

Monograph

Suplementación para Atletas de Fuerza-Potencia

Colin Wilborn², Bill Campbell¹ y Paul La Bounty³

¹*School of Physical Education and Exercise Science, University of South Florida, Tampa, Florida.*

²*College of Education, University of Mary Hardin-Baylor, Belton, Texas.*

³*School of Education, Baylor University, Waco, Texas.*

RESUMEN

Los atletas de fuerza-potencia aumentan su rendimiento de ejercicio principalmente mejorando las habilidades específicas de su deporte. Además, el rendimiento del ejercicio mejorarse a través del incremento en la fuerza, la masa muscular y el rendimiento anaeróbico. Se ha documentado que varios suplementos deportivos mejoran estos atributos, incluyendo el monohidrato de creatina, la β -alanina, el β -hidroxi- β -metilbutirato y las proteínas.

Palabras Clave: nutrición deportiva, suplementación deportiva, HMB, beta alanina, proteína

INTRODUCCION

Existen varias formas en las que los atletas de fuerza-potencia pueden mejorar su rendimiento anaeróbico. La principal manera de mejorar el rendimiento es mejorando las habilidades relativas a sus respectivos deportes. Además, los incrementos en la masa muscular, la fuerza muscular, la potencia muscular y el tiempo de reacción están correlacionados con la mejora en el rendimiento de ejercicio. Se comercializan muchos suplementos deportivos para los atletas que desean mejorar la fuerza muscular, la potencia y la composición corporal. La siguiente revisión intenta volver a centrar la atención en esas ayudas ergogénicas nutricionales que están respaldadas por la literatura científica a fin de mejorar el rendimiento deportivo. Además, todos los suplementos deportivos que se discuten en el presente artículo, según la literatura citada, parecen ser seguros si los ingieren individuos en buen estado de salud durante períodos breves. En este artículo se analizarán cuatro suplementos deportivos: el monohidrato de creatina, la β -alanina, el β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB), y las proteínas (Tabla 1).

De estos cuatro suplementos, se ha demostrado en cientos de investigaciones científicas que la creatina beneficia el rendimiento anaeróbico. La β -alanina es el suplemento deportivo más nuevo que se ha investigado clínicamente y que puede demostrar ser beneficioso para el rendimiento anaeróbico. Se ha reportado que el HMB incrementa la fuerza y la masa magra corporal (más probablemente a través de su potencial anti-catabólico), aunque estos hallazgos sólo se han observado en poblaciones sin entrenamiento. Por último, la proteína es esencial para promover un balance proteico neto positivo junto con el ejercicio con sobrecarga. Para cada uno de los suplementos deportivos mencionados, se ha hecho un esfuerzo por resaltar sólo aquellos estudios que se han llevado a cabo con seres humanos, con los resultados principales relacionados con mejoras en la composición corporal, la fuerza muscular, la potencia muscular o el rendimiento durante ejercicios anaeróbicos.

Los suplementos se discuten por orden alfabético. Es importante advertir que si bien este artículo se enfoca en los suplementos deportivos, no es intención de los autores transmitir que los suplementos dietarios sean el objetivo principal

del consumo de nutrientes. En cambio, se supone que el consumidor final de esta información cumple con un programa nutricional saludable y que la suplementación por naturaleza se agregará al régimen dietario que tenga el atleta.

B-ALANINA

Marco Teórico de la Suplementación β -Alanina

En comparación con los otros suplementos deportivos investigados clínicamente analizados en este artículo, la beta alanina posee la menor cantidad de investigaciones clínicas que demuestran su efectividad. En parte, la falta de investigación científica está relacionada con el hecho de que esta suplementación se ha introducido recientemente, y la mayoría de los artículos publicados se realizaron en el término de los últimos 3 años (21-24, 29, 52, 56-58, 69). La suplementación con β -alanina tiene el objetivo principal de incrementar la concentración intramuscular de carnosina a través del control enzimático de carnosina sintetasa (Figura 1). La carnosina es un *dipéptido* compuesto por β -alanina e histidina y se ha demostrado que amortigua el pH (1), funciona como antioxidante (4) y regula la contractilidad muscular, ejerciendo efectos sobre el acoplamiento excitación-contracción (1). De entre los beneficios de incrementar los niveles intramusculares de carnosina, el incremento en la capacidad para amortiguar el pH presenta el mayor potencial para mejorar el rendimiento durante ejercicios anaeróbicos.

Para obtener los beneficios mencionados de la carnosina, parecería lógico simplemente ingerir un suplemento de carnosina. Sin embargo, cuando los seres humanos la consumen por vía oral, la carnosina se hidroliza rápidamente en el *plasma sanguíneo por medio de la enzima carnosinasa*. La ingesta independiente de β -alanina e histidina permite que estas 2 moléculas sean transportadas hacia el músculo esquelético y sean re-sintetizadas en carnosina. Al parecer, la β -alanina es el aminoácido que más influye en los niveles de carnosina intramuscular (12). De hecho, se ha demostrado que 28 días de suplementación con β -alanina en una dosis de 4 a 6 gr por día dieron como resultado un incremento en los niveles intramusculares de carnosina de alrededor del 60% (6, 19).

Suplementación deportiva	Beneficio principal
B-alanina	Incrementa los niveles de carnosina intramuscular
	Amortigua el pH
	Permite incrementar el volumen de entrenamiento y el trabajo total en series repetidas
	Puede mejorar el rendimiento durante ciclismo de alta intensidad
Creatina	Incremento de la fuerza
	Incremento de la Masa muscular
	Mejora el rendimiento durante ejercicios anaeróbicos
HMB	Actúa como anti-catabólico
	Evita el daño muscular
	Puede incrementar la masa muscular y la fuerza en los sujetos sin entrenamiento
Proteína	Incrementa los índices de síntesis proteica
	Mejora el balance proteico neto después del ejercicio con sobrecarga
	Ayuda en la recuperación del ejercicio

Tabla 1. Suplementos más comunes entre los atletas de fuerza-potencia. HMB = β -hydroxy β -metilbutirato.

