Monograph

Ingesta de Proteínas: Efectos del Momento de Suplementación

Jay R Hoffman

College of New Jersey, Ewing,New Jersey.

RESUMEN

Las diferencias en los requerimientos proteicos para los atletas y no atletas, y para los diferentes tipos de atletas (i.e., resistencia vs fuerza/potencia) están bien establecidas. Esto ha derivado en que muchos atletas utilicen suplementos proteicos como forma de cubrir los requerimientos de proteínas. Recientemente, la ciencia ha comenzado a investigar la importancia del momento de la ingesta de proteínas. Específicamente, hay alguna diferencia en relación al momento en que se ingieren las proteínas para aumentar la respuesta fisiológica aguda a una sesión de entrenamiento o para mejorar la recuperación post ejercicio. Esta revisión se concentra en el momento de la ingesta de proteínas y sus efectos sobre la remodelación de los músculos esqueléticos.

Palabras Clave: nutrición deportiva, momento de la ingesta de nutrientes, suplementos, ayudas ergogénicas

INTRODUCCION

La utilización de suplementos dietarios entre la población adulta de los Estados Unidos es una práctica muy difundida. Reportes recientes han sugerido que más de la mitad de la población adulta y adolescente de América utiliza alguna forma de suplemento nutricional, siendo la suplementación con vitaminas y minerales la más ampliamente utilizada (10). De esta manera, no es sorprendente que la suplementación nutricional entre los atletas alcance valores récords. Casi el 90% de los atletas universitarios utilizan o han utilizado suplementos nutricionales (18). Sin embargo, si el uso de suplementos nutricionales por un número tan grande de atletas es necesaria pude ser tema de debate, especialmente considerando que muchos atletas universitarios pueden no cubrir sus necesidades nutricionales en relación con la intesta energética y de proteínas (12, 20). Si bien existe la necesidad de ayudar a los atletas a determinar si requieren o no de la suplementación nutricional, el foco principal de muchos estudios ha sido demostrar la eficacia de diversos suplementos o combinaciones de suplementos respecto de la mejora del rendimiento deportivo, la hipertrofia muscular y los cambios en la masa corporal. Sin embargo, recientes estudios han comenzado a examinar la importancia del momento de la ingesta nutricional. Si un atleta está utilizando un suplemento dietario, ¿habrá diferencias respecto del momento en que se consuman los suplementos en relación a aumentar las respuestas fisiológicas agudas a una sesión de entrenamiento o para mejorar la recuperación luego del ejercicio? Esta revisión de concentra en el momento de la ingesta de proteínas y sus efectos sobre la remodelación de los músculos esqueléticos.

Momento de la Ingesta de Proteínas y Respuesta Anabólica al Entrenamiento con Sobrecarga

La importancia tanto del ejercicio con sobrecarga y la ingesta de proteínas ha sido bien establecida respecto del incremento del balance proteico neto (4, 33, 44). El entrenamiento con sobrecarga ha mostrado ser un potente estimulante de la síntesis de proteínas musculares y resulta en una mayor acumulación de proteínas en comparación con la degradación de las mismas (4, 33). La Figura 1 muestra la comparación de la tasa fraccional de síntesis proteica y la tasa

fraccional de degradación proteica luego de una sesión de entrenamiento con sobrecarga en ayunas. La tasa fraccional de síntesis proteica se incrementó en un 112% desde el reposo hasta las 3 hs post ejercicio, mientras que la tasa fraccional de degradación proteica se incrementó un 31% desde el nivel de reposo y hasta las 3 hs post ejercicio. Si bien se produjo un incremento tanto en las síntesis como en la degradación de proteínas, la síntesis se incrementó en mayor medida que la degradación. Phillips y colaboradores (33) también demostraron una fuerte correlación (r = 0.88) entre la tasa fraccional de síntesis proteica y la tasa fraccional de degradación proteica, sugiriendo que en ayunas, la absorción de aminoácidos desde la circulación y a través de la degradación proteica provee los aminoácidos necesarios para la síntesis proteica.

Cuando se ingieren o se realizan infusiones de aminoácidos luego del entrenamiento con sobrecarga, la síntesis proteica se incrementa en mayor medida que la observada luego del entrenamiento con sobrecarga en ayunas, resultando en una balance proteico positivo y en un estado más anabólico (5, 42). La Figura 2, muestra el efecto del entrenamiento con sobrecarga, la infusión de aminoácidos y la combinación de ambas prácticas sobre la síntesis de proteínas musculares. Luego de la sesión de entrenamiento con sobrecarga, la síntesis de proteínas se incrementó en un 100% por encima de los valores de reposo (4). Si durante el reposo se realizaba la infusión de aminoácidos, la síntesis de proteínas se incrementaba hasta el 150%, y cuando la infusión de proteínas se realizó en los sujetos que también realizaron el entrenamiento con sobrecarga, la síntesis de proteínas se incrementó hasta más del 200% de los niveles de reposo (5). Otros investigadores han reportado que la combinación de ingesta oral de aminoácidos y entrenamiento con sobrecarga puede producir un incremento incluso mayor (3.5 veces) en la síntesis de proteínas musculares (32). Aunque el entrenamiento con sobrecarga y la ingesta de proteínas pueden incrementar la síntesis de proteínas musculares, la combinación de estas dos prácticas es claramente superior para inducir incrementos significativos en la síntesis proteica.

