

Monograph

Declaración de Posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva: Proteínas y Ejercicio

Tim Ziegenfuss³, R B Kreider², Bill Campbell¹, Paul La Bounty², Mike Roberts⁴, Darren Burke⁵, Jamie Landis⁶, Hector Lopez⁷ y Dr. Jose Antonio⁸

¹Exercise and Performance Nutrition Laboratory, Dept. of Physical Education and Exercise Science, University of South Florida, 4202 E. Fowler Avenue, PED 214, Tampa, FL 33620, Estados Unidos.

²Exercise and Sport Nutrition Laboratory, Dept. of Health, Human Performance, and Recreation, Baylor University, One Bear Place 97313, Waco, TX 76798-7313, Estados Unidos.

³Ohio Research Group of Exercise Science & Sports Nutrition, Wadsworth Medical Center, 323 High St, STE 103A, Wadsworth, OH 44281, Estados Unidos.

⁴Applied Biochemistry and Molecular Physiology Laboratory, Department of Health and Exercise Science, University of Oklahoma, 1401 Asp Avenue, Norman, OK 73019, Estados Unidos.

⁵Exercise Science Laboratory, Dept. of Human Kinetics, St. Francis Xavier University, P.O. Box 5000 Antigonish, Nova Scotia, B2G 2W5, Canadá.

⁶Department of Biology, Lakeland Community College, 7700 Clocktower Drive, Kirtland, Ohio 44094-5198, Estados Unidos.

⁷Northwestern University Feinberg School of Medicine, Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Rehabilitation Institute of Chicago, 345 East Superior Street, Chicago, IL 60611, Estados Unidos.

⁸Department of Exercise Science and Health Promotion, Florida Atlantic University, 2912 College Avenue, Davie, FL 33314, Estados Unidos.

RESUMEN

Los siguientes siete puntos relacionados a la ingesta de proteína para individuos sanos que realizan ejercicio constituyen la declaración de posición de la Sociedad. La misma ha sido aprobada por el Comité de Investigación de la Sociedad. 1) Una considerable cantidad de estudios apoyan la idea que los individuos implicados en entrenamiento de un modo regular requieren más proteínas en la dieta que los individuos sedentarios. 2) Las ingestas de proteínas de 1,4-2,0 g.kg⁻¹.día⁻¹ para los individuos activos, no solo es segura, sino que puede mejorar las adaptaciones al entrenamiento inducidas por el ejercicio. 3) Cuando forma parte de una dieta densa en nutrientes y balanceada, la ingesta de proteínas a este nivel no es perjudicial para la función de los riñones o el metabolismo óseo en personas sanas y activas. 4) Mientras que es posible para los individuos físicamente activos obtener sus requerimientos de proteína a partir de una dieta regular y variada, la suplementación con proteínas en diferentes formas constituye una forma práctica para los atletas para asegurar una ingesta de proteínas adecuada y de calidad. 5) Los diferentes tipos y calidades de proteínas pueden afectar la bioadaptabilidad de los aminoácidos luego de la suplementación con proteínas. La superioridad de un tipo de proteína sobre otros, en términos de optimización de la recuperación y/o las adaptaciones al entrenamiento, todavía debe ser demostrada de manera convincente. 6) La ingesta de proteína en el momento apropiado constituye un componente importante de un programa de entrenamiento general, es esencial para una correcta recuperación, la función inmune y el crecimiento y mantenimiento de la masa corporal magra. 7) Bajo ciertas circunstancias, los suplementos con aminoácidos específicos, tales como aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) puede mejorar el rendimiento del ejercicio y la recuperación después del mismo.

Palabras Clave: recuperación, aminoácidos, suplementación, sujetos activos

RECOMENDACIONES ACERCA DE LA INGESTA DE PROTEINAS

Existe controversia acerca de la seguridad y efectividad de la ingesta de proteína que está recomendada en la actualidad. Actualmente, la Ingesta Dietaria Recomendada (*Recommended Dietary Allowances*, RDA) de proteína en adultos sanos es de 0,8 g por kg de peso corporal por día [1].

El propósito de esta recomendación fue tener en cuenta las diferencias individuales en el metabolismo de proteínas, las variaciones en el valor biológico de las proteínas, y las pérdidas de nitrógeno en la orina y heces. Muchos factores necesitan ser considerados cuando se determina una cantidad óptima de proteínas de la dieta para los individuos que se ejercitan. Estos factores incluyen a la calidad de las proteínas, ingesta energética, ingesta de carbohidratos, modo e intensidad de ejercicio y el *timing* para la ingesta de proteínas [2]. El nivel recomendado actual de ingesta de proteínas (0,8 g.kg⁻¹.día⁻¹) se estima que es suficiente para alcanzar la necesidad de aproximadamente todos (97,5%) de los hombres y mujeres sanos de 19 años de edad, o mayores. Esta cantidad de ingesta de proteínas puede ser apropiada para los individuos que no realizan ejercicio, pero es probablemente insuficiente para compensar la oxidación de proteínas/aminoácidos durante el ejercicio (aproximadamente 1-5% del costo energético total del ejercicio) ni tampoco es suficiente para proporcionar el sustrato para la acumulación de tejido magro o para la reparación del daño muscular inducido por el ejercicio [3, 4].

Las recomendaciones de ingesta de proteínas están basadas en la valoración del balance de nitrógeno y en estudios realizados con aminoácidos marcados. La técnica del balance de nitrógeno implica la cuantificación de la cantidad total de proteína de la dieta que ingresa al cuerpo y la cantidad total de nitrógeno que es excretado (5). Los estudios sobre el balance de nitrógeno pueden subestimar la cantidad de proteínas requeridas para un funcionamiento óptimo, debido a que estos estudios no están relacionados al rendimiento en el ejercicio. Además, es posible que la ingesta de proteína por encima de los valores considerados como necesarios por los estudios de balance de nitrógeno puede mejorar el rendimiento del ejercicio a través de la mejora de la utilización de energía o estimulando los incrementos en la masa magra en los individuos que realizan ejercicio [2]. Efectivamente, muchas investigaciones indican que aquellos individuos que realizan actividad/ejercicio, requieren mayores niveles de ingesta de proteínas que 0,8 g.kg⁻¹ de peso corporal por día, sin tener en cuenta del tipo de ejercicio (i.e., recreacional, moderadamente o bien entrenado) [6-13]. También, hay un riesgo genuino en el consumo de cantidades insuficientes de proteína, especialmente en el contexto del ejercicio; probablemente puede ser creado un balance de nitrógeno negativo, lo cual conduce a un incremento del catabolismo y un detrimento de la recuperación luego del ejercicio [14].

En relación al ejercicio de resistencia, las ingestas recomendadas de proteínas van desde 1,0 g.kg⁻¹ hasta 1,6 g.kg⁻¹ por día [2, 4, 7, 15], dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio de resistencia, así como del nivel de entrenamiento del individuo. Por ejemplo, un atleta de resistencia de elite requiere un mayor nivel de ingesta de proteínas, que se aproxima al extremo superior del intervalo anteriormente mencionado (1,0-1,6 g.kg⁻¹ por día). Además, a medida que el ejercicio de resistencia incrementa su duración e intensidad, hay un incremento en la oxidación de aminoácidos de cadena ramificada, lo cual crea una demanda dentro del cuerpo para la ingesta de proteínas, que alcanza el extremo superior de este intervalo. Se piensa que los ejercicios de fuerza/potencia incrementan los requerimientos de proteínas todavía más que los ejercicios de resistencia, particularmente durante las fases iniciales del entrenamiento y/o cuando se producen incrementos marcados en el volumen. Las recomendaciones para los ejercicios de fuerza/potencia varían de manera característica desde 1,6 a 2,0 g.kg⁻¹.día⁻¹ [3, 11-13, 16], aunque algunas investigaciones sugieren que los requerimientos de proteínas pueden verdaderamente disminuir durante el entrenamiento, debido a adaptaciones biológicas que mejoran la retención neta de proteínas [17].

Han sido conducidas pocas investigaciones acerca de ejercicios de naturaleza intermitente (e.g., fútbol, básquet, artes marciales, etc.). En una revisión que se centró sobre jugadores de fútbol, fue recomendada una ingesta de proteínas de 1,4-1,7 g.kg⁻¹ [18]. Las ingestas de proteínas dentro de este intervalo (1,4 a 1,7 g.kg⁻¹.día⁻¹) son recomendadas para aquellos sujetos implicados en otros tipos de deportes intermitentes.

En resumen, la posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva implica que los individuos que realizan ejercicio ingieran proteínas en un intervalo de 1,4 a 2,0 g.kg⁻¹.día⁻¹. Los individuos que realizan ejercicio de resistencia deberían ingerir una cantidad correspondiente al extremo inferior del intervalo, los individuos implicados en actividades intermitentes deberían ingerir cantidades correspondientes a la mitad del intervalo, y aquellos sujetos que realizan ejercicios de fuerza/potencia deberían ingerir una cantidad correspondiente al extremo superior del intervalo mencionado.

SEGURIDAD DE LAS INGESTAS DE PROTEÍNA SUPERIORES A LA RDA

Frecuentemente es erróneamente reportado por los medios populares que una ingesta alta en proteínas en forma crónica no es saludable y que puede resultar en un estrés metabólico innecesario para los riñones, lo cual conduce a una afección de la función renal. Otra preocupación que frecuentemente es citada, es que las dietas con proteína incrementan la excreción de calcio, por lo que incrementan el riesgo de sufrir osteoporosis. Estas dos preocupaciones son infundadas, ya que no hay evidencia considerable que indique que la ingesta de proteínas en el intervalo sugerido arriba vaya a tener efectos adversos en individuos sanos que realizan ejercicio.

Uno de los principales puntos del debate en relación a la ingesta de proteínas y la función de los riñones, es la creencia que el consumo habitual de proteína que excede a la RDA, promueve la enfermedad renal crónica a través del incremento de la presión e hiperfiltración glomerular [19, 20]. La mayor parte de la evidencia científica citada por los autores [20] fue generada a partir de modelos animales y pacientes con enfermedades animales coexistentes. Así, la extensión de esta relación a individuos sanos con una función renal normal, es inapropiada [21]. En un estudio de cohorte, prospectivo y bien diseñado, fue resumido que una ingesta alta de proteínas no estuvo asociada con una disminución en la función renal en mujeres con riñones que operan en forma normal [22]. Además, ha sido reportado que no hay diferencias estadísticamente significativas en la edad, sexo, peso, y función renal entre no vegetarianos y vegetarianos (un grupo que ha mostrado tener una menor ingesta de proteínas) [23, 24]. Tanto el grupo no vegetariano como el vegetariano poseían una función renal similar, y presentaron la misma tasa de deterioro en la fisiología renal con la edad [24]. Los estudios clínicos y epidemiológicos preliminares han sugerido un beneficio de las dietas relativamente elevadas en proteínas sobre los principales factores de riesgo para enfermedad renal crónica, tales como hipertensión, diabetes, obesidad y síndrome metabólico. Son necesarios trabajos futuros para estudiar el rol de las dietas relativamente altas en proteínas para la pérdida de peso, fuente de proteínas de la dieta (calidad) y cantidad, sobre la prevalencia y desarrollo de enfermedades renales en poblaciones de pacientes en riesgo [25, 26]. Mientras que parece que la ingesta dietaria de proteínas por encima de la RDA no es perjudicial para los individuos sanos que realizan ejercicio, aquellos individuos con insuficiencia renal poco severa necesitan monitorear de cerca su ingesta de proteína, ya que datos observacionales a partir de estudios epidemiológicos proporcionan evidencia que indica que la ingesta dietaria de proteína puede estar relacionada a la progresión de enfermedad renal [21, 26].

Además de la función renal, la relación entre la ingesta dietaria de proteína y el metabolismo óseo también ha servido como la causa de cierta controversia. Específicamente, preocupa que una alta ingesta de proteínas dietarias resulte en la pérdida de calcio desde los huesos, lo cual puede conducir a osteopenia y predisponer a algunos sujetos a la osteoporosis. Esta suposición surge de los primeros estudios que reportaron un incremento en la acidez urinaria a partir de las proteínas dietarias que parece estar relacionada a la pérdida de calcio a partir de los huesos para amortiguar la carga de ácido. Sin embargo, los estudios que reportaron este efecto, estuvieron limitados por tamaños de muestra pequeños, errores metodológicos, y el uso de altas dosis de formas purificadas de proteína [27]. Se sabe que el contenido de fosfato de los alimentos con proteínas (y los suplementos fortificados con calcio y fósforo) contrarresta este efecto. De hecho, algunos datos sugieren que los hombres y mujeres ancianos (el segmento de la población más susceptible a la osteoporosis) deberían consumir proteínas dietarias por encima de las recomendaciones actuales ($0,8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$) para optimizar la masa ósea [28].

Además, están surgiendo datos a partir de los estudios que utilizaron isótopos de calcio estables, los cuales sugieren que la fuente principal del incremento en el calcio urinario a partir de una dieta alta en proteínas es intestinal (dietaria) y no a partir de la resorción ósea [29]. Además, dado que el entrenamiento aporta el estímulo para incrementar las proteínas del músculo esquelético, son recomendados niveles en el intervalo de $1,4$ a $2,0$ $1,7 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$ para transformar este estímulo en tejido contráctil adicional, el cual es un factor de predicción importante en la acumulación de masa ósea durante el crecimiento prepuberal [30, 31]. Es necesario que sean conducidas más investigaciones en adultos y ancianos en relación al ejercicio, hipertrofia del músculo esquelético e ingesta de proteína y sus efectos acumulativos sobre la masa ósea. En general, hay una falta de evidencia científica que relacione las ingestas de proteínas de la dieta a las respuestas adversas en individuos saludables y que realizan ejercicio. Sin embargo, hay un cuerpo de literatura científica que ha documentado un beneficio de la suplementación con proteínas sobre la salud de los sistemas de múltiples órganos. De este modo la posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva implica que los individuos ancianos y activos requieren ingestas de proteína que varían desde $1,4$ a $2,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{día}^{-1}$, y que este nivel de ingesta es seguro.

CALIDAD DE PROTEÍNAS Y TIPOS COMUNES DE SUPLEMENTOS PROTEICOS

Para obtener proteínas dietarias adicionales, los individuos que realizan ejercicio frecuentemente ingieren polvos de proteína. Las proteínas en polvo son convenientes y dependiendo del producto, pueden ser también eficientes en términos de costo [32]. Las fuentes comunes de proteína incluyen a polvos en base a leche, suero, caseína, huevo y soja.

Las diferentes fuentes de proteína y métodos de purificación pueden afectar la bioadaptabilidad de los aminoácidos. La bioadaptabilidad de los aminoácidos de una fuente de proteína es mejor conceptualizada como la cantidad y variedad de aminoácidos que son digeridos y absorbidos a circulación sanguínea después de que una proteína es ingerida. Además, la bioadaptabilidad de los aminoácidos también puede ser reflejada por la diferencia entre el contenido de nitrógeno a partir de una fuente de proteínas que fue ingerida respecto al contenido de nitrógeno que luego está presente en las heces. La consideración de la bioadaptabilidad de los aminoácidos hacia la sangre, así como su transporte al tejido(s) objetivo, es de gran importancia cuando se planifica un régimen de ingesta de proteína pre y post-ejercicio. Una proteína que proporciona una cantidad circulante adecuada de aminoácidos, antes y después del ejercicio, es rápidamente captada por el músculo esquelético para optimizar el balance de nitrógeno y la cinética de las proteínas musculares [33].

La calidad de una fuente de proteína ha sido previamente determinada por el de algún modo desactualizado índice de eficiencia proteica (PER), y el más preciso puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica (PDCAAS). El primer método fue usado para valorar la calidad de una fuente de proteína por medio de la cuantificación de la cantidad de acumulación de masa corporal de ratas en maduración cuando fueron alimentadas con proteínas de prueba. El último método fue establecido por la Organización de Agricultura y Alimentos (FAO, 1991) como un método de puntuación más apropiado, el cual utiliza la composición de aminoácidos de una proteína de prueba en relación a un patrón de aminoácidos de referencia, el cual fue luego corregido para diferencias en la digestibilidad de la proteína [34]. El Manual de Referencia del Consejo para Exportación Láctea de Estados Unidos para los Productos Lácteos y Suero de Estados Unidos (2003), indica que los aislados de proteína de suero derivados de la leche presentan el mayor PDCAAS en comparación a todas las fuentes de proteínas comunes, debido a su alto contenido de aminoácidos esenciales y de cadena ramificada. La caseína derivada de la leche, el polvo de huevo blanco, y el aislado de proteínas de soja también son clasificadas como fuentes de proteínas de alta calidad, puntuando todas ellas con un valor de la unidad (1,00) en el índice PDCAAS. De manera contraria, las lentejas alcanzan un valor de 0,52, mientras que el gluten de trigo alcanza un valor de 0,25.

Comercialmente, los dos tipos de proteínas más populares en la forma de suplementos son el suero y la caseína. Investigaciones recientes han detallado la respuesta de los aminoácidos séricos a la ingestión de diferentes tipos de proteínas. Usando la metodología con aminoácidos como trazadores, fue demostrado que las proteínas de suero producen un incremento rápido y marcado de los aminoácidos plasmáticos luego de la ingestión, mientras que la caseína induce un incremento moderado y prolongado de los aminoácidos plasmáticos que es sostenido durante un período de tiempo posprandial de 7 hr [35]. Las diferencias en la digestibilidad y absorción de estos tipos de proteínas pueden indicar que la ingesta de proteínas “lentas” (caseína) y “rápidas” (suero), media de un modo diferente el metabolismo de las proteínas corporales debido a sus propiedades digestivas [35]. Otros estudios han mostrado diferencias similares en los niveles plasmáticos pico de aminoácidos luego de la ingesta de fracciones de suero y caseína (i.e., las fracciones de suero alcanzaron un pico antes que las fracciones de caseína) [36, 37].

Las investigaciones de ciencias del ejercicio aplicada también han demostrado los diferentes efectos que ejerce ingerir diferentes proteínas sobre la respuesta postprandial de los aminoácidos sanguíneos y la síntesis de proteínas musculares después del ejercicio. Los datos son equívocos en relación a cual tipo de proteínas incrementa el nivel de proteínas neto (ruptura menos síntesis) en un mayor grado, después del ejercicio. Algunas investigaciones han demostrado que a pesar de los diferentes patrones de respuestas de los aminoácidos sanguíneos, el balance neto de proteínas musculares fue similar en aquellos sujetos que ingirieron caseína o suero [33]. Sin embargo, investigaciones adicionales han indicado que las proteínas de suero inducen un mayor grado de ganancia proteica que la caseína [38]. De manera contraria, diferentes estudios han mostrado que la caseína incrementa el depósito de proteínas a niveles mayores que las proteínas de suero [35, 37].

La recomendación de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva es que los individuos que realizan ejercicio intenten obtener las proteínas que requieren a partir de alimentos completos. Cuando son ingeridos suplementos, recomendamos que la proteína contenga tanto componentes de suero como de caseína, debido a su alto puntaje de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica y su capacidad para incrementar la acumulación de proteínas musculares.

TIMING EN LA INGESTA DE PROTEINAS

En general, se reconoce que los individuos activos requieren más proteínas dietarias, debido al incremento que se produce en la oxidación de proteínas musculares [39] y a la ruptura de proteínas [40] que ocurre durante el ejercicio, así como a la necesidad de complementar la resíntesis de proteínas intramusculares y atenuar los mecanismos proteolíticos que ocurren durante las fases de recuperación después del ejercicio [41-43]. Así, un régimen de ingesta de proteínas estratégicamente planeado para ser realizado alrededor de la actividad física es crucial para preservar la masa muscular o promover hipertrofia muscular, asegurando una recuperación apropiada después del ejercicio, y quizás incluso sosteniendo una función inmune óptima. Previamente, ha sido encontrado que altos niveles de aminoácidos sanguíneos después de una sesión de entrenamiento de sobrecarga es crucial para promover la síntesis de proteínas musculares [44]. Se está acumulando evidencia que apoya los beneficios del *timing* en la ingesta proteica y sus efectos sobre las ganancias en masa magra durante el entrenamiento de sobrecarga [45-49]. Dado que gran parte de las investigaciones actuales han sido conducidas sobre el entrenamiento de sobrecarga, son requeridas más investigaciones para dilucidar los efectos del *timing* de la ingesta de proteínas sobre otros tipos de ejercicio.

Las investigaciones también han destacado los efectos positivos relacionados a la salud y sobre el sistema inmune, de la ingesta de proteínas después del ejercicio. Una investigación que utilizó 130 Marines de los Estados Unidos como sujetos [50] estudió los efectos de un suplemento (8 g de carbohidratos, 10 g de proteínas, 3 g de grasa) inmediatamente después del ejercicio sobre el nivel de diferentes marcadores de la salud. Estos datos fueron comparados con los de 129 sujetos que ingirieron un suplemento que no contenía proteínas (0 g de carbohidratos, 0 g de proteínas, 0 g de grasas). Luego de la finalización del estudio de 54 días, los investigadores reportaron que los sujetos que ingirieron el suplemento proteico tuvieron un promedio de 33% menos de visitas médicas totales, incluyendo 28% menos de visitas debido a infecciones bacterianas y virales, 37% menos de visitas relacionadas a problemas ortopédicos y 83% menos de visitas debido a agotamiento por calor.

Además, el dolor muscular después del entrenamiento se redujo significativamente en los sujetos que ingirieron proteína cuando se los comparó con los controles. Estudios anteriores, que usaron modelos animales, han demostrado que las proteínas de suero ejercen propiedades mejoradoras del sistema inmune, probablemente debido a su alto contenido de cisteína; un aminoácido que es necesario para la producción de glutatión [51, 52]. De aquí que investigaciones anteriores han indicado que ingerir una fuente de proteína que sea rica en aminoácidos esenciales y que sea fácilmente digerible inmediatamente, antes y después del ejercicio es beneficioso para incrementar la masa muscular, la recuperación después del ejercicio y para sostener la función inmune durante los períodos de entrenamiento de alto volumen. Mientras que en este artículo se hace hincapié sobre la ingesta de proteínas, también ha sido demostrado que la ingestión concomitante de proteínas y carbohidratos antes y/o luego del ejercicio, también ha demostrado ser ventajosa para incrementar la síntesis de proteínas musculares; un resultado que ocurre probablemente debido a un incremento en la señalización de insulina luego de la ingestión de carbohidratos.

La posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva implica que los individuos que realizan ejercicio deberían consumir proteínas de alta calidad dentro del período de tiempo que abarca su sesión de ejercicio (i.e., antes, durante y después).

EL ROL DE LOS BCAA EN EL EJERCICIO

Los aminoácidos de cadena ramificada (i.e., leucina, isoleucina y valina) constituyen aproximadamente un tercio de las proteínas del músculo esquelético [53].

Una cantidad creciente de literatura sugiere que de los tres BCAA, la leucina parece jugar el rol más significativo en la estimulación de la síntesis proteica [54]. A este respecto, la suplementación con aminoácidos (particularmente los BCAA) puede ser ventajosa para los individuos que realizan ejercicio.

Pocos estudios reportaron que cuando los BCAA son infundidos en humanos en reposo, el balance de proteínas se incrementa, ya sea disminuyendo la tasa de catabolismo de proteínas, incrementando la tasa de síntesis de proteínas o una combinación de ambas [55, 56]. Ha sido demostrado que en los hombres, luego del entrenamiento de sobrecarga, la adición de leucina combinada con carbohidratos y proteína, conduce a un mayor incremento en la síntesis proteica en comparación a ingerir la misma cantidad de carbohidratos y proteínas sin leucina [57]. Sin embargo, la mayor parte de las investigaciones han sido conducidas en modelos animales. Es necesario que sean conducidas investigaciones similares en

individuos sanos que realicen entrenamiento de sobrecarga.

Ha sido demostrado que la ingestión de BCAA es beneficiosa durante el ejercicio aeróbico. Cuando los BCAA son ingeridos durante el ejercicio aeróbico, ha sido demostrado que la tasa neta de degradación proteica disminuye [58]. Igualmente importante, la administración de BCAA antes y durante el ejercicio aeróbico de alta intensidad a individuos con niveles reducidos de reserva de glucógeno puede también retrasar el agotamiento del glucógeno muscular [59].

Cuando los BCAA fueron proporcionados a corredores durante una maratón, mejoró el rendimiento de los corredores más lentos (aquellos que completaron la carrera en 3,05-3,3 h) en comparación con los corredores más rápidos (aquellos que completaron la carrera en menos de 3,05 h) [60]. Aunque hay numerosas causas metabólicas que han sido reportadas de la fatiga, tales como agotamiento de glucógeno, acumulación de protones, disminución de los niveles de fosfocreatina, hipoglucemia, e incremento del índice triptófano libre/BCAA, es el incremento del índice triptófano libre/BCAA que puede ser atenuado con la suplementación con BCAA. Durante el ejercicio aeróbico prolongado, la concentración de triptófano libre se incrementa y la captación de triptófano hacia el cerebro, aumenta. Cuando esto ocurre, se produce la 5-hidroxitriptamina (a.k.a serotonina), la cual se piensa que juega un rol en la sensación subjetiva de la fatiga. De manera similar, los BCAA son transportados hacia el cerebro por el mismo sistema transportador que para el triptófano y así "compiten" con el triptófano, para ser transportados hacia el cerebro. De este modo, se cree que cuando ciertos aminoácidos, tales como los BCAA están presentes en el plasma en cantidades suficientes, esto teóricamente puede disminuir la captación de triptófano en el cerebro y finalmente disminuir la sensación de fatiga [61, 62].

Además, también hay investigaciones que sugieren que la administración de BCAA durante eventos de resistencia prolongados puede ayudar al rendimiento mental además de los beneficios para el rendimiento anteriormente mencionados [60]. Sin embargo, no todas las investigaciones que estudiaron a la suplementación con BCAA han reportado mejoras en el rendimiento en el ejercicio. Uno de estos estudios [63] reportó que la ingesta de leucina, realizada antes y durante una carrera anaeróbica hasta el agotamiento (200 mg.kg de peso corporal⁻¹) y durante una sesión de entrenamiento de sobrecarga (100 mg.kg de peso corporal⁻¹), no mejoró el rendimiento en el ejercicio.

Las razones de la discrepancia en los resultados no están claras en este momento, pero por lo menos, parece aparente que la suplementación con BCAA no afecta el rendimiento.

Debido a que ha sido demostrado que los BCAA ayudan en el proceso de recuperación después del ejercicio, estimulando la síntesis proteica, ayudando a la resíntesis de glucógeno, así como retardando el inicio de la fatiga y ayudando a mantener la función mental en el ejercicio aeróbico, nosotros sugerimos que sean consumidos BCAA (además de carbohidratos) antes, durante y después de una sesión de ejercicio. Ha sido sugerido que la RDA para la leucina sola debería ser de 45 mg.kg⁻¹.día⁻¹ para individuos sedentarios, e incluso mayor para individuos activos [53]. Sin embargo, mientras que son necesarias más investigaciones, debido a que los BCAA aparecen en la naturaleza (i.e., proteína animal) en una relación 2:1:1 (leucina:isoleucina:valina), se podría considerar ingerir ≥ 45 mg.kg⁻¹.día⁻¹ de leucina junto con aproximadamente $\geq 22,5$ mg.kg⁻¹.día⁻¹ de tanto isoleucina como valina en un marco de tiempo de 24 h, con el objetivo de optimizar las adaptaciones generales al entrenamiento. Esto va a asegurar el índice 2:1:1 que aparece frecuentemente en las proteínas animales [64]. No debería ser pasado por alto que las proteínas completas en los alimentos, así como en los polvos proteicos de mayor calidad, contienen aproximadamente un 25% de BCAA.

Cualquier deficiencia en la ingesta de BCAA a partir de los alimentos completos puede ser fácilmente remediada a través del consumo de proteínas de suero durante el marco de tiempo que abarque la sesión de ejercicio; sin embargo, debería ser realizado el intento de obtener todos los BCAA recomendados a partir de fuentes de proteínas de los alimentos completos.

CONCLUSION

La posición de la Sociedad Internacional de Nutrición deportiva implica que los sujetos que realizan ejercicio necesitan aproximadamente 1,4 a 2,0 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal por día. La cantidad depende del modo e intensidad del ejercicio, la calidad de la proteína ingerida, y el nivel de energía e ingesta de carbohidratos del individuo. Las afirmaciones que sostienen que la ingesta de proteína dentro de este intervalo no es sana en los individuos sanos que realizan ejercicio son infundadas. Debería realizarse un intento de obtener los requerimientos de proteínas a partir de alimentos completos, pero las proteínas de los suplementos constituyen un método seguro y conveniente para ingerir proteínas dietarias de alta calidad. El *timing* de la ingesta de proteína en este período que abarca la sesión de ejercicio, tiene diversos beneficios, incluyendo una mejora de la recuperación y mayores ganancias de masa magra. Ha sido demostrado que los residuos de las proteínas, tales como los aminoácidos ramificados, son beneficiosos para los sujetos

que realizan ejercicio, lo que implica un incremento de las tasas de síntesis de proteínas, disminución de la tasa de degradación de proteínas y posiblemente una ayuda en la recuperación después del ejercicio. En conclusión, los individuos que realizan ejercicio necesitan más proteínas en la dieta que los sujetos sedentarios, las cuales pueden ser obtenidas a partir de alimentos enteros así como a partir de suplementos proteicos de alta calidad, tales como las proteínas de suero y caseína.

Abreviaturas

mg.kg⁻¹.día⁻¹ = gramos por kilogramo de peso corporal por día.

BCAA = aminoácidos de cadena ramificada.

Intereses de Competencia

Los autores declaran que no tienen intereses de competencia.

Dirección para el Envío de Correspondencia

Richard B Kreider - Richard_Kreider@baylor.edu.

Correos de los demás autores: Bill Campbell - campbell@coedu.usf.edu; Tim Ziegenfuss - tim@ohioresearchgroup.com; Paul La Bounty - Paul_La_Bounty@baylor.edu; Mike Roberts - Mike_Roberts@ou.edu; Darren Burke - dburke@stfx.ca; Jamie Landis - jlandis@lakelandcc.edu; Hector Lopez - hlopezmd@gmail.com; Jose Antonio - exphys@aol.com.

REFERENCIAS

1. Institute of Medicine of the National Academies (2002). Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids (macronutrients). Washington, DC, National Academies Press
2. Lemon P. W (2000). Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr.*, 19 (5 Suppl): 513S-521S
3. Joint Position Statement: nutrition and athletic performance (2000). American College of Sports Medicine, American Dietetic Association, and Dietitians of Canada. *Med Sci Sports Exerc*, 32(12):2130-2145
4. Tarnopolsky M (2004). Protein requirements for endurance athletes. *Nutrition*, 20(7-8):662-668
5. Rand W. M., Pellett P. L., Young V. R (2003). Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr*, 77(1):109-127
6. Forslund A. H., El-Khoury A. E., Olsson R. M., Sjodin A. M., Hambraeus L., Young V. R (1999). Effect of protein intake and physical activity on 24-h pattern and rate of macronutrient utilization. *Am J Physiol*, 276(5 Pt 1):E964-76
7. Meredith C. N., Zackin M. J., Frontera W. R., Evans W. J (1989). Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance-trained men. *J Appl Physiol*, 66(6):2850-2856
8. Phillips S. M., Atkinson S. A., Tarnopolsky M. A., MacDougall J. D (1993). Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J Appl Physiol*, 75 (5):2134-2141
9. Lamont L. S., Patel D. G., Kalhan S. C (1990). Leucine kinetics in endurance-trained humans. *J Appl Physiol*, 69 (1):1-6
10. Friedman J. E., Lemon P. W (1989). Effect of chronic endurance exercise on retention of dietary protein. *Int J Sports Med*, 10(2):118-123
11. Tarnopolsky M. A., Atkinson S. A., MacDougall J. D., Chesley A., Phillips S., Schwarcz H. P (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J Appl Physiol*, 73(5):1986-1995
12. Lemon P. W., Tarnopolsky M. A., MacDougall J. D., Atkinson S. A (1992). Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J Appl Physiol*, 73(2):767-775
13. Lemon P. W (1991). Protein and amino acid needs of the strength athlete. *Int J Sport Nutr*, 1(2):127-145
14. Kreider R. B., Almada A. L., Antonio J., Broeder C., Earnest C., Greenwood M., Inledon T., Kalman D. S (2004). Kleiner S. M., Leutholtz B., Lowery L. M., Mendel R., Stout J. R., Willoughby D. S., Ziegenfuss T. N. ISSN Exercise and Sport Nutrition Review. *Research and Recommendations. Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 1(1):1-44
15. Gaine P. C., Pikosky M. A., Martin W. F., Bolster D. R., Maresh C. M., Rodriguez N. R (2006). Level of dietary protein impacts whole body protein turnover in trained males at rest. *Metabolism*, 55(4):501-507
16. Antonio J., Stout J. R (2001). Sports Supplements. Philadelphia, PA. *Lippincott Williams & Wilkins*
17. Rennie M. J., Tipton K. D (2000). Protein and amino acid metabolism during and after exercise and the effects of nutrition. *Annu Rev Nutr*, 20:457-483
18. Lemon P. W (1994). Protein requirements of soccer. *J Sports Sci*, 12 Spec No:S17-22
19. Metges C. C., Barth C. A (2000). Metabolic consequences of a high dietary-protein intake in adulthood: assessment of the available evidence. *J Nutr*, 130(4):886-889
20. Brenner B. M., Meyer T. W., Hostetter T. H (1982). Dietary protein intake and the progressive nature of kidney disease: the role of

- hemodynamically mediated glomerular injury in the pathogenesis of progressive glomerular sclerosis in aging, renal ablation, and intrinsic renal disease. *N Engl J Med*, 307(11):652-659
21. Martin W. F., Armstrong L. E., Rodriguez N. R (2005). Dietary protein intake and renal function. *Nutr Metab (Lond)*, 2:25
 22. Knight E. L., Stampfer M. J., Hankinson S. E., Spiegelman D., Curhan G. C (2003). The impact of protein intake on renal function decline in women with normal renal function or mild renal insufficiency. *Ann Intern Med*, 138(6):460-467
 23. Bedford J. L., Barr S. I (2005). Diets and selected lifestyle practices of selfdefined adult vegetarians from a population-based sample suggest they are more health conscious. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 2(1):4
 24. Blum M., Averbuch M., Wolman Y., Aviram A (1989). Protein intake and kidney function in humans: its effect on normal aging. *Arch Intern Med*, 149(1):211-212
 25. Pecoits-Filho R (2007). Dietary protein intake and kidney disease in Western diet. *Contrib Nephrol*, 155:102-112
 26. Lentine K., Wrone E. M (2004). New insights into protein intake and progression of renal disease. *Curr Opin Nephrol Hypertens*, 13(3):333-336
 27. Ginty F (2003). Dietary protein and bone health. *Proc Nutr Soc*, 62(4):867-876
 28. Dawson-Hughes B., Harris S. S., Rasmussen H., Song L., Dallal G. E (2004). Effect of dietary protein supplements on calcium excretion in healthy older men and women. *J Clin Endocrinol Metab*, 89 (3):1169-1173
 29. Kerstetter J. E., O'Brien K. O., Caseria D. M., Wall D. E., Insogna K. L (2005). The impact of dietary protein on calcium absorption and kinetic measures of bone turnover in women. *J Clin Endocrinol Metab*, 90 (1):26-31
 30. Vicente-Rodriguez G (2006). How does exercise affect bone development during growth?. *Sports Med*, 36(7):561-569
 31. Vicente-Rodriguez G., Ara I., Perez-Gomez J., Dorado C., Calbet J. A (2005). Muscular development and physical activity as major determinants of femoral bone mass acquisition during growth. *Br J Sports Med*, 39(9):611-616
 32. Tipton K. D., Wolfe R. R (2004). Protein and amino acids for athletes. *J Sports Sci*, 22(1):65-79
 33. Tipton K. D., Elliott T. A., Cree M. G., Wolf S. E., Sanford A. P., Wolfe R. R (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 36 (12):2073-2081
 34. Darragh A. J., Hodgkinson S. M (2000). Quantifying the digestibility of dietary protein. *J Nutr*, 130(7):1850S-6S
 35. Boirie Y., Dangin M., Gachon P., Vasson M. P., Maubois J. L., Beaufriere B (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 94(26):14930-14935
 36. Bos C., Metges C. C., Gaudichon C., Petzke K. J., Pueyo M. E., Morens C., Everwand J., Benamouzig R., Tome D (2003). Postprandial kinetics of dietary amino acids are the main determinant of their metabolism after soy or milk protein ingestion in humans. *J Nutr*, 133(5):1308-1315
 37. Dangin M., Boirie Y., Garcia-Rodenas C., Gachon P., Fauquant J., Callier P., Ballevre O., Beaufriere B (2001). The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 280 (2):E340-8
 38. Dangin M., Guillet C., Garcia-Rodenas C., Gachon P., Bouteloup-Demange C., Reiffers-Magnani K., Fauquant J., Ballevre O., Beaufriere B (2003). The rate of protein digestion affects protein gain differently during aging in humans. *J Physiol*, 549 (Pt 2):635-644
 39. Rodriguez N. R., Vislocky L. M., Gaine P. C (2007). Dietary protein, endurance exercise, and human skeletal-muscle protein turnover. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*, 10(1):40-45
 40. Phillips S. M., Parise G., Roy B. D., Tipton K. D., Wolfe R. R., Tamopolsky M. A (2002). Resistance-training-induced adaptations in skeletal muscle protein turnover in the fed state. *Can J Physiol Pharmacol*, 80(11):1045-1053
 41. Rennie M. J., Bohe J., Smith K., Wackerhage H., Greenhaff P (2006). Branched-chain amino acids as fuels and anabolic signals in human muscle. *J Nutr*, 136(1 Suppl):264S-8S
 42. Yang Y., Jemiolo B., Trappe S (2006). Proteolytic mRNA expression in response to acute resistance exercise in human single skeletal muscle fibers. *J Appl Physiol*, 101(5):1442-1450
 43. Biolo G., Maggi S. P., Williams B. D., Tipton K. D., Wolfe R. R (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am J Physiol*, 268(3 Pt 1):E514-20
 44. Biolo G., Tipton K. D., Klein S., Wolfe R. R (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol*, 273(1 Pt 1):E122-9
 45. Willoughby D. S., Stout J. R., Wilborn C. D (2007). Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids*, 32(4):467-477
 46. Cribb P. J., Williams A. D., Stathis C. G., Carey M. F., Hayes A (2007). Effects of whey isolate, creatine, and resistance training on muscle hypertrophy. *Med Sci Sports Exerc*, 39(2):298-307
 47. Tipton K. D., Borsheim E., Wolf S. E., Sanford A. P., Wolfe R. R (2003). Acute response of net muscle protein balance reflects 24-h balance after exercise and amino acid ingestion. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 284(1):E76-89
 48. Esmarck B., Andersen J. L., Olsen S., Richter E. A., Mizuno M., Kjaer M (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol*, 535 (Pt 1):301-311
 49. Tipton K. D., Ferrando A. A., Phillips S. M., Doyle D. Jr., Wolfe R. R (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol*, 276(4 Pt 1):E628-34
 50. Flakoll P. J., Judy T., Flinn K., Carr C., Flinn S (2004). Postexercise protein supplementation improves health and muscle soreness during basic military training in Marine recruits. *J Appl Physiol*, 96(3):951-956
 51. Bounous G., Batist G., Gold P (1989). Immunoenhancing property of dietary whey protein in mice: role of glutathione. *Clin Invest Med*, 12(3):154-161
 52. Bounous G., Kongshavn P. A., Gold P (1988). The immunoenhancing property of dietary whey protein concentrate. *Clin Invest Med*, 11(4):271-278
 53. Mero A (1999). Leucine supplementation and intensive training. *Sports Med*, 27(6):347-358
 54. Kimball S. R., Jefferson L. S (2006). Signaling pathways and molecular mechanisms through which branched-chain amino acids mediate translational control of protein synthesis. *J Nutr*, 136(1 Suppl):227S-31S

55. Louard R. J., Barrett E. J., Gelfand R. A (1990). Effect of infused branched-chain amino acids on muscle and whole-body amino acid metabolism in man. *Clin Sci (Lond)*, 79(5):457-466
56. Blomstrand E., Eliasson J., Karlsson H. K., Kohnke R (2006). Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *J Nutr*, 136(1 Suppl):269S-73S
57. Koopman R., Wagenmakers A. J., Manders R. J., Zorenc A. H., Senden J. M., Gorselink M., Keizer H. A., van Loon L. J (2005). Combined ingestion of protein and free leucine with carbohydrate increases postexercise muscle protein synthesis in vivo in male subjects. *Am J Physiol Endocrinol Metab*, 288(4):E645-53
58. Blomstrand E., Newsholme E. A (1992). Effect of branched-chain amino acid supplementation on the exercise-induced change in aromatic amino acid concentration in human muscle. *Acta Physiol Scand*, 146(3):293-298
59. Blomstrand E., Ek S., Newsholme E. A (1996). Influence of ingesting a solution of branched-chain amino acids on plasma and muscle concentrations of amino acids during prolonged submaximal exercise. *Nutrition*, 12(7-8):485-490
60. Blomstrand E., Hassmen P., Ekblom B., Newsholme E. A (1991). Administration of branched-chain amino acids during sustained exercise--effects on performance and on plasma concentration of some amino acids. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 63(2):83-88
61. Blomstrand E (2006). A role for branched-chain amino acids in reducing central fatigue. *J Nutr*, 136(2):544S-547S
62. Newsholme E. A., Blomstrand E., Ekblom B (1992). Physical and mental fatigue: metabolic mechanisms and importance of plasma amino acids. *Br Med Bull*, 48(3):477-495
63. Pitkanen H. T., Oja S. S., Rusko H., Nummela A., Komi P. V., Saransaari P., Takala T., Mero A. A (2003). Leucine supplementation does not enhance acute strength or running performance but affects serum amino acid concentration. *Amino Acids*, 25(1):85-94
64. Shimomura Y., Murakami T., Nakai N., Nagasaki M., Harris R. A (2004). Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J Nutr*, 134(6 Suppl):1583S-1587S

Cita Original

Campbell Bill, Richard B Kreider, Tim Ziegenfuss, Paul La Bounty, Mike Roberts, Darren Burke, Jamie Landis, Hector Lopez and Jose Antonio. International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J. Int. Soc. Sports Nutr.*, 4:8, 2007.