Protocolos de Dosificación de β -Alanina

Como se estableció anteriormente, son pocos los estudios clínicos que han utilizado la suplementación con β -alanina para valorar sus efectos sobre rendimiento durante la realización de ejercicios. Por lo tanto, las dosis recomendadas sólo pueden basarse en lo que la mayoría de estos estudios han reportado. Sobre una base total de gramos por día, la ingesta de β -alanina ha variado de 2.4 a 6.4 gr por día (22-24, 29, 52, 56-58, 69). En la mayoría de estos estudios, la cantidad total diaria de ingesta de β -alanina se dividió en 2 a 8 dosis más pequeñas, siendo la más común 4 dosis iguales de 1.6 gr (57, 58, 69). Debido a que existen relativamente pocas investigaciones que reporten diferentes ingestas de β -alanina, es

necesario que se realicen más investigaciones para determinar la dosificación óptima de β -alanina.

β -Alanina y Rendimiento

En relación con el rendimiento durante ejercicios anaeróbicos, se han llevado a cabo varios estudios que han investigado los beneficios potenciales de la suplementación con β -alanina. En un estudio llevado a cabo por Hoffman et al. (23), jugadores de fútbol universitario ingirieron 4.5 gr de β -alanina o placebo utilizando un diseño experimental aleatorio, doble ciego, durante 30 días. La suplementación con β -alanina comenzó 3 semanas antes del campamento de entrenamiento de pre-temporada y continuó por 9 días más durante el campamento de entrenamiento. Las mediciones del rendimiento anaeróbico incluyeron un test de potencia anaeróbica de Wingate de 60 segundos y 3 ejercicios lineales (carreras lanzadas de 200 yardas con un descanso de 2 minutos entre los sprints) y se llevaron a cabo durante el primer día del campamento de entrenamiento. Además, también se evaluaron los diarios de entrenamiento (documentando los volúmenes de entrenamiento con sobrecarga) y se implementaron cuestionarios para valorar la sensación subjetiva de dolor, fatiga e intensidad de la práctica.

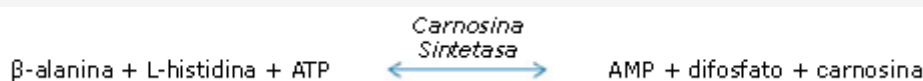


Figura 1. La síntesis de la carnosina a partir de β -alanina e histidina.

Al final del período de investigación de 30 días, no se observaron diferencias en el índice de fatiga durante el ejercicio lineal pero sí una tendencia estadística ($p = 0.07$) hacia un índice de fatiga más bajo en aquellos sujetos que ingirieron β -alanina durante el test de potencia anaeróbica de Wingate. Se reportaron volúmenes de entrenamiento significativamente más elevados en el ejercicio de press de banca para los sujetos que consumieron β -alanina, y se reportó una tendencia estadística ($p = 0.09$) hacia un volumen de entrenamiento mayor para todas las sesiones de ejercicios con sobrecarga en el grupo que consumió β -alanina. Por último, la sensación subjetiva de fatiga fue significativamente menor para el grupo que consumió β -alanina que para el grupo placebo. Los resultados de este estudio parecen indicar que 30 días de ingesta de β -alanina no mejoraron significativamente el rendimiento anaeróbico pero sí tuvieron un efecto positivo sobre el volumen de entrenamiento y sobre una menor sensación subjetiva de fatiga.

En otro estudio (29), se evaluó la fuerza muscular corporal total y los cambios en la composición corporal después de 10 semanas de un programa de entrenamiento con sobrecarga (4 días por semana, que consistieron de 2 sesiones en las que predominaron los ejercicios para el tren superior y 2 sesiones en las que predominaron los ejercicios para el tren inferior) y suplementación con β -alanina en una dosis de 6.4 gr por día. Los participantes fueron 26 estudiantes vietnamitas masculinos en buen estado de salud y sin experiencia en el entrenamiento con sobrecarga (edad promedio de 21 años) que no se encontraban involucrados en ningún programa de entrenamiento de la fuerza. Los autores reportaron que no hubo diferencias significativas entre el grupo que consumió β -alanina (ingiriendo 6.4 gr por día) y el grupo placebo respecto de la fuerza corporal total y las mediciones de la composición corporal después de 10 semanas de suplementación.

En contraste, otro estudio (22) reportó mejoras significativas en un test de capacidad de pedaleo a alta intensidad después de la suplementación con β -alanina. Ocho hombres físicamente activos consumieron una suplementación con β -alanina o placebo (en un diseño doble ciego) durante un total de 10 semanas. La dosificación de β -alanina comenzó con 4 gr por día en la semana 1 y progresó a 6.4 gr por día en la semana 10. El rendimiento anaeróbico se evaluó mediante el total del trabajo realizado en un cicloergómetro a una intensidad de 110% de la producción máxima de potencia del sujeto (definida como la producción máxima de potencia promediada durante un periodo de 60 segundos, en general durante los últimos 75 segundos del test de ciclismo) y se llevó a cabo antes de la suplementación y al término del período de suplementación de 10 semanas. Al final del estudio de 10 semanas, se reportó que aquellos sujetos que ingirieron β -alanina exhibieron un incremento significativo, de aproximadamente un 80%, en los niveles musculares de carnosina. En el grupo de control no se advirtió ningún incremento. En términos del test de ciclismo de alta intensidad, se reportó que el trabajo total realizado mejoró significativamente (+16%) en el grupo que consumió β -alanina, sin cambios en el rendimiento del grupo de control.

CREATINA

Marco Teórico de la Suplementación con Creatina

Actualmente la creatina es el suplemento de referencia (*Gold Standard*) contra el cual se comparan otros suplementos nutricionales para los atletas de fuerza y potencia. De hecho, según la declaración de posición publicada por la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (*International Society of Sports Nutrition*), el monohidrato de creatina es el suplemento nutricional ergogénico más efectivo del que disponen actualmente los atletas en lo que respecta a incrementar la capacidad para el ejercicio de alta intensidad y la masa magra corporal durante el entrenamiento (6). Esto mejora muchos aspectos del rendimiento anaeróbico, incluyendo la fuerza, la potencia, el rendimiento de esprint y/o el trabajo realizado durante múltiples series de contracciones musculares máximas (34).

Una mayor disponibilidad dietaria de creatina sirve para incrementar la creatina intramuscular total y la concentración de fosfocreatina (16, 17, 20, 25) (Figura 2). Además, la disponibilidad de creatina y fosfocreatina cumple la significativa función de contribuir al metabolismo energético, particularmente durante el ejercicio intenso (34). En teoría, mejorar la disponibilidad de fosfocreatina muscular mejoraría la bioenergética celular del sistema de los fosfágenos que está involucrado en el rendimiento durante ejercicios de alta intensidad (34).

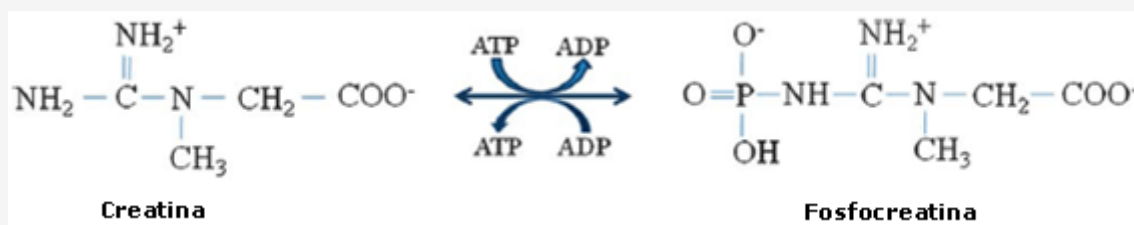


Figura 2. Síntesis de fosfocreatina a partir de creatina y trifosfato de adenosina (ATP).

En la actualidad, se han llevado a cabo varios cientos de estudios de investigación para evaluar la eficacia de la suplementación con creatina y, de estos estudios, casi el 70% ha reportado una mejora significativa en la capacidad de ejercicio (34). No obstante, no todas las investigaciones reportan resultados ergogénicos provenientes de la suplementación con creatina (54). Cuando no se observan mejoras en la capacidad de ejercicio, la explicación posible es que se debe a la carencia de un incremento en el contenido de creatina en los músculos esqueléticos (6, 16). Los estudios que reportan mejoras en el rendimiento de ejercicio comúnmente reportan una relación con este incremento (6, 16).

En el mercado existen muchas formas de creatina (13, 18, 37, 44, 49), incluyendo el monohidrato de creatina, el anhídrido de creatina, el fosfato de creatina, la creatina efervescente, la creatina etil-éster, la creatina en suero y la creatina de magnesio. Según estudios publicados, las diferentes formas de creatina no parecen ofrecer más ventajas cuando se las compara con el monohidrato de creatina tradicional en cuanto a incrementar la fuerza o el rendimiento (13, 18, 37, 44, 49). Otro factor con relación a las diferentes formulaciones de la creatina es el costo. Muchas de las formulaciones no tradicionales de creatina (e.g., la creatina etil-éster, la creatina efervescente, etc.) tienen elevados niveles de precio. En contraste, el polvo de monohidrato de creatina es mucho más favorable desde una perspectiva económica.

Protocolos de Dosificación de Creatina

Varios protocolos de suplementación han demostrado efectividad para incrementar las reservas musculares de creatina (7, 15). El protocolo de suplementación que en general se describe divide el patrón de dosificación en dos fases: una fase de carga y una fase de mantenimiento. Una fase de carga típica consiste en la ingesta de 20 gr de creatina ($\sim 0.3 \text{ gr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) en 4 dosis iguales por día durante 5 días aproximadamente. Después de la fase de carga, en general se recomienda una dosis de mantenimiento de 2 a 5 gr diarios ($\sim 0.03 \text{ gr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) durante varias semanas y hasta meses. Este tipo de protocolo de dosificación (es decir, carga) da como resultado un mayor índice de saturación de creatina intramuscular. Hultman et al. (25) han propuesto una alternativa a este protocolo de dos fases. Este protocolo sugiere la ingesta de creatina en una dosis de 3 gr por día durante un período de entrenamiento extenso de al menos 4 semanas. Mientras que este protocolo da como resultado un índice de incremento más lento de creatina intramuscular cuando se lo compara con el protocolo de carga, se ha demostrado que los niveles de creatina alcanzan niveles similares a los del protocolo de carga después de 4 semanas

(25).

Creatina y Rendimiento

Una gran cantidad de evidencia respalda los efectos de la ingesta de creatina para mejorar el rendimiento. Por ejemplo, las adaptaciones a corto plazo (en general después de 5 días de ingesta de creatina) incluyen un incremento en la potencia de pedaleo y trabajo total realizado tanto en el press de banca como en el salto desde sentadilla (6, 45, 50, 59, 65, 68).

Las adaptaciones a largo plazo (en general de varias semanas a varios meses de ingesta de creatina), cuando se combina la suplementación con creatina con el entrenamiento, incluyen el incremento en los niveles musculares de creatina y en la concentración de PCr, en la masa corporal magra, la fuerza, el rendimiento de esprint, la potencia, la tasa de desarrollo de la fuerza y el diámetro muscular (6, 36, 62, 64). A lo largo de varias semanas o meses de entrenamiento, los sujetos que ingieren monohidrato de creatina en general ganan el doble de masa corporal y/o masa libre de grasa (es decir, 2 a 4 libras más de masa muscular durante 4-12 semanas de entrenamiento) que los sujetos que ingieren placebo (6, 31, 41). Las ganancias en la masa muscular parecen ser el resultado de una capacidad mejorada para realizar ejercicios de alta intensidad a través de una disponibilidad mayor de PCr y una mejor síntesis de ATP, permitiendo así que un atleta logre un estímulo de entrenamiento mayor y promueva una hipertrofia muscular mayor por medio del incremento en la expresión de cadenas pesadas de miosina a causa de un aumento en los factores miogénicos reguladores, la miogenina y el MRF-4 (6, 66, 67).

Algunos han criticado la investigación previa sobre la creatina, como señaló Kreider (34) en su revisión sobre creatina, sugiriendo que aunque se hayan observado ganancias en el rendimiento en el marco controlado de un laboratorio, quedaba menos claro que estos cambios mejoren el rendimiento deportivo en el campo (28, 39). Después de estas críticas, una cantidad de estudios han intentado evaluar los efectos de la suplementación con creatina en atletas universitarios de alto nivel, como también sobre el rendimiento de los atletas en el campo. Los resultados publicados han reportado que la suplementación con creatina mejoró el rendimiento de los atletas de fuerza-potencia que participan en deportes tales como fútbol (55), hockey sobre hielo (26) y squash (48). La cantidad de estudios clínicos realizados que demostraron resultados positivos de la suplementación con creatina indica que es el suplemento nutricional más efectivo del que los atletas de fuerza-potencia pueden disponer en la actualidad.

B-HIDROXI-B-METILBUTIRATO

Marco Teórico de la Suplementación con β -Hidroxi- β -Metilbutirato

El HMB es un metabolito del aminoácido de cadena ramificada leucina y a menudo se lo asocia con un potencial anti-catabólico o la capacidad de preservar o minimizar la pérdida de tejido muscular. El mecanismo de acción probable para el potencial anti-catabólico del HMB es la inhibición de la expresión incrementada de la vía de ubiquitin-proteosoma (53). Prevenir la degradación del músculo esquelético que se produce con el entrenamiento intenso puede preservar la masa magra corporal, lo cual puede permitir entrenar a una mayor intensidad a la vez que, teóricamente, se mantienen las ganancias de fuerza acumuladas.

Nissen et al. (40) llevaron a cabo un estudio de investigación original que resaltaba el potencial anti-catabólico del HMB. En su investigación, los sujetos no entrenados ingirieron 0, 1.5, o 3 gr de HMB por día (correspondiendo a una dosis relativa de aproximadamente 0.02 a $0.04 \text{ gr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) y 1 de 2 niveles de proteína (117 o 175 gr por día), y llevaron a cabo un programa de entrenamiento con sobrecarga 3 días por semana durante 3 semanas. La degradación de proteínas se evaluó midiendo la concentración de 3-metil-histidina en orina (3-MH). Después de la primera semana de entrenamiento y suplementación con HMB, la 3-MH urinaria se incrementó en alrededor de un 94% en el grupo de control y en aproximadamente un 85 y 50% en aquellos individuos que ingirieron 1.5 y 3 gr. de HMB por día, respectivamente. Durante la segunda semana de investigación, los niveles de 3-MH aún se encontraban elevados un 27% en el grupo de control pero estaban 4 y 15% por debajo de los niveles basales para los grupos que consumieron 1.5 y 3 gr de HMB por día, respectivamente. Interesantemente, las mediciones de 3-MH al final de la tercera semana del entrenamiento con sobrecarga no fueron significativamente diferentes entre los grupos (8, 40).

Otros estudios también han reportado el efecto anti-catabólico del HMB y su capacidad para evitar el daño muscular (32, 63). Dado que estos estudios utilizaron participantes desentrenados, es importante mencionar los estudios de investigación llevados a cabo con esta población en relación con la degradación de proteínas. Phillips et al. (44) compararon hombres entrenados con sobrecarga y hombres que no estaban entrenados en relación con la síntesis y la degradación proteica después de una serie aguda de ejercicios con sobrecarga para las extremidades inferiores (flexión de rodilla a una sola

pierna). Después de 10 series (8 repeticiones por serie) de flexión de rodilla a una sola pierna al 120% de la fuerza en una repetición máxima a una sola pierna de los sujetos, se reportó que la síntesis proteica fue significativamente mayor en ambos grupos. La degradación de las proteínas músculo esqueléticas, sin embargo, fue significativamente mayor sólo en el grupo de sujetos desentrenados. Teniendo en cuenta los beneficios percibidos de la suplementación con HMB (potencial anti-catabólico) junto con los hallazgos reportados en el estudio de Nissen (incremento en la degradación de las proteínas en el grupo no entrenado), se justifica recomendar el HMB a los individuos no entrenados o a aquellos que inician un programa de entrenamiento con sobrecarga a fin de prevenir el incremento de la tasa de degradación proteica.

Protocolos de Dosificación del β -hidroxi- β -metilbutirato

Existe una dosis sistemática de ingesta de HMB en pruebas con seres humanos que investigan los cambios en el rendimiento, el potencial anti-catabólico y la masa magra corporal. En casi todos los estudios publicados con relación a la suplementación con HMB y los resultados de ejercicio/composición corporal, se ingirieron de 3 a 6 gr por día (14, 27, 32, 35, 51, 63). Tres gramos por día (a menudo divididos en varias dosis) es la dosis más común utilizada en estos estudios.

β -hidroxi- β -metilbutirato y Masa Magra Corporal

¿Es posible que los efectos anti-catabólicos del HMB puedan llevar a lograr ganancias en la masa magra corporal? Desafortunadamente, la literatura científica publicada sobre este tema es controversial. En una segunda sección del estudio llevado a cabo por Nissen et al. (40), los hombres desentrenados ingirieron 3 gr de HMB (aproximadamente $0.04 \text{ gr}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{d}^{-1}$) o placebo durante 7 semanas conjuntamente con un programa de entrenamiento con sobrecarga consistente en 6 sesiones semanales. En este estudio, el grupo suplementado con HMB exhibió un incremento en la masa libre de grasa en diversos puntos del período de investigación pero no al final del período de 7 semanas. Por otro lado, los estudios que han utilizado programas de entrenamiento y dosis de HMB ($3 \text{ gr}\cdot\text{d}^{-1}$) similares han documentado que la ingesta de HMB incrementa la masa magra corporal (14, 27).

No obstante, no todos los estudios publicados concuerdan con los hallazgos en relación al incremento de la masa magra corporal (35, 42, 51). Todos estos estudios que no mostraron un incremento en la masa magra corporal después de la suplementación con HMB utilizaron aproximadamente la misma cantidad de HMB (alrededor de 3 gr por día) que aquellos estudios que demostraron incrementos en la masa magra corporal.

Además, en los estudios de HMB que reclutaron atletas entrenados en la fuerza o altamente entrenados (35, 42, 51), hay reportes constantes de que no se observan cambios favorables en relación a la fuerza y la composición corporal (35, 42, 47, 51). En contraste, los incrementos en la masa libre de grasa se reportan cuando se estudia a sujetos desentrenados. Teniendo en cuenta estos hallazgos, al parecer la suplementación con HMB puede ser beneficiosa (con relación al incremento de la masa magra corporal) para los individuos que inician un programa de entrenamiento de fuerza, pero no para los atletas con experiencia en el entrenamiento de la fuerza.

PROTEINAS

Marco Teórico de la Suplementación con Proteínas

Para el atleta de fuerza-potencia, el valor de la proteína suplementaria es su función en la síntesis proteica y el incremento de masa muscular (en conjunto con un programa de entrenamiento con sobrecarga periodizado). El consumo de proteínas es necesario no sólo para la hipertrofia del músculo esquelético sino también para reparar las células y tejidos dañados a causa del entrenamiento intenso. Lo fundamental del estudio de la síntesis proteica es el consumo de energía y el balance proteico neto. El balance neto de proteínas es la relación entre la síntesis y la degradación de proteínas musculares (2). Para que se produzca la hipertrofia del músculo esquelético, debe existir un consumo energético adecuado (las reacciones anabólicas son endergónicas y por lo tanto requieren del consumo de energía adecuado) y el balance proteico neto debe ser positivo (la síntesis debe exceder la degradación), lo que significa que debe ingerirse una cantidad de proteínas adecuada por día (y de comida en comida). Para el atleta de fuerza-potencia, se debe hacer frente a 2 cuestiones relacionadas con la ingesta de proteínas:

- La cantidad de proteínas necesarias para mejorar las adaptaciones al entrenamiento.
- Los tipos de proteína a ser ingeridos.

Ingesta Recomendada de Proteínas

Deben tenerse en cuenta muchos factores a la hora de determinar la cantidad de proteína dietaria óptima para individuos

que realizan ejercicios. Estos factores incluyen la calidad de la proteína, el consumo energético, el consumo de carbohidratos, la modalidad e intensidad del ejercicio y el momento elegido para la ingesta de proteínas (9). Las recomendaciones para la ingesta de proteínas están basadas en la valoración del balance nitrogenado y en los resultados de los estudios que han utilizado trazadores isotópicos (46). La técnica para la valoración del balance nitrogenado incluye la cuantificación de la cantidad total de proteína dietaria que ingresa al cuerpo y la cantidad total de nitrógeno que se excreta (46). Los estudios que utilizan la valoración del balance nitrogenado pueden subestimar la cantidad de proteína requerida para las adaptaciones óptimas al entrenamiento porque estos estudios no se relacionan directamente con el rendimiento del ejercicio. Asimismo, es posible que la ingesta de proteínas por encima de esos niveles considerados necesarios por los estudios que valoran el equilibrio nitrogenado puedan mejorar el rendimiento del ejercicio mejorando la utilización de la energía o estimulando incrementos en la masa libre de grasa en los individuos que realizan ejercicios (38). La Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (*International Society of Sports Nutrition*) recomienda que los individuos que realizan ejercicios ingieran proteínas dentro de un rango de 1.4 a 2.0 gr por kg de masa corporal por día (9). De manera más específica, los individuos que realizan ejercicios de resistencia deberían tener una ingesta dentro de los niveles más bajos de este rango; no obstante, los que realizan ejercicios de fuerza/potencia deberían tener una ingesta dentro de los niveles superiores de este rango (9).

Tipos de Proteínas

Se recomienda que los atletas de fuerza-potencia obtengan sus requerimientos proteicos a través de comidas completas. Sin embargo, muchos atletas eligen obtener una porción de su ingesta de proteínas a partir de suplementaciones tales como:

- Proteínas en polvo
- Bebidas para el reemplazo de comidas
- Barras energéticas altas en proteína

Las razones para suplementar la dieta con suplementos proteicos incluyen la conveniencia, la simplicidad y el hecho de que los suplementos proteicos también tienen otros beneficios tales como una vida de almacenamiento mayor que las fuentes de comidas completas, además de tener un costo más conveniente en muchos casos. Asimismo, los avances en la tecnología de procesamiento de alimentos han permitido el aislamiento de proteínas de muy alta calidad que provienen tanto de fuentes animales como vegetales.

Dos de los tipos de proteínas más populares en forma de suplemento son el suero y la caseína. Investigaciones recientes han analizado las respuestas de los aminoácidos séricos ante la ingesta de diferentes tipos de proteínas. Utilizando la metodología de trazadores isotópicos, se demostró que la proteína de suero genera un rápido y agudo incremento en la concentración plasmática de aminoácidos después de la ingesta, y en contraste, el consumo de caseína induce a un incremento moderado y prolongado en los aminoácidos plasmáticos que se sostuvo a lo largo de un período postprandial de 7 horas (3). Las diferencias en la digestibilidad y absorción de estos tipos de proteína pueden indicar que la ingesta de proteínas “lentas” (caseína) y “rápidas” (suero) interviene de manera diferencial en el metabolismo de las proteínas corporales totales debido a sus propiedades digestivas (3). Otros estudios han mostrado diferencias similares en el nivel plasmático pico de aminoácidos después de la ingesta de fracciones de suero y caseína (e.g., fracciones de suero que llegan al pico antes que las fracciones de caseína) (5, 10). Aunque la digestibilidad y absorción del suero y la caseína difieren, se ha reportado que ambos tipos de proteínas incrementan la respuesta anabólica ante el estímulo de un ejercicio (60, 61).

A fin de destacar las aplicaciones prácticas de la suplementación con proteínas, Kerksick et al. (30) examinaron los efectos de la suplementación con proteínas de suero sobre la composición corporal y la fuerza muscular (además de otras variables) durante 10 semanas de entrenamiento con sobrecarga. Treinta y seis hombres entrenados en la fuerza siguieron un programa de entrenamiento con sobrecarga de 4 días por semana durante 10 semanas e ingirieron 1 de 3 suplementos (con un diseño experimental doble ciego):

- Placebo de carbohidratos (48 gr por día)
- 40 gr de proteína de suero más 8 gr de caseína por día
- 40 gr de proteína de suero más 3 gr de BCAA y 5 gr de glutamina por día

Al final de la intervención de 10 semanas, se observaron incrementos significativos en la fuerza (medida por medio de 1 RM en los ejercicios de press de banca y prensa de piernas) en todos los grupos. Sin embargo, el grupo que consumió suero más caseína (+1.9 kg) experimentó incrementos significativamente mayores en la masa magra en comparación con el grupo que consumió el placebo de carbohidratos (0 kg) y el grupo que consumió suero-BCAA-glutamina (20.1 kg).

Otras consideraciones importantes con relación al consumo de proteínas son el contenido de leucina y el momento elegido para el consumo de proteínas. Se ha demostrado que el aminoácido de cadena ramificada leucina incrementa la síntesis proteica (11, 33). La proteína de suero contiene un suministro abundante de aminoácidos de cadena ramificada

(incluyendo la leucina), que en parte explica su capacidad para mejorar de manera sistemática la síntesis proteica. Con relación al momento elegido para la proteína, un régimen de consumo de proteínas planeado de manera estratégica junto a una sesión de entrenamiento con sobrecarga es fundamental para promover la hipertrofia muscular (8, 60, 61). En conclusión, la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva recomienda que se ingieran suplementos de proteína de suero, tratando de asegurar que el suplemento contenga ambos componentes, suero y caseína, debido a sus capacidades de incrementar la acreción de proteína muscular (9).

APLICACIONES PRACTICAS

El atleta de fuerza y potencia tiene necesidades nutricionales claras. La base de las necesidades nutricionales de un atleta es una dieta bien equilibrada y una hidratación adecuada. No obstante, a fin de elevar al máximo el potencial, el atleta de fuerza debería sacar ventaja de los suplementos deportivos que tienen una sólida base científica. La primera necesidad es la ingesta adecuada de proteínas. Si bien existe un gran debate sobre cuáles son exactamente esas necesidades, es evidente que para respaldar la síntesis proteica y el aumento de la masa muscular, el atleta de fuerza necesita una ingesta adicional de proteínas. Además, se ha demostrado que la creatina incrementa la fuerza, la masa muscular, la potencia anaeróbica y la resistencia. La creatina es uno de los suplementos deportivos investigados de manera más rigurosa, y los resultados positivos asociados con su uso tienen poco o ningún efecto secundario. Otros dos suplementos potencialmente ventajosos son el HMB y la β -alanina. El HMB puede ahorrar proteína generando propiedades anti-catabólicas. La β -alanina puede ayudar al atleta de fuerza en primer lugar como amortiguador del pH, aunque es necesario que se realicen más investigaciones sobre este suplemento deportivo en particular antes de poder sacar conclusiones definitivas.

REFERENCIAS

1. Begum G, Cunliffe A, and Leveritt M (2005). Physiological role of carnosine in contracting muscle. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 15: 493-514
2. Biolo G, Maggi SP, Williams BD, Tipton KD, and Wolfe RR (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am J Physiol* 268(pt 1): E514-E520
3. Boirie Y, Dangin M, Gachon P, Vasson MP, Maubois JL, and Beaufriere B (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc Natl Acad Sci USA* 94: 14930-14935
4. Boldyrev AA, Dupin AM, Bunin AYa, Babizhaev MA, and Severin SE (1987). The antioxidative properties of carnosine, a natural histidine containing dipeptide. *Biochem Int* 15: 1105-1113
5. Bos C, Metges CC, Gaudichon C, Petzke KJ, Pueyo ME, Morens C, Everwand J, Benamouzig R, and 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: 1308-1315
6. Buford TW, Kreider RB, Stout JR, Greenwood M, Campbell B, Spano M, Ziegenfuss T, Lopez H, Landis J, and Antonio J. (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: creatine supplementation and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 4: 6
7. Burke DG, Smith-Palmer T, Holt LE (2001). Head B, and Chilibeck PD. The effect of 7 days of creatine supplementation on 24-hour urinary creatine excretion. *J Strength Cond Res* 15: 59-62
8. Campbell B (2008). Nutritional supplements in sports and exercise. *Greenwood M, Kalman DS, and Antonio J, eds. Totowa, NJ: Humana Press*
9. Campbell B, Kreider RB, Ziegenfuss T, La Bounty P, Roberts M, Burke D, Landis J, Lopez H, and Antonio J (2007). International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. *J Int Soc Sports Nutr* 4: 8
10. Dangin M, Boirie Y, Garcia-Rodenas C, Gachon P, Fauquant J, Callier P, Balleve O, and Beaufriere B (2001). The digestion rate of protein is an independent regulating factor of postprandial protein retention. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 280: E340-E348
11. Dreyer HC, Drummond MJ, Pennings B, Fujita S, Glynn EL, Chinkes DL, Dhanani S, Volpi E, and Rasmussen BB (2008). Leucine-enriched essential amino acid and carbohydrate ingestion following resistance exercise enhances mTOR signaling and protein synthesis in human muscle. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 294: E392-E400
12. Dunnett M and Harris RC (1999). Influence of oral beta-alanine and L-histidine supplementation on the carnosine content of the gluteus medius. *Equine Vet J Suppl* 30: 499-504
13. Falk DJ, Heelan KA, Thyfault JP, and Koch AJ (2003). Effects of effervescent creatine, ribose, and glutamine supplementation on muscular strength, muscular endurance, and body composition. *J Strength Cond Res* 17: 810-816
14. Gallagher PM, Carrithers JA, Godard MP, Schulze KE, and Trappe SW (2000). Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate ingestion, Part I: effects on strength and fat free mass. *Med Sci Sports Exerc* 32: 2109-2115
15. Greenhaff (2001). Muscle creatine loading in humans: procedures and functional and metabolic effects. Presented at: 6th International Conference on Guanidino Compounds in Biology and Medicine. *September 1, Cincinnati, OH*

16. Greenhaff PL, Bodin K, Soderlund K, and Hultman E (1994). Effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle phosphocreatine resynthesis. *Am J Physiol* 266: E725-E730
17. Greenhaff PL, Constantin-Teodosiu D, Casey A, and Hultman E (1994). The effect of oral creatine supplementation on skeletal muscle ATP degradation during repeated bouts of maximal voluntary exercise in man. *J Physiol* 476: 84P
18. Greenwood M, Kreider R, Earnest C, Rassmussen C, and Almada A (2003). Differences in creatine retention among three nutritional formulations of oral creatine supplements. *J Exerc Physiol Online* 6: 37-43
19. Harris RC, Hill CA, Kim HJ, Bobbis L, Sale C, Harris DB, and Wise JA (2005). Beta-alanine supplementation for 10 weeks significantly increased muscle carnosine levels. *FASEB J* 19: A1125
20. Harris RC, Soderlund K, and Hultman E (1992). Elevation of creatine in resting and exercised muscle of normal subjects by creatine supplementation. *Clin Sci (Colch)* 83: 367-374
21. Harris RC, Tallon MJ, Dunnett M, Boobis L, Coakley J, Kim HJ, Fallowfield JL, Hill CA, Sale C, and Wise JA (2006). The absorption of orally supplied beta-alanine and its effect on muscle carnosine synthesis in human vastus lateralis. *Amino Acids* 30: 279-289
22. Hill CA, Harris RC, Kim HJ, Harris BD, Sale C, Boobis LH, Kim CK, and Wise JA (2007). Influence of beta-alanine supplementation on skeletal muscle carnosine concentrations and high intensity cycling capacity. *Amino Acids* 32: 225-233
23. Hoffman JR, Ratamess NA, Faigenbaum AD, Ross R, Kang J, Stout JR, and Wise JA (2008). Short-duration beta-alanine supplementation increases training volume and reduces subjective feelings of fatigue in college football players. *Nutr Res* 28: 31-35
24. Hoffman J, Ratamess N, Kang J, Mangine G, Faigenbaum A, and Stout J (2006). Effect of creatine and beta-alanine supplementation on performance and endocrine responses in strength/power athletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 16: 430-446
25. Hultman E, Soderlund K, Timmons JA, Cederblad G, and Greenhaff PL (1996). Muscle creatine loading in men. *J Appl Physiol* 81: 232-237
26. Jones AM, Atter T, and Georg KP (1999). Oral creatine supplementation improves multiple sprint performance in elite ice-hockey players. *J Sports Med Phys Fitness* 39: 189-196
27. Jowko E, Ostaszewski P, Jank M, Sacharuk J, Zieniewicz A, Wilczak J, and Nissen S (2001). Creatine and beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) additively increase lean body mass and muscle strength during a weight-training program. *Nutrition* 17: 558-566
28. Juhn MS and Tarnopolsky M (1998). Oral creatine supplementation and athletic performance: a critical review. *Clin J Sport Med* 8: 286-297
29. Kendrick IP, Harris RC, Kim HJ, Kim CK, Dang VH, Lam TQ, Bui TT, Smith M, and Wise JA (2008). The effects of 10 weeks of resistance training combined with beta-alanine supplementation on whole body strength, force production, muscular endurance and body composition. *Amino Acids* 34: 547-554
30. Kerksick CM, Rasmussen CJ, Lancaster SL, Magu B, Smith P, Melton C, Greenwood M, Almada AL, Earnest CP, and Kreider RB (2006). The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res* 20: 643-653
31. Kirksey KB, Stone MH, Warren BJ, Johnson RL, Stone M, Haff GG, Williams FE, and Proulx C (1999). The effects of 6 weeks of creatine monohydrate supplementation on performance measures and body composition in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res* 13: 148-156
32. Knitter AE, Pantan L, Rathmacher JA, Petersen A, and Sharp R (2000). Effects of beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle damage after a prolonged run. *J Appl Physiol* 89: 1340-1344
33. Koopman R, Wagenmakers AJ, Manders RJ, Zorenc AH, Senden JM, Gorselink M, Keizer HA, and van Loon LJ (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: E645-E653
34. Kreider RB (2003). Effects of creatine supplementation on performance and training adaptations. *Mol Cell Biochem* 244: 89-94
35. Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, and Almada AL (1999). Effects of calcium beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation during resistance-training on markers of catabolism, body composition and strength. *Int J Sports Med* 20: 503-509
36. Kreider RB, Ferreira M, Wilson M, Grindstaff P, Plisk S, Reinardy J, Cantler E, and Almada AL (1998). Effects of creatine supplementation on body composition, strength, and sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 30: 73-82
37. Kreider RB, Willoughby D, Greenwood M, Parise G, Payne E, and Tarnopolsky M (2003). Effects of serum creatine supplementation on muscle creatine and phosphagen levels. *J Exerc Physiol Online* 6: 24-33
38. Lemon PW (2000). Beyond the zone: protein needs of active individuals. *J Am Coll Nutr* 19(Suppl): S513-S521
39. Mujika I and Padilla S (1997). Creatine supplementation as an ergogenic acid for sports performance in highly trained athletes: a critical review. *Int J Sports Med* 18: 491-496
40. Nissen S, Sharp R, Ray M, Rathmacher JA, Rice D, Fuller JC Jr, Connelly AS, and Abumrad N (1996). Effect of leucine metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *J Appl Physiol* 81: 2095-2104
41. Noonan D, Berg K, Latin RW, Wagner JC, and Reimers K (1998). Effects of varying dosages of oral creatine relative to fat free body mass on strength and body composition. *J Strength Cond Res* 12: 104-108
42. Peeters BM, Lantz CD, and Mayhew JL (1999). Effect of oral creatine monohydrate and creatine phosphate supplementation on maximal strength indices, body composition, and blood pressure. *J Strength Cond Res* 13: 3-9
43. Phillips SM, Tipton KD, Ferrando AA, and Wolfe RR (1999). Resistance training reduces the acute exercise-induced increase in muscle protein turnover. *Am J Physiol* 276(1 pt 1): E118-E124
44. Preen D, Dawson B, Goodman C, Lawrence S, Beilby J, and Ching S (2001). Effect of creatine loading on long-term sprint exercise performance and metabolism. *Med Sci Sports Exerc* 33: 814-821

45. Ransone J, Neighbors K, Lefavi R, and Chromiak J (2003). The effect of beta-hydroxy beta-methylbutyrate on muscular strength and body composition in collegiate football players. *J Strength Cond Res* 17(1): 34-39
46. Romer LM, Barrington JP, and Jeukendrup AE (2001). Effects of oral creatine supplementation on high intensity, intermittent exercise performance in competitive squash players. *Int J Sports Med* 22: 546-552
47. Selsby JT, DiSilvestro RA, and Devor ST (2004). Mg²⁺-creatine chelate and a low-dose creatine supplementation regimen improve exercise performance. *J Strength Cond Res* 18: 311-315
48. Skare OC, Skadberg, and Wisnes AR (2001). Creatine supplementation improves sprint performance in male sprinters. *Scand J Med Sci Sports* 11: 96-102
49. Slater G, Jenkins D, Logan P, Lee H, Vukovich M, Rathmacher JA, and Hahn AG (2001). Beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) supplementation does not affect changes in strength or body composition during resistance training in trained men. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 11: 384-396
50. Smith AE, Moon JR, Kendall KL, Graef JL, Lockwood CM, Walter AA, Beck TW, Cramer JT, and Stout JR (2009). The effects of beta-alanine supplementation and high-intensity interval training on neuromuscular fatigue and muscle function. *Eur J Appl Physiol* 105: 357-363
51. Smith HJ, Wyke SM, and Tisdale MJ (2004). Mechanism of the attenuation of proteolysis-inducing factor stimulated protein degradation in muscle by beta-hydroxy-beta-methylbutyrate. *Cancer Res* 64: 8731-8735
52. Stevenson SW and Dudley GA (2001). Creatine loading, resistance exercise performance, and muscle mechanics. *J Strength Cond Res* 15: 413-419
53. Stout JR, Graves BS, Smith AE, Hartman MJ, Cramer JT, Beck TW, and Harris RC (2008). The effect of beta-alanine supplementation on neuromuscular fatigue in elderly (55-92 years): A double-blind randomized study. *J Int Soc Sports Nutr* 5: 21
54. Tarnopolsky MA and MacLennan DP (2000). Creatine monohydrate supplementation enhances high-intensity exercise performance in males and females. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 10: 452-463
55. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Aarsland AA, Sanford AP, and Wolfe RR (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 292(1): E71-E76
56. Tipton KD, Elliott TA, Cree MG, Wolf SE, Sanford AP, and Wolfe RR (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc* 36: 2073-2081
57. Vandenberghe K, Goris M, Van Hecke P, Van Leemputte M, Vangerven L, and Hespel P (1997). Long-term creatine intake is beneficial to muscle performance during resistance training. *J Appl Physiol* 83: 2055-2063
58. van Someren KA, Edwards AJ, and Howatson G (2005). Supplementation with beta-hydroxy-beta-methylbutyrate (HMB) and alpha-ketoglutaric acid (KIC) reduces signs and symptoms of exercise-induced muscle damage in man. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 15: 413-424
59. Volek JS, Duncan ND, Mazzetti SA, Staron RS, Putukian M, Gomez AL, Pearson DR, Fink WJ, and Kraemer WJ (1999). Performance and muscle fiber adaptations to creatine supplementation and heavy resistance training. *Med Sci Sports Exerc* 31: 1147-1156
60. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Boetes M, Incledon T, Clark KL, and Lynch JM (1997). Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *J Am Diet Assoc* 97: 765-770
61. Willoughby DS and Rosene JM (2001). Effects of oral creatine and resistance training on myosin heavy chain expression. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1674-1681
62. Willoughby DS and Rosene JM (2003). Effects of oral creatine and resistance training on myogenic regulatory factor expression. *Med Sci Sports Exerc* 35: 923-929
63. Wiroth JB, Bermon S, Andrei S, Dalloz E, Heberturne X, and Dolisi C (2001). Effects of oral creatine supplementation on maximal pedaling performance in older adults. *Eur J Appl Physiol* 84: 533-539
64. Rand WM, Pellett PL, and Young VR (2003). Meta-analysis of nitrogen balance studies for estimating protein requirements in healthy adults. *Am J Clin Nutr* 77(1): 109-127

Cita Original

Bill I. Campbell, Colin D. Wilborn and Paul M. La Bounty. Supplements for Strength-Power Athletes. *Strength & Conditioning Journal*, 32(1):93-100 (2010).