La necesidad de proteínas parece ser mayo para los atletas de fuerza/potencia que para los atletas de resistencia o para la población sedentaria (27, 39). Se cree que un mayor *pool* de proteínas mejorará la recuperación y el proceso de remodelamiento de las fibras musculares que han sufrido algún tipo de daño o disrupción durante el entrenamiento con sobrecarga (41). Estudios recientes han mostrado reducciones en el daño muscular, y una mejora en la recuperación luego el entrenamiento con sobrecarga en individuos que utilizaron suplementos proteicos (26, 36). La importancia de la ingesta de proteínas para los atletas de fuerza/potencia ha derivado a que la mayoría de las asociaciones de medicina del deporte y nutrición deportiva hayan publicado conjuntamente una declaración de posición que detalla esta mayor necesidad (1). Considerando que se ha aceptado que los atletas de fuerza/potencia tienen mayores requerimientos de proteínas, el área de investigación de muchos científicos en este campo se ha vuelto el momento del consumo de proteínas con respecto a la sesión de entrenamiento.

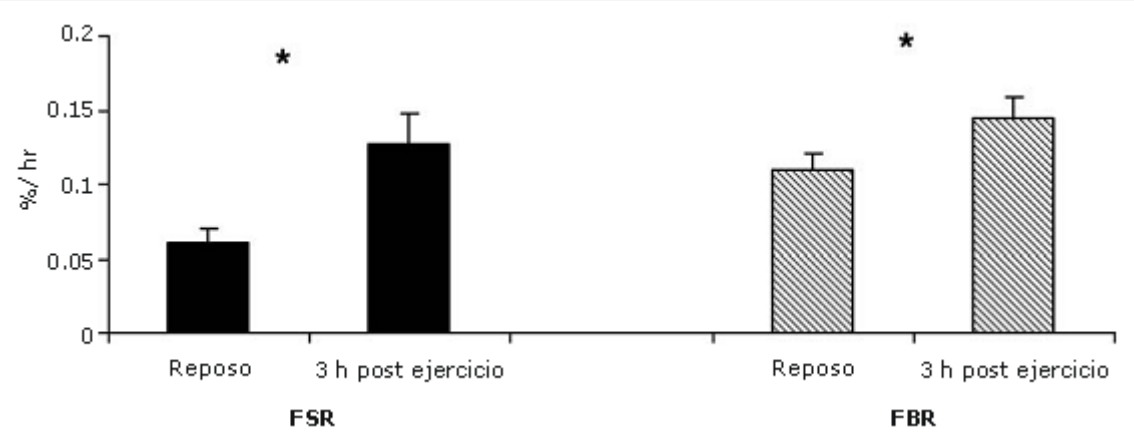

Figura 1. *Tasa fraccional de síntesis (FSR) y tasa fraccional de degradación FBR) 3 horas después de una sesión de entrenamiento con sobrecarga en ayunas. *Significativamente diferente del reposo. Los datos fueron adaptados de Phillips et al (33).*

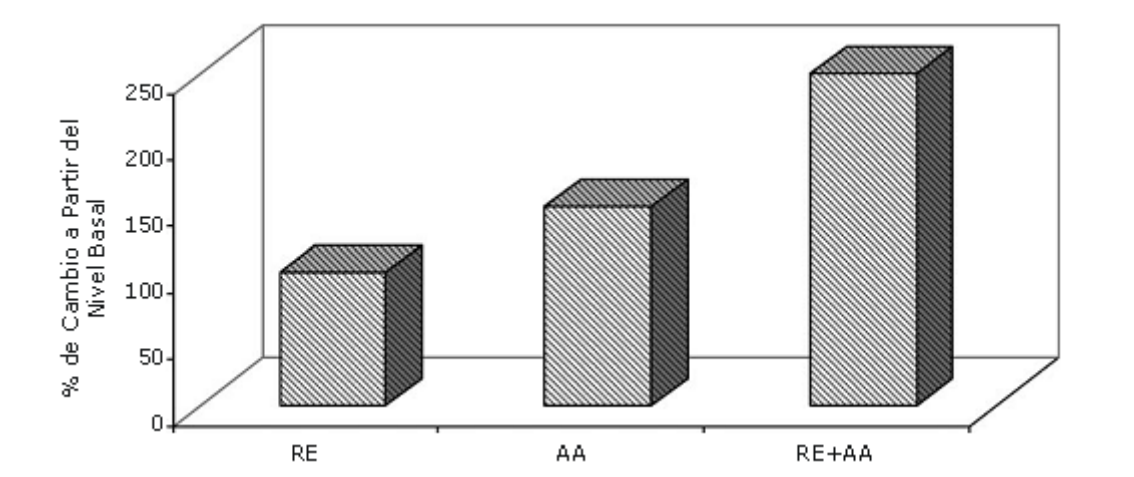

Figura 2. *Tasas de síntesis proteica después del entrenamiento con sobrecarga (RE), de la infusión de aminoácidos (AA) y del entrenamiento con sobrecarga más la infusión de aminoácidos (RE+AA) expresadas en porcentaje de la tasa basal. Los datos fueron adaptados de Biolo et al (4, 5).*

Ingesta Aguda de Proteínas Antes y/o Después del Entrenamiento con Sobrecarga

El momento de la ingesta de proteínas parece ser crítico para maximizar la respuesta anabólica al ejercicio con sobrecarga (2, 14, 17, 44). Sin embargo, muchos de los estudios previos que demostraron los beneficios de la ingesta de aminoácidos post ejercicios han utilizado principalmente la infusión intravenosa para proveer los aminoácidos (5, 34). Si bien estos resultados son impresionantes, este método para proveer aminoácidos no es práctico para los atletas competitivos o recreacionales que utilizan dichos suplementos. Los estudios iniciales utilizaron el método de infusión intravenosa debido al problema de la efectividad de consumir los aminoácidos en forma oral. Estudios previos han sugerido que entre el 20 y el 90% de los aminoácidos son removidos de la circulación a medida que pasan por el hígado (13, 29, 30) y que quizás más son removidos durante el ejercicio (19, 45). Sin embargo, una reexaminación mostró cambios comparables en el balance proteico muscular neto (síntesis – degradación) tanto con la infusión como con la ingesta oral de aminoácidos esenciales luego del entrenamiento con sobrecarga (42) lo que indica que el consumo oral de proteínas, característicamente empleado por la mayoría de los individuos que utilizan suplementos de proteínas, es eficaz para incrementar la respuesta anabólica al entrenamiento con sobrecarga.

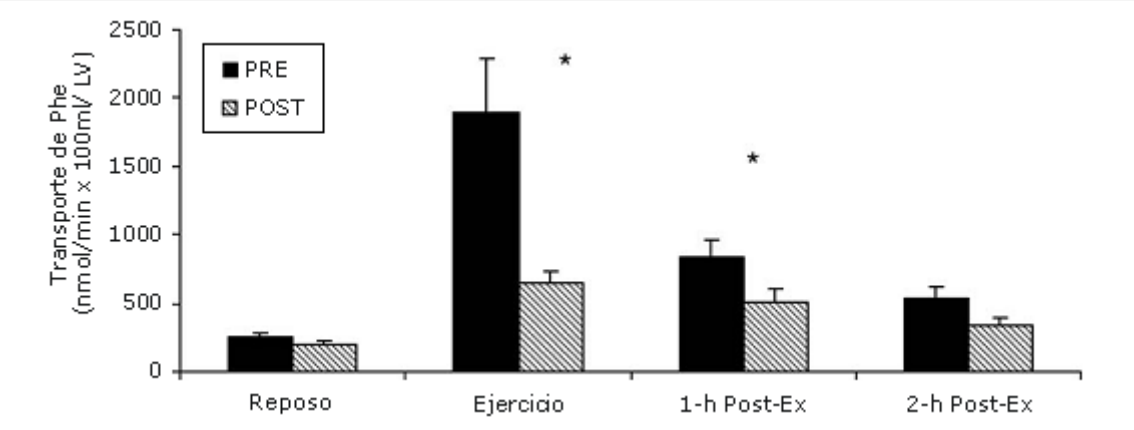

Figura 3. *Transporte medio de fenilalanina hacia la pierna a través de la suplementación con proteínas antes (PRE) e inmediatamente después (POST) del ejercicio. Phe = fenilalanina; LV = volumen de la pierna; Post-Ex = post ejercicio. *Diferencia significativa entre PRE y POST. Datos adaptados de Tipton et al (44).*

Uno de los principales focos de investigación en relación al momento de ingesta de nutrientes, ha sido dirigido a la

suplementación post entrenamiento con sobrecarga. Rasmussen y colaboradores (35) mostraron que cuando se proveían 6 g de aminoácidos esenciales (0.65 g de histidina, 0.60 g de isoleucina, 1.12 g de leucina, 0.93 g de lisina, 0.19 g de metionina, 0.93 g de fenilalanina, 0.88 g de treonina y 0.70 g de valina) conjuntamente con 35 g de sucrosa en sujetos desentrenados, se observaba un incremento similar en la tasa neta de síntesis de proteínas musculares, cuando los suplementos eran consumidos 1 o 3 horas post ejercicio con sobrecarga. Sin embargo, cuando esta misma combinación de aminoácidos esenciales y carbohidratos se administraban inmediatamente antes del ejercicio, el incremento en la tasa de síntesis de proteínas musculares era significativamente mayor que cuando los suplementos se administraban inmediatamente post ejercicio (42). Tipton y colaboradores (42) demostraron que cuando los aminoácidos eran administrados inmediatamente antes del ejercicio, la concentración de aminoácidos dentro de los músculos esqueléticos se incrementaba en un 46% hacia el final del ejercicio y se elevaba adicionalmente (86% por encima de los valores de reposo) una hora después del ejercicio. Estos valores fueron significativamente mayores que los observados en los sujetos que consumieron los suplementos post ejercicio. A las tres horas post ejercicio, la concentración muscular de aminoácidos todavía se encontraba un 65% por encima de los valores de reposo en los sujetos que consumieron los aminoácidos inmediatamente antes del ejercicio. El beneficio de la ingesta de aminoácidos pre ejercicio también se observa en el incremento en la tasa de transporte y absorción por el músculo esquelético durante el ejercicio. La Figura 3 muestra un incremento de 2.6 veces en la tasa de transporte de fenilalanina hacia los músculos esqueléticos, cuando los aminoácidos se consumieron antes del entrenamiento con sobrecarga, en comparaicón a cuando los mismos suplementos se consumieron post ejercicio (44). Esta diferencia se mantuvo al menor por una hora después de la finalización del ejercicio., además, la absorción de aminoácidos en los músculos esqueléticos en los sujetos que consumieron los suplementos antes del ejercicio fue un 160% mayor para el período total de 3 horas (reposo, ejercicio y período post ejercicio) en comparación con los sujetos que consumieron los suplementos inmediatamente post ejercicio. La mayor absorción de aminoácidos se cree que corresponde a la mayor síntesis de proteínas musculares. De esta manera, la ingesta de aminoácidos combinada con carbohidratos antes del ejercicio parece ser un potente estimulante del transporte de aminoácidos a través del incremento en el flujo sanguíneo hacia los músculos activos y de la subsiguiente absorción en los músculos, que resulta en una mayor síntesis de proteínas que cuando los suplementos se consumen post ejercicio. Si bien la Figura 3 ilustra la respuesta de la fenilalanina, similares respuestas fueron reportadas en otros aminoácidos esenciales (42).

La composición de la mezcla de aminoácidos utilizada en muchos de estos estudios se basó en la disponibilidad de cada uno de estos aminoácidos en proporción a los requerimientos para la síntesis de proteínas musculares (9). Investigaciones previas han demostrado que solo eran necesarios aminoácidos esenciales para la estimulación de la síntesis de proteínas (42, 43). Cuando los sujetos consumieron 40 g de aminoácidos (21.4 g esenciales y 18.6 no esenciales), la contribución al incremento en la síntesis de proteínas musculares fue proporcional a la ingesta de 40 g de aminoácidos esenciales solamente (43). En otro estudio se comparó la ingesta de 6 g de una mezcla de aminoácidos (3 g de aminoácidos esenciales y 3 g de aminoácidos no esenciales) con la ingesta de 6 g de aminoácidos esenciales, y nuevamente se observó un efecto dosis – respuesta, sugiriendo que a mayor cantidad de aminoácidos esenciales mayor la síntesis de proteínas musculares (9). Es posible que las diferencias en la tasa de *clearance* de los aminoácidos individuales luego de la ingesta resulten en una absorción diferencial por el músculo que difiera de la mezcla ingerida (9). La leucina y la isoleucina parecen incrementarse en mayor medida que los otros aminoácidos, sugiriendo que estos aminoácidos específicos tienen un efecto más potente sobre la síntesis de proteínas musculares. Un subsiguiente estudio ha mostrado que cuando se adicionaba leucina a un suplemento a base de proteínas (suero) y carbohidratos, el balance proteico corporal neto era significativamente mayor que cuando se ingería solo el suplemento de proteínas y carbohidratos o solo carbohidratos (24).

Diferencias entre la Ingesta de Suero y Caseína sobre la Acumulación Proteica

La caseína y el suero son dos formas de proteínas derivadas de la leche de vaca que pueden tener diferentes propiedades digestivas. La caseína, la cual es la proteína predominante en la lecha, existe en forma de micelas, que es una partícula coloidal de gran tamaño. La micela de caseína forma un gel en el estómago que hace que su digestión sea lenta. Como resultado, la caseína provee una liberación sostenida pero lenta de aminoácidos hacia el torrente sanguíneo, que a veces dura varias horas (6). Esto provee una mejor retención y utilización de nitrógeno para el cuerpo. El suero da cuenta del 20% de la lecha bovina (la caseína da cuenta del porcentaje restante) y contiene altos niveles de aminoácidos esenciales y ramificados (21). El suero es el líquido translucido de la leche que queda luego del proceso (coagulación y remoción del cuajo) de fabricación del queso; y como resultado es absorbido por el cuerpo mucho más rápido que la caseína.

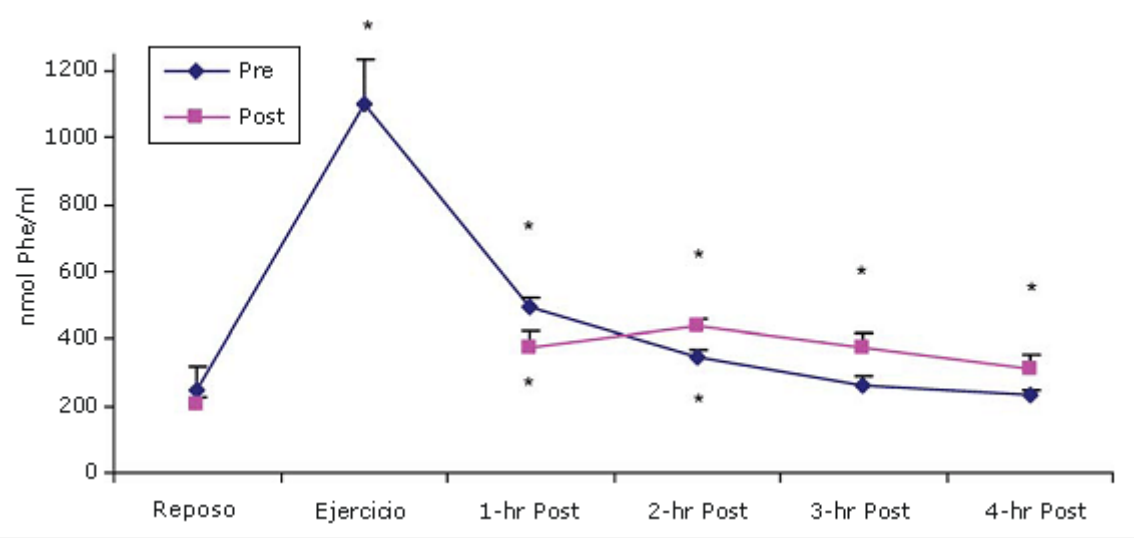

Figura 4. *Concentraciones de fenilalanina en la sangre arterial de la pierna antes, durante y después de la realización de ejercicios con sobrecarga. *Significativamente diferente del reposo. Datos adaptados de Tipton et al (40).*

En una comparación entre la suplementación con caseína y suero, Boire y colaboradores (6) demostraron que la ingesta de 30 g de caseína versus 30 g de suero, tenía efectos significativamente diferentes sobre la ganancia de proteínas post prandial. Estos investigadores mostraron que luego de la ingesta de suero, la aparición de aminoácidos en el plasma es más rápida, de mayor magnitud y transitoria. En contraste, la caseína es absorbida mucho más lentamente, produciendo un aumento mucho menos dramático en la concentración plasmática de aminoácidos. La ingesta de proteínas en suero estimuló la síntesis de proteínas en un 68% mientras que la ingesta de caseína estimuló la síntesis de proteínas en un 31%. Cuando los investigadores compararon el balance post prandial de leucina, 7 horas luego de la ingesta, el consumo de caseína resultó un balance de leucina significativamente mayor, mientras que no se observaron cambios en relación con el valor basal luego del consumo de suero. Estos resultados sugieren que el suero estimula una rápida síntesis de proteínas pero una gran parte de estas proteínas son oxidadas (utilizadas como combustible), mientras que la caseína puede resultar en una mayor acumulación proteica durante un período de tiempo más prolongado. Un subsiguiente estudio mostró que la ingesta repetida de proteína en suero (una cantidad igual de proteínas pero consumida en un período prolongado [4 horas] en comparación con una única ingesta) produjo una mejor oxidación neta de leucina que una única ingesta de caseína o suero (15). Interesantemente, tanto la caseína como el suero son proteínas completas, pero su composición de aminoácidos es diferente. Específicamente, el contenido de leucina, el cual tiene un importante rol en el metabolismo de las proteínas musculares, es mayor en el suero que en la caseína. De esta manera, la tasa de digestión de proteínas puede ser más importante que la composición de aminoácidos de las proteínas. Estos resultados fueron respaldados por Tipton y colaboradores (41), quienes también reportaron que las diferencias en las propiedades digestivas entre la caseína y el suero resultan en un menor y mayor incremento en la síntesis de proteínas musculares, respectivamente. Sin embargo, la síntesis neta de proteínas musculare en un período de 5 horas no fue diferente entre las dos proteínas cuando la ingesta (20 g de cada proteína) se realizó una hora después del entrenamiento con sobrecarga. Aparentemente tanto la caseína como el suero son efectivas para estimular la síntesis de proteínas musculares. No obstante, las diferencias en las propiedades digestivas de las proteínas, resultan en un patrón diferente de síntesis proteica, con la ingesta de suero resultando en una mayor respuesta aguda en comparación con un aumento más gradual en la síntesis de proteínas luego de la ingesta de caseína. Aunque la síntesis neta total de proteínas musculares parece ser similar entre las proteínas, no es claro si la elevación aguda observada luego de la ingesta de suero representa una mayor ventana de oportunidad para mejorar la recuperación y la remodelación de los músculos esqueléticos.

¿Existen Diferencias entre la Ingesta de Aminoácidos y la Ingesta de Proteínas Totales sobre la Síntesis de Proteínas Musculares?

Estudios recientes han sido claros al demostrar que la ingesta tanto de aminoácidos como de proteínas totales, tal como el suero y la caseína, pueden incrementar la síntesis de proteínas musculares. La cuestión entonces es si un tipo estimula la síntesis de proteínas musculares luego del entrenamiento con sobrecarga, en mayor medida que el otro. Lo que se sabe es que la ingesta de aminoácidos esenciales antes del entrenamiento con sobrecarga estimula una mayor síntesis de proteínas musculares que el consumo de aminoácidos esenciales inmediatamente después del entrenamiento con sobrecarga (44) o una o tres horas después del entrenamiento con sobrecarga (35). Sin embargo, cuando se compara el momento de ingesta

de proteínas totales sobre las diferencias en la síntesis de proteínas musculares, un estudio reciente sugiere que cuando se ingiere suero inmediatamente antes o una hora después del ejercicio, no se observan diferencias significativas en la respuesta anabólica a tal suplementación (40). La Figura 4 muestra que cuando se ingiere proteína de suero inmediatamente antes del ejercicio, la fenilalanina (el aminoácido más frecuentemente utilizado para indicar cambios en la tasa de síntesis proteica) medida en la pierna (determinada mediante el producto de la concentración arterial de fenilalanina x el flujo sanguíneo) se incrementó significativamente durante el ejercicio y retornó a los niveles basales a las 3 horas post ejercicio. Cuando la proteína de suero se consumió una hora después del ejercicio, el transporte de fenilalanina se incrementó y se mantuvo elevado a través de un período de 5 horas. Sin embargo, no se observaron diferencias significativas, entre la ingesta antes o después del ejercicio, en el transporte neto de fenilalanina hacia los músculos, sugiriendo que no hay beneficio alguno de consumir la proteína de suero antes o inmediatamente después del ejercicio.

Los estudios previos que han mostrado los beneficios de ingerir proteínas pre ejercicio, han utilizado suplementos a base de aminoácidos. Al parecer el mismo beneficio no se observa con la ingesta de proteínas totales. Estas diferencias no se comprenden del todo, pero se ha especulado que uno de los mecanismos responsables de estas diferencias puede estar relacionado con las diferencias en el transporte de aminoácidos esenciales hacia los músculos activos (40). El incremento en la concentración arterial de aminoácidos es aproximadamente 100% mayor que en reposo luego de la ingesta de aminoácidos esenciales pero solo un 30% mayor luego de la ingesta de proteínas de suero (40). Además, el transporte de fenilalanina a los músculos activos durante el ejercicio se incrementa unas 7.5 veces luego de la ingesta de aminoácidos esenciales pero solo unas 4.4 veces luego de la ingesta de proteínas de suero (40). Es posible que la inclusión de carbohidratos a los suplementos a base de aminoácidos (no se incluyeron carbohidratos en los suplementos a base de proteínas de suero) influenciara la respuesta de los músculos a la ingesta de aminoácidos a través de estimular una mayor respuesta de la insulina y resultando en una mayor absorción de aminoácidos por parte de los músculos.

La adición de proteínas de suero (17.5 g) a una bebida a base de aminoácidos (4.9 g) y carbohidratos (77.4 g) consumida una hora después del entrenamiento con sobrecarga parece mejorar el balance neto de proteínas musculares extendiendo la respuesta anabólica (7). Uno de los beneficios de incluir proteína de suero en un suplemento podría ser incrementar la palatabilidad del suplemento en comparación con la inclusión solo de aminoácidos y carbohidratos. Ellito y colaboradores (16), recientemente examinaron el efecto de la fuente alimentaria sobre el balance proteico muscular luego del entrenamiento con sobrecarga. Estos investigadores demostraron que la ingesta de leche estimulaba la absorción neta de fenilalanina y treonina, indicando un incremento la síntesis neta de proteínas. La leche entera parece ser más beneficiosa que la leche descremada, a menos que la cantidad de leche descremada consumida fuera igual en calorías que la leche entera. La leche entera y leche descremada isocalórica, consumidas una hora después del entrenamiento con sobrecarga estimularon un incremento significativo en la absorción de fenilalanina que fue un 80% y un 85% mayor, respectivamente, que el provocado por el consumo de leche descremada. La absorción de treonina fue 2.8 veces mayor ($p<0.05$) luego de la ingesta de leche entera que luego de la ingesta de leche descremada. No se observaron otras diferencias. Estos resultados demuestran que una fuente alimentaria de proteínas, tal como la leche, parece ser adecuada para la ingesta durante la recuperación posterior al entrenamiento con sobrecarga y además puede ser menos costosa y efectiva que otros suplementos proteicos.

Importancia de Combinar Proteínas y Carbohidratos para la Síntesis de Proteínas Musculares

La inclusión de carbohidratos a un suplemento proteico se basa en el deseo de estimular la secreción de insulina. La insulina es crítica para regular la absorción de glucosa en los tejidos. Interesantemente, el ejercicio sirve para mejorar la respuesta de los músculos esqueléticos a la glucosa provocando una mayor sensibilidad de los músculos a los efectos de la insulina (31, 37). La importancia de esto, respecto de la remodelación muscular y de la síntesis de proteínas, es que la insulina también estimula la absorción de aminoácidos (3). Aunque los carbohidratos pro si solo proveen solo un efecto menor sobre la mejora en el balance proteico muscular luego del ejercicio (8, 38), la combinación de carbohidratos y proteínas o aminoácidos en un suplemento puede contribuir a una más efectiva absorción de proteínas y a una mejora de la tasa de síntesis de proteínas musculares. Recientemente, un grupo de investigadores comparó la ingesta de carbohidratos solamente con carbohidratos y proteínas y carbohidratos, proteínas y leucina sobre la tasa de síntesis de proteínas musculares luego del entrenamiento con sobrecarga (24). Los resultados mostraron que la combinación de carbohidratos y proteínas fue superior a los carbohidratos solos para estimular el balance neto de proteínas corporales. Además, la inclusión de leucina, un aminoácido esencial, provocó un estímulo mayor para la síntesis de proteínas musculares en comparación con la mezcla de carbohidratos y proteínas. El beneficio adicional de la leucina probablemente se relaciona con su función como señal nutricional para el incremento de la síntesis proteica al potenciar el proceso de señalización al nivel de traducción genética (23). Los estudios que han examinado el momento de suplementación con carbohidratos y proteínas han arrojado resultados controversiales. Si bien hay pocos datos disponibles, la variabilidad parece relacionarse con la utilización de proteínas totales o aminoácidos. No se observaron diferencias en la síntesis de proteínas musculares cuando se utilizó un suplemento a base de carbohidratos (35 g de sucrosa) y aminoácidos (6 g) consumido 1 o 3 horas después del entrenamiento con sobrecarga (35). Sin embargo, cuando se utilizó un suplemento a base de 10 g de proteínas

(principalmente caseína), 8 g de carbohidratos (sucrosa) y 3 g de lípidos (grasa de leche) consumido inmediatamente después del ejercicio, se observó un incremento significativo en la síntesis de proteínas musculares en comparación con la ingesta del mismo suplemento a las 3 horas post ejercicio (28). En este estudio, las concentraciones plasmáticas de glucosa, insulina y aminoácidos fueron similares entre los dos períodos de suplementación; sin embargo, la absorción de glucosa y aminoácidos por los músculos activos fue mayor cuando el suplemento fue provisto inmediatamente post ejercicio. Por lo tanto, el período de tiempo en que los músculos esqueléticos muestran la mayor respuesta y potencial para la mayor adaptación puede ser relativamente corto (dentro de una hora post ejercicio).

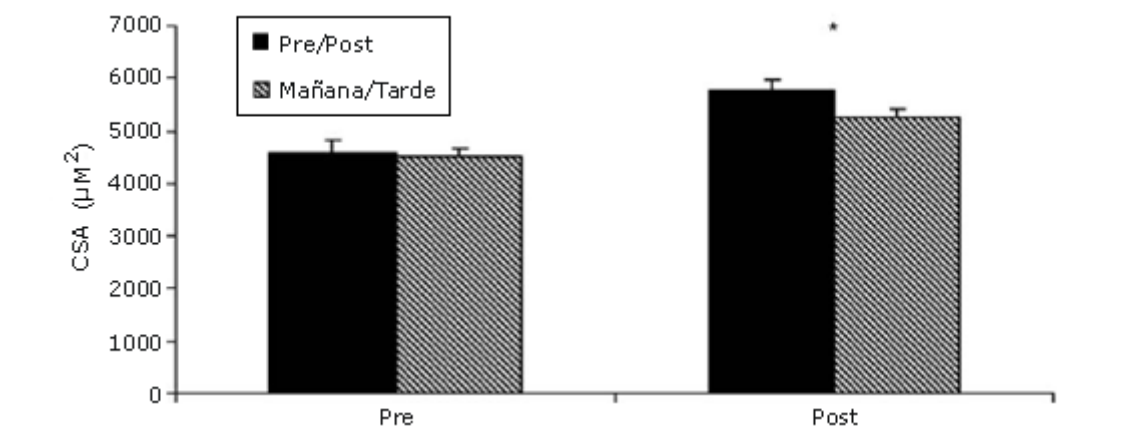

Figura 5. *Área de sección cruzada de fibras tipo IIa. *Diferencia significativa entre pre/post y mañana/tarde. Datos adaptados de Cribb y Hayes (14).*

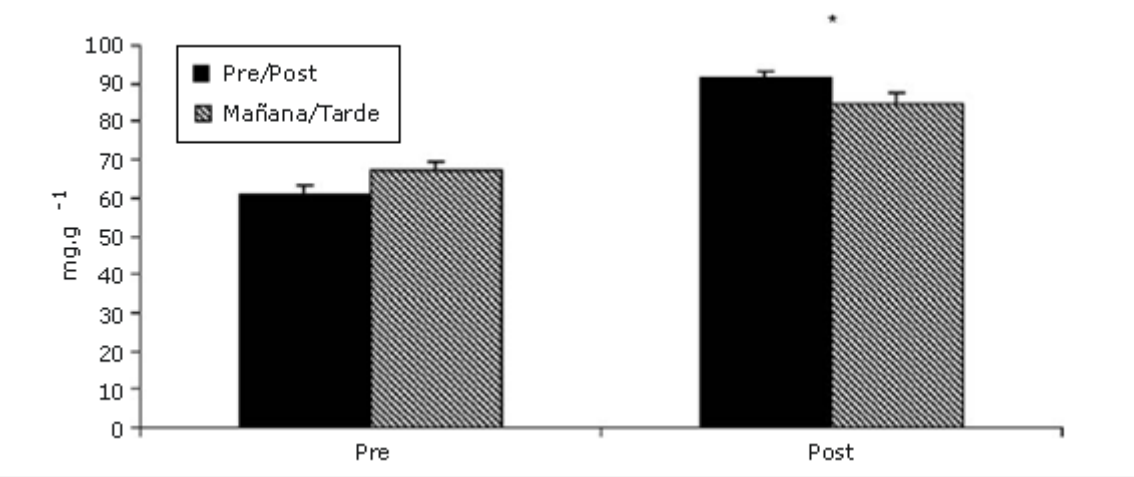

Figura 6. *Contenido de proteínas contráctiles. Diferencia significativa entre pre/post y mañana/tarde. Datos adaptados de Cribb y Hayes (14).*

Momento de la Ingesta de Proteínas y Estudios de Entrenamiento

Los estudios que han examinado los efectos agudos de la ingesta de proteínas han demostrado claramente que la ingesta de proteínas realizada próxima a la sesión de entrenamiento (i.e., inmediatamente antes o dentro de una hora post ejercicio) mejora significativamente la tasa de síntesis de proteínas musculares y la acumulación de proteínas musculares en comparación con cuando la ingesta se retrasa por un período prolongado de tiempo. Estos resultados sugieren que el momento de suplementación con proteínas puede ser crítico para estimular las adaptaciones que ocurren durante un entrenamiento prolongado. Sin embargo, solo existe un número limitado de estudios que han examinado los efectos del momento de ingesta de proteínas en estudios de entrenamiento de duración prolongada. Recientemente, varios estudios

han mostrado que la ingesta de proteínas inmediatamente antes y después del entrenamiento es un estimulo potente para el incremento del tamaño muscular y para la mejora del rendimiento en comparación con la ingesta solo de carbohidratos en individuos jóvenes (19-23 años) previamente entrenados (22) y desentrenados (2, 46). Sin embargo, cuando examinaron el efecto de la suplementación con proteínas en hombres ancianos desentrenados, Candow y colaboradores (11) reportaron que no se observaron cambios en la masa muscular o en la fuerza luego de 12 semanas de suplementación con proteínas y entrenamiento con sobrecarga, a pesar de que la ingesta de proteínas se realizó inmediatamente antes y después de cada entrenamiento. Las diferencias entre estos estudios no son claras, pero pueden atribuirse a las diferencias en la respuesta endócrina al entrenamiento con sobrecarga entre hombres jóvenes y ancianos (25).

En los pocos estudios que han comparado diversas estrategias de suplementación, se ha demostrado que el momento de la suplementación es un aspecto importante. Uno de los estudios iniciales acerca de los efectos del momento de suplementación sobre la hipertrofia muscular fue llevado a cabo en sujetos ancianos (74.1 ± 1 años) que se iniciaban en un programa de entrenamiento de la fuerza (17). Los sujetos consumieron un suplemento líquido a base de proteínas (10 g de proteínas, 7 g de carbohidratos y 3 g de grasas) inmediatamente después o dos horas después de cada sesión de entrenamiento de la fuerza (3 veces por semana) durante 12 semanas. Los resultados mostraron que el área de sección cruzada muscular y el área de sección cruzada de las fibras individuales se incrementaron significativamente en los sujetos que consumieron el suplemento inmediatamente después del ejercicio pero no cambiaron en aquellos sujetos que consumieron el suplemento dos horas después de cada sesión de entrenamiento. Cribb y Hayes (14) examinaron el efecto de la ingesta de proteínas (40 g de suero) carbohidratos (43 g de glucosa) en físicoculturistas jóvenes (21-24 años) recreacionales que consumieron los suplementos inmediatamente antes y después del entrenamiento con sobrecarga o en la mañana y la tarde. El grupo que consumió el suplemento inmediatamente antes y después de las sesiones de entrenamiento exhibió ganancias significativamente mayores en la masa magra corporal, en el área de sección cruzada de las fibras tipