguna evidencia conclusiva que respalde la idea que la ingesta de citrulina mejora el rendimiento deportivo: es necesario realizar más investigaciones al respecto. A pesar de la popularidad de los suplementos de coenzima Q10, esta revisión demuestra la falta de evidencia sobre los beneficios para el rendimiento. Y hacemos una advertencia general adicional sobre la suplementación con una combinación de antioxidantes; no se recomienda que los atletas consuman suplementos con coenzima Q10. La suplementación con calostro bovino y sus diferentes constituyentes podrían producir modestos efectos ergogénicos. Sin embargo hay poca evidencia consistente de apoyo y ninguna información de seguridad sobre el consumo de calostro bovino a largo plazo. Por lo tanto recomendamos consumir calostro bobino con precaución. A pesar de las inconsistencias en la literatura, una cantidad pequeña de evidencia sugiere una probable utilidad del ácido linoleico conjugado (CLA) y su papel para ayudar a optimizar la composición corporal. La deficiencia de cobre tiene efectos perjudiciales en el rendimiento y por consiguiente su nivel debe ser supervisado en atletas en riesgo: no obstante, no debe ser consumido como suplemento sin una cuidadosa consideración clínica.

Es pertinente enfatizar de nuevo que cualquier atleta que esté considerando consumir un suplemento debe, en primer lugar, solicitar el asesoramiento de un profesional de nutrición deportiva calificado. En particular, es necesario discutir cualquier problema clínico potencial. Además, respecto a la contaminación del suplemento, tal como se discutió en la revisión introductoria publicada en septiembre, debemos reiterar que cualquier atleta que compite bajo las reglas WADA (Agencia Mundial Anti Doping), <http://www.wada-ama.org>) debe ser sumamente cuidadoso en el consumo de los suplementos.

REFERENCIAS

1. Hartman W.J., Torre P.M., Prior R.L. (1994). Dietary citrulline but not ornithine counteracts dietary arginine deficiency in rats by increasing splanchnic release of citrulline. *J. Nutr.*124:1950-60.
2. Hickner R.C., Tanner C.J., Evans C.A., et al. (2006). L-citrulline reduces time to exhaustion and insulin response to a graded exercise test. *Med. Sci. Sports Exerc.*38:660-6.
3. Sureda A., Cordova A., Ferrer M.D., et al. (2009). Effects of L-citrulline oral supplementation on polymorphonuclear neutrophils oxidative burst and nitric oxide production after exercise. *Free Radic. Res.* 43:828-35.
4. Gomez-Cabrera M.C., Domenech E., Romagnoli M., et al. (2008). Oral administration of vitamin C decreases muscle mitochondrial biogenesis and hampers training-induced adaptations in endurance performance. *Am. J. Clin. Nutr.*87:142-9.
5. Gökbel H., Gül I., Belviranlı M., et al. (2010). The effects of coenzyme Q10 supplementation on performance during repeated bouts of supramaximal exercise in sedentary men. *J. Strength Cond. Res.*24:97-102.
6. Mizuno K., Tanaka M., Nozaki S., et al. (2008). Antifatigue effects of coenzyme Q10 during physical fatigue. *Nutrition* 24:293-9.
7. Braun B., Clarkson P.M., Freedson P.S., et al. (1991). Effects of coenzyme Q10 supplementation on exercise performance, VO₂max, and lipid peroxidation in trained cyclists. *Int. J. Sport Nutr*;1:353-65.

8. Zhou S., Zhang Y., Davie A., et al. (2005). Muscle and plasma coenzyme Q10 concentration, aerobic power and exercise economy of healthy men in response to four weeks of supplementation. *J. Sports Med. Phys. Fitness*.45:337-46.
9. Snider I. P., Bazzarre T.L., Murdoch S.D., et al. (1992). Effects of coenzyme athletic performance system as an ergogenic aid on endurance performance to exhaustion. *Int. J. Sport Nutr.* 2:272-86.
10. Malm C., Svensson M., Ekblom B., et al. (1997). Effects of ubiquinone-10 supplementation and high intensity training on physical performance in humans. *Acta Physiol. Scand.* 161:379-84.
11. Malm C., Svensson M., Sjöberg B., et al. (1996). Supplementation with ubiquinone-10 causes cellular damage during intense exercise. *Acta Physiol. Scand.* 157:511-2.
12. McGinley C., Shafat A., Donnelly A.E. (2009). Does antioxidant vitamin supplementation protect against muscle damage. *Sports Med*.39:1011-32.
13. Mero A., Miikkulainen H., Riski J., et al. (1997). Effects of bovine colostrum supplementation on serum IGF-I, IgG, hormone, and saliva IgA during training. *J. Appl. Physiol*.83:1144-51.
14. The World Anti-Doping Code. The 2010 Prohibited List. (2010). http://www.wada-ama.org/Documents/World_Anti-Doping_Program/WADP-Prohibited-list/WADA_Prohibited_List_2010_EN.pdf.
15. Kuipers H., van Breda E., Verlaan G., et al. (2002). Effects of oral bovine colostrum supplementation on serum insulin-like growth factor-I levels. *Nutrition.* 18:566-7.
16. Shing C.M., Hunter D.C., Stevenson L.M. (2009). Bovine colostrum supplementation and exercise performance: potential mechanisms. *Sports Med.* 39:1033-54.
17. Brinkworth G.D., Buckley J.D. (2003). Concentrated bovine colostrum protein supplementation reduces the incidence of self-reported symptoms of upper respiratory tract infection in adult males. *Eur. J. Nutr*.42:228-32.
18. Davison G., Diment B.C. (2009). Bovine colostrum supplementation attenuates the decrease of salivary lysozyme and enhances the recovery of neutrophil function after prolonged exercise. *Br. J. Nutr* 1-8.
19. Pariza M.W., Park Y., Cook M.E. (2001). The biologically active isomers of conjugated linoleic acid. *Prog.Lipid Res*.40:283-98.
20. Roche H.M., Noone E., Gibney A.N. (2001). Conjugated linoleic acid: a novel therapeutic nutrient? *Nutr. Res. Rev.* 14:173-88.
21. Tricon S., Burdge G.C., Williams C.M., et al. (2005). The effects of conjugated linoleic acid on human health-related outcomes. *Proc. Nutr. Soc*.64:171-82.
22. Thom E., Wadstein J., Gudmundsen O. (2001). Conjugated linoleic acid reduces body fat in healthy exercising humans. *J. Int. Med. Res.* 29:392-6.
23. Colakoglu S., Colakoglu M., Taneli F., et al. (2006). Cumulative effects of conjugated linoleic acid and exercise on endurance development, body composition, serum leptin and insulin levels. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 46:570-7.
24. Kreider R.B., Ferreira M.P., Greenwood M., et al. (2002). Effects of conjugated linoleic acid supplementation during resistance training on body composition, bone density, strength, and selected hematological markers. *J. Strength Cond. Res*.16:325-34.
25. Lambert E.V., Goedecke J.H., Bluett K., et al. (2007). Conjugated linoleic acid versus high-oleic acid sunflower oil: effects on energy metabolism, glucose tolerance, blood lipids, appetite and body composition in regularly exercising individuals. *Br. J. Nutr*.97:1001-11.
26. Tarnopolsky M., Zimmer A., Paikin J., et al. (2007). Creatine monohydrate and conjugated linoleic acid improve strength and body composition following resistance exercise in older adults. *PLoS ONE.* 2:e991.
27. Cornish S.M., Candow D.G., Jantz N.T., et al. (2009). Conjugated linoleic acid combined with creatine monohydrate and whey protein supplementation during strength training. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*.19:79-96.
28. Uauy R., Olivares M., Gonzalez M. (1998). Essentiality of copper in humans. *Am. J. Clin. Nutr.* 67:952-9S.
29. Kumar N., Low P.A. (2004). Myeloneuropathy and anemia due to copper malabsorption. *J. Neurol*.251:747-9.
30. Willis M.S., Monaghan S.A., Miller M.L., et al. (2005). Zinc-induced copper deficiency: a report of three cases initially recognized on bone marrow examination. *Am. J. Clin. Pathol.* 123:125-31.
31. Harless W., Crowell E., Abraham J. (2006). Anemia and neutropenia associated with copper deficiency of unclear etiology. *Am. J. Hematol.* 81:546-9.
32. Department of Health. (2001). Report 41: Dietary Reference Values for Food and Energy and Nutrients for the United Kingdom. London: HMSO.
33. Nuviala R.J., Lapienza M.G., Bernal E. (1999). Magnesium, zinc, and copper status in women involved in different sports. *Int. J. Sport Nutr*.9:295-309.
34. Koury J.C., de Oliveria A.V. Jr, Portella E.S., et al. (2004). Zinc and copper biochemical indices of antioxidant status in elite athletes of different modalities. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*.14:358-72.
35. Clark M., Reed D.B., Crouse S.F., et al. (2003). Pre- and post-season dietary intake, body composition, and performance indices of NCAA division I female soccer players. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*.13:303-19.
36. Gropper S.S., Sorrels L.M, Blessing D. (2003). Copper status of collegiate female athletes involved in different sports. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab*.13:343-57.
37. Lewis N.A., Moore P., Cunningham P. (2010). Serum copper and neutropenia in elite athletes. *Med. Sci. Sports Exerc*.S126:42:1137.
38. Eaton-Evans J., McClrath E.M., Jackson W.E., et al. (1998). Copper supplementation and the maintenance of bone mineral density in middle aged women. *J. Trace Elem. Exp. Med*.9:87-94.

Cita Original

S. J. Stear, L. M. Castell, L. M. Burke, et al. (2010). BJSM reviews: A-Z of nutritional supplements: dietary supplements, sports nutrition foods and ergogenic aids for health and performance Part 10. *Br. J. Sports Med.* 44:688-690