

Papel de las Proteínas y los Aminoácidos en el Metabolismo y la Función Deportiva

John Duperly

Hasta el momento no existe evidencia sobre requerimientos radicalmente diferentes al resto de la población, para los individuos atletas o deportistas. Se recomiendan consumo de carbohidratos entre un 55 y 58%, de grasas entre un 25 y 30% y de proteínas entre 12 y 15% del requerimiento energético total. La diferencia fundamental radica en los requerimientos calóricos, dados principalmente por el gasto energético propio del entrenamiento y la competencia, pero también por incrementos en la tasa metabólica basal y por elevación del gasto energético en los períodos de reposo post ejercicio. El mercadeo de suplementos nutricionales y ayudas ergogénicas se ha convertido en un negocio multinacional con mínimos controles y restricciones y ha contribuido a desorientar el adecuado manejo nutricional de los deportistas. Los requerimientos conocidos de altos contenidos de carbohidratos (7-8 g/kg/día), proteínas (1.7 g/kg/día) y lípidos están contenidos fácilmente en una dieta balanceada de 4000 kcal/día. Por el contrario, si la dieta es menor a las 2000 kcal/día es difícil mantener las demandas de macro y micronutrientes para el deportista. El exceso de aporte proteico puede tener efectos negativos para la función renal y no se recomienda el uso de suplementos proteicos o de aminoácidos distintos a una alimentación balanceada acorde con los requerimientos energéticos. *Salud UIS 2002; 34: 38-42*

Palabras clave: Proteínas, Actividad física, Ejercicio, Metabolismo, Nutrición

There is no evidence about nutritional requirements for athletes and sportsmen to be different to the rest of population. It is recommended the consumption of 55-58% of carbohydrates, 25-30% of fat and 12-15% of proteins of the total energy requirement. The main difference resides on caloric requirements, given by training and competition energetic waste, but also by increasing basal metabolic rate and by elevation of energetic waste in post exercising rest. Marketing of nutritional supplements and ergogenic aids has become in a multinational business with minimal controls and restrictions and it has contributed to disorient the appropriate nutritional handling of the sportsmen. Well-known requirements of high contents of carbohydrates (7-8 g/kg/day), proteins (1.7 g/kg/day) and lipids are contained easily in a balanced diet of 4000 kcal/day. In the other hand, if diet is lower than 2000 kcal/day is hard to maintain demands of macro and micronutrients for athletes. Excess of proteic contribution may give negatives effects on renal function and the use of proteical or amino acids supplements is not recommended, just a balanced feeding in agreement with the energetic requirements. *Salud UIS 2002; 34: 38-42*

Key words: Proteins, Physical activity, Exercise, Metabolism, Nutrition

INTRODUCCIÓN

Los beneficios de una nutrición balanceada, adaptada a las demandas de macro y micronutrientes propias del ejercicio físico han sido documentados ampliamente en la literatura dedicada a la nutrición deportiva en las últimas décadas. Con el progreso en la comprensión del metabolismo energético y los complejos cambios agudos y crónicos como respuesta al ejercicio, han surgido numerosas hipótesis orientadas a optimizar el rendimiento deportivo en las más diversas disciplinas. El atleta que busca triunfar en la actualidad debe alimentarse racionalmente, garantizando

no solo grandes aportes energéticos sino también una adecuada hidratación y cantidades suficientes de antioxidantes, vitaminas, minerales y proteínas.

Lamentablemente, al igual que en otras áreas de la ciencia, el conocimiento de la población general y de la gran mayoría de los profesionales de la salud, no proviene del análisis cuidadoso de estudios con rigor metodológico, que permitan evitar errores humanos en el diseño del estudio, la recolección de la información y sobre todo en la interpretación de los resultados. Los conocimientos generales en nutrición deportiva suelen provenir de anécdotas o experiencias aisladas con poca evidencia científica, de la cuestionable tradición verbal entre colegas, estudiantes y profesores, o inclusive frecuentemente de vendedores o comerciantes naturalmente interesados en transmitir solo la verdad que incremente sus ventas.

MD, Ph.D, Jefe de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad del Rosario

Correspondencia: Dr. John Duperly. Fundación Santa Fé de Bogotá. E-mail: jduperly@claustru.urosario.edu.co
Recibido 29 Mayo-2002, Aceptado 11 Junio-2002

En la última década, la industria de complementos y suplementos nutricionales llamados ayudas ergogénicas, bebidas hidratantes, antioxidantes, quemadores de grasa, agentes estimulantes y anabólicos ha crecido en forma exponencial gracias al gran interés mundial en adoptar un estilo de vida saludable, pero probablemente también a un gran vacío de conocimientos sólidos, basados en la evidencia científica en gran parte de los deportistas y los profesionales que los orientamos. Uno de los temas más controvertidos y donde existe gran cantidad de mitos es el del papel de las proteínas y los aminoácidos en el proceso de entrenamiento y competencia deportiva. A primera vista, parece lógico pensar que un incremento en la masa muscular requiera de un aporte adicional de proteínas, dado que el músculo esquelético está constituido en gran parte por moléculas proteicas. Sin embargo, se ha podido demostrar que una dieta balanceada con un aporte calórico adecuado contiene suficientes proteínas para satisfacer las demandas del deportista.

FUNDAMENTOS METABÓLICOS DEL EJERCICIO

El centro de los fenómenos fisiológicos que ocurren cuando un individuo realiza actividad física de cualquier tipo se encuentra en la contracción del músculo esquelético y es allí donde ocurren los principales procesos metabólicos que buscan satisfacer las demandas energéticas para iniciar y sostener el trabajo muscular. Adicionalmente es necesario considerar, que al realizar ejercicio se activan e inhiben mecanismos de regulación en toda la economía corporal para mantener la homeostasis.

La actividad contráctil estimula por vías aferentes del sistema simpático los centros cardiorrespiratorios para garantizar no solo el aporte de oxígeno (O_2), nutrientes y hormonas al tejido muscular activo, sino también la eliminación y transporte de productos metabólicos de la contracción, como el bióxido de carbono (CO_2), el lactato y la glutamina a otros órganos y sistemas. El cerebro debe integrar entonces mensajes periféricos como tensión, presión, temperatura, pH, y concentraciones de diversas moléculas (glucosa, ácidos grasos, aminoácidos, sodio, potasio, magnesio, adenosina, etc.) para optimizar el funcionamiento de todos los órganos durante el esfuerzo físico. La glándula sudorípara, estructura vital para la termorregulación, los riñones, el tubo digestivo y el hígado, indispensables en el equilibrio electrolítico y metabólico, la inhibición de la secreción pancreática de insulina y la estimulación de la producción de catecolaminas, cortisol y hormona del crecimiento son algunos de los cambios fisiológicos esenciales para garantizar el óptimo funcionamiento del organismo durante el ejercicio.

El punto de partida para la activación metabólica en el miocito, está dado por la caída en los niveles de Adenosina Trifosfato (ATP) como resultado de la contracción muscular. Recordemos que se consume ATP tanto en la fase de contracción como en la fase de relajación. Sin embargo, los niveles intracelulares de ATP, que se mantienen regularmente en alrededor de 5 mmol/l, no caen en forma cuantificable hasta muy avanzado el déficit energético. Este fenómeno se debe a la resíntesis inmediata de ATP a partir de ADP + Creatinafosfato (CP). Como resultado de esta reacción catalizada por la conocida enzima Creatin-Kinasa (CPK), los niveles de CP caen rápidamente en los primeros segundos de la contracción muscular. Simultáneamente, si persiste la actividad contráctil, se activan otras vías metabólicas de gran importancia para el ejercicio prolongado como la glicólisis aeróbica y la betaoxidación, que buscan generar ATP a través del ciclo de Krebs o ciclo del ácido cítrico y la cadena respiratoria.

Cuando las demandas de energía por segundo son muy altas, como es el caso de las pruebas de velocidad (100, 200 metros planos), la glicólisis anaeróbica juega un papel primordial. Esta vía metabólica comparte la primera fase de la glicólisis aeróbica, pero no requiere del complejo proceso de decarboxilación y dehidrogenación del ciclo de Krebs para llevar hidrogeniones (H^+) a la cadena respiratoria y generar finalmente ATP, CO_2 y agua. En fracciones de segundo se pueden generar miles de moléculas de ATP, producto del rompimiento del glucógeno muscular, generando acidosis metabólica láctica.

METABOLISMO ENERGÉTICO Y PROTEÍNAS

La función principal de las proteínas no es la producción de energía y son considerados nutrientes “formadores” o estructurales, o con propiedades reguladoras en el caso de enzimas y hormonas. Algunos autores han planteado tradicionalmente la posibilidad de que en los estados catabólicos (sepsis, quemaduras, ejercicio intenso, etc.), la razón primordial de la proteólisis sea abastecer los requerimientos de energía en un organismo depletado.^{1,2} Sin embargo los resultados de estudios experimentales parecen indicar un papel regulador de las proteínas, especialmente a través de la síntesis de reactantes de fase aguda (proteína C reactiva, fibrinógeno, factor de necrosis tumoral alfa e interleukinas, glutamina, etc.), en especial porque, ni el aporte de carbohidratos, ni el aporte de aminoácidos en cantidades suficientes para cubrir los requerimientos energéticos son capaces de disminuir la salida de aminoácidos de la célula muscular en forma significativa.^{3,4} Adicionalmente, la vía de la ubiquitina,

responsable del catabolismo muscular en estados sépticos o de estrés severo, se caracteriza por consumir energía, lo cual no tiene sentido en un organismo severamente depletado e iría también en contra del razonamiento tradicional.

Durante el ejercicio se ha demostrado ampliamente la participación de grasas y carbohidratos en la producción de energía. La proporción en que participa cada grupo de macronutrientes depende de factores tales como la intensidad y duración del esfuerzo, el estado de las reservas intramusculares y hepáticas y la regulación neurohormonal.⁵ De todos los aminoácidos conocidos en el ser humano tan solo se ha podido demostrar oxidación significativa durante el ejercicio para los Aminoácidos de Cadena Ramificada (BCAA): valina, leucina e isoleucina. Estos tres aminoácidos comparten un complejo enzimático, la BCAA-cetodehidrogenasa que permite desaminar, transaminar y descarboxilar estos aminoácidos para convertirlos en intermediarios del ciclo de Krebs. El más importante en cuanto a su participación relativa en el metabolismo oxidativo es la leucina, para la cual se han determinado contribuciones entre 1 y 5% al metabolismo energético en situaciones de extrema depleción de glucógeno.^{6,7} Estas cifras ilustran la mínima participación de las proteínas en el metabolismo energético como fuente de energía.

Algunos aminoácidos han sido estudiados en forma aislada con el fin de evaluar su potencial impacto sobre el rendimiento deportivo. Una de las hipótesis sobre la fatiga central ha planteado la posibilidad de modificar la relación de BCCA y aminoácidos aromáticos, como el triptófano, para facilitar su paso a través de la barrera hematoencefálica y estimular la síntesis de serotonina. Aunque se han podido documentar incrementos en los niveles plasmáticos de triptófano libre, relacionados con niveles elevados de ácidos grasos libres durante el ejercicio de larga duración, no ha sido posible aclarar las modificaciones en la síntesis de serotonina a nivel cerebral.⁸⁻¹¹ Los resultados de manipulación nutricional con BCAA y otros aminoácidos no han sido concluyentes hasta el momento.¹²

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES Y EJERCICIO

Macronutrientes

Hasta el momento no existe evidencia sobre requerimientos radicalmente diferentes al resto de la población, para los individuos atletas o deportistas. Se

recomiendan consumos de carbohidratos entre un 55 y 58%, de grasas entre un 25 y 30% y de proteínas entre 12 y 15% del requerimiento energético total. La diferencia fundamental radica en los requerimientos calóricos, dados principalmente por el gasto energético propio del entrenamiento y la competencia, pero también por incrementos en la tasa metabólica basal y elevación del gasto energético en los períodos de reposo post ejercicio. La utilización específica de carbohidratos, lípidos y proteínas durante el esfuerzo depende fundamentalmente de las reservas de glucógeno muscular y hepático y de la intensidad relativa del ejercicio.¹³ A intensidades bajas, los lípidos constituyen la fuente principal de energía y adquieren mayor importancia cuando las reservas de glucógeno se agotan. Cuando la demanda energética por segundo es muy alta, solo la glucosa puede ser metabolizada para producir energía. Las proteínas participan en forma mínima como sustrato energético, en situaciones de extrema depleción de glucógeno muscular. Los requerimientos conocidos tradicionalmente, de altos contenidos de carbohidratos (7-8 g/kg/día), proteínas (1.7 g/kg/día) y lípidos están contenidos fácilmente en una dieta balanceada de 4000 kcal/día. Por el contrario, si la dieta es menor a las 2000 kcal/día es difícil mantener las demandas de macro y micronutrientes para el deportista.¹⁴

Proteínas

El requerimiento de proteínas de un adulto sano está dado por la cantidad de proteínas en la dieta necesarias para mantener la salud. En general, se necesitan entre 30 y 60 g de proteína de buen valor biológico para satisfacer las demandas de un adulto sano, de acuerdo a su edad, sexo, masa corporal y estado de salud. Las pérdidas de proteína obedecen a oxidación de aminoácidos, excreción urinaria, excreción fecal y pérdidas por piel y faneras, siendo la principal pérdida la excreción urinaria de nitrógeno en forma de urea.

Existen dos conceptos populares que han justificado un incremento en las necesidades de proteínas en los individuos físicamente activos. El primero es la necesidad aumentada de proteínas para incrementar la masa muscular y el segundo es el aumento en las pérdidas de proteínas o sus metabolitos como resultado de la actividad contráctil del músculo esquelético. Al respecto es necesario aclarar que el músculo esquelético, al igual que la mayoría de las células está constituido en su mayor parte por agua. Es decir que para "construir" 1 kg de músculo tan solo se requieren 200-300 g de proteínas como sustrato. Adicionalmente vale la pena recordar que en los mamíferos existe un continuo balance entre el catabolismo y la síntesis de proteínas en todo el

organismo. Aproximadamente 280 g de proteínas son sintetizadas o degradadas cada día y la vida media de una proteína puede variar entre unos pocos minutos y varias semanas.² Estos datos ilustran porque no se requiere ingerir en la dieta la totalidad de la proteína necesaria para construir masa ósea y muscular, sino que es posible reutilizar gran parte de los aminoácidos circulantes para tal fin. Por otra parte es lógico pensar que el ejercicio constituye un estado catabólico, inducido por la respuesta neurohormonal, el incremento de la temperatura, la caída del pH, la hipoperfusión de algunos órganos y el trauma directo sobre el aparato contráctil. Sin embargo, hasta el momento ha sido difícil documentar en los estudios realizados, un incremento significativo en las pérdidas de nitrógeno durante el ejercicio.

La forma más correcta de determinar los requerimientos de nutrientes es calcular el punto óptimo donde el aporte sea capaz de cubrir las pérdidas. Para las proteínas, el balance de nitrógeno constituye la herramienta más útil en la práctica clínica para conocer este punto de equilibrio. Se recomienda en promedio para la población adulta un aporte de 0.8 g/kg/día para garantizar un balance neutro de nitrógeno.^{15,16} Los trabajos realizados con distintos grupos de deportistas han encontrado moderados incrementos en los requerimientos de proteína en la dieta que oscilan entre 1.2 y 1.7 g/kg/día de proteína para mantener un balance de nitrógeno en cero.¹⁷⁻²⁰ Vale la pena aclarar que la mayoría de estos estudios han sido realizados con atletas de sexo masculino, tanto en deportes de resistencia como en entrenamiento de fuerza. Es recomendable tener en cuenta aspectos metodológicos al analizar los resultados. Por ejemplo, es importante analizar poblaciones específicas, lo más homogéneas posibles y aleatorizar los individuos al grupo de intervención o grupo control para evitar sesgos de selección. La intervención debe compararse con placebo y debe controlarse cuidadosamente ya que los resultados pueden verse afectados fácilmente por cambios en las características del entrenamiento en volumen, intensidad o frecuencia de las cargas. Las variables de confusión más importantes son el contenido total de la dieta (calorías, composición de macro y micronutrientes) y los aspectos psico-sociales como motivación, estrés ambiental y adherencia. Se deben definir claramente los criterios e indicadores para medir el impacto de la dieta sobre el rendimiento y sobre el balance de nitrógeno y debe garantizarse el enmascaramiento de los investigadores y de los atletas (doble ciego) para interpretar adecuadamente los resultados. Pocos trabajos cumplen hasta el momento estas recomendaciones metodológicas y existen pocos trabajos realizados en mujeres atletas.

Es interesante destacar que la gran mayoría de los atletas internacionales satisfacen ampliamente estas necesidades, alcanzando consumos de proteínas de 3 g/kg aún en ausencia de suplementos proteicos o nutricionales. Estas elevadas dosis de proteínas en la dieta se relacionan, como es lógico, con consumos calóricos elevados.²¹ Es prácticamente imposible que una dieta de más de 3000 calorías distribuidas en forma balanceada no contenga por lo menos 1.5 g/kg de Proteína.

El mercadeo de suplementos nutricionales y ayudas ergogénicas se ha convertido en un negocio multinacional con mínimos controles y restricciones, y ha contribuido a desorientar el adecuado manejo nutricional de los deportistas. Estos productos carecen de la aprobación por la Food and Drug Administration (FDA) y frecuentemente están contaminados con esteroides anabólicos como la nandrolona. El exceso de aporte proteico puede tener efectos negativos para la función renal y no se recomienda el uso de suplementos proteicos o de aminoácidos distintos a una alimentación balanceada acorde con los requerimientos energéticos.²²

Micronutrientes

La importancia de vitaminas y minerales para la salud y el rendimiento deportivo es indiscutible. Sin embargo, ha sido difícil determinar hasta el momento cuales son realmente las necesidades de cada uno de los micronutrientes. Se requieren micronutrientes para un adecuado funcionamiento del metabolismo energético, para la síntesis de hemoglobina, proteínas contráctiles, colágeno y hueso, así como para una respuesta inmune favorable y una modulación del estrés oxidativo inducido por el ejercicio. En general, se asume hoy en día que los requerimientos de vitaminas y minerales son similares a los recomendados para la población general.^{15,16} Para algunos nutrientes como el complejo B, se han recomendado dosis hasta dos veces superiores dada su importancia en el metabolismo energético, la producción de glóbulos rojos y la reparación tisular.²³ Los antioxidantes como las vitaminas A, C, E, betacarotenos y el selenio son bien conocidos en la protección contra radicales libres y estrés oxidativo. Por otra parte se ha podido demostrar el incremento progresivo en el sistema antioxidante endógeno en los individuos físicamente activos.²⁴ Dentro de los minerales, vale la pena recordar la importancia del hierro y del calcio especialmente para mujeres atletas con dietas hipocalóricas o vegetarianas con bajo contenido en estos dos minerales. En trabajos recientes, se ha podido demostrar una elevada prevalencia de consumos insuficientes de zinc (menos de 12 mg) en la población general.²⁵

CONCLUSIONES

En general, podemos concluir, que los requerimientos nutricionales de los atletas no son diferentes al resto de la población. Se ha demostrado que una dieta balanceada, con consumos de carbohidratos entre un 55 y 58%, de grasas entre un 25 y 30% y de proteínas entre 12 y 15% del requerimiento energético total, logra satisfacer las necesidades de la gran mayoría de deportistas, inclusive aquellos dedicados al alto rendimiento. La diferencia fundamental radica en los requerimientos calóricos propios de su entrenamiento y actividad competitiva. Se recomiendan altos contenidos de carbohidratos (7-8 g/kg/día), proteínas (1.7 g/kg/día) y lípidos, que se encuentran fácilmente en una dieta balanceada de 4000 kcal/día. Si la dieta es menor a las 2000 kcal/día es difícil mantener las demandas de macro y micronutrientes para el deportista. No se recomienda el uso de suplementos proteicos o de aminoácidos distintos a una alimentación balanceada acorde con los requerimientos energéticos.

REFERENCIAS

1. Mc Nurlan MA, Garlick PJ. Protein and aminoacids in nutritional support. *Critical Care Clinics* 1995;11: 635-650
2. Mitch WE, Goldberg AL: Mechanisms of muscle wasting. The role of the ubiquitin – proteasome pathway. *N Eng J Med* 1996; 335: 1897-1905.
3. Hasselgren PO, Fischer JE. Sepsis: Stimulation of energy-dependent protein breakdown resulting in protein loss in skeletal muscle. *World J Surg* 1998; 22: 203-208
4. Mittendorfer B, Gore DC, Herndon DN, Wolfe RR. Accelerated glutamine synthesis in critically ill patients cannot maintain intramuscular free glutamine concentration. *JPEN* 1999; 23: 243-252
5. Swinburn B, Ravussin E. Energy balance or fat balance? *Am J Clin Nutr* 1993; 766S-771S
6. Wagenmaker AJM, Bechers EJ, Brouns F. Carbohydrate supplementation, glycogen depletion, and aminoacid metabolism during exercise. *Am J Physiol* 1991; 260: E883-E890
7. Carraro F, Hartl W, Stuart C. Whole body and plasma protein synthesis in exercise recovery in human subjects. *Am J Physiol* 1990; 258: E821-E831
8. Weber J, Platen P, Zimmermann Y, Duperly J: Influence of two hypocaloric diets with a different aminoacid content in combination with high voluminous training on the performance and basal metabolic rate in female athletes. *Int J Sports Med* 1994; 15: 375-378
9. Strüder HK, Hollmann W, Donike M, Duperly J, Weber K: Changes in concentrations of plasma aminoacids during a 4h Tennis match and their effect on Brain Neurotransmitters. *Int J Sports Med* 1994;15: 366-369
10. Strüder HK, Hollman W, Duperly J, Weber K. Amino Acid Metabolism in Tennis and its possible influence on the neuroendocrine system. *British J of Sports Med* 1995;29: 28-30
11. Strüder HK, Hollmann, W,Platen P, Duperly J, Fischer, H.G., Weber,K: Alterations in Plasma Free Tryptophan and Large Neutral Aminoacids do not Affect Perceived Exertion and Prolactin During 90 min of Treadmill Exercise. *Int J of Sports Med* 1996; 2: 73–79
12. Davis JM, Bailey SP. Possible mechanisms of central nervous system fatigue during exercise. *Med Sci Exerc* 1997; 29: 45-57
13. Bergman BC, Brooks GA. Respiratory Gas Exchange ratios during graded exercise in fed and fasted trained and untrained men. *J Appl Physiol* 1999; 86: 479-487
14. Grandjean AC. Diets of Elite Athletes: Has the discipline of sports nutrition made an impact? *J Nutr* 1997; 127: 874S-877S
15. Food and Nutrition Board, National Research Council: *Recommended Dietary Allowances*, 10th ed. Washington DC, National Academy Press 1989: 52-77
16. *Nutrition and Your Health. Dietary Guidelines for Americans*. 4 ed US Depts of Agriculture and Health and Human Services; 1995. Home and Garden Bulletin N° 232
17. Buttfield GE. Whole body protein utilization in humans. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: S157-S165
18. Lemon PWR. Effects of exercise on dietary protein requirements. *Int J Sports Nutr* 1998; 8: 426-447
19. Meredith CN, Zackin MJ, Frontera WR, Evans WJ. Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance trained men. *J Appl Physiol* 1989; 66: 2850-2856
20. Tarnopolsky MA Atkinson SA, Mac Dougall JD, Chersley A, Phillips SM, Schwarcz H. Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol* 1992; 73: 1986-1995
21. Van Erp-Baart AMJ, Saris WHM, Binkhorst RA. Nationwide survey on nutritional habits in elite athletes: Part I Energy, carbohydrate, protein and fat intake. *Int J Sports Med* 1989; 10: S3-S10
22. Williams MH. The use of nutritional ergogenic aids in sports. Is it an ethical issue? *Int J Sport Nutr* 1994; 4: 216-234
23. Manore MM. The effect of physical activity on thiamin, riboflavin and vitamin B-6 requirements. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 5985-6065
24. Kanter MM. Free radicals, exercise, and antioxidant supplementation. *Int J Sport Nutr* 1994; 4: 205-220
25. Moser-Veillon PB. Zinc consumption patterns and dietary recommendations. *J Am Diet Assoc* 1990; 90: 1089-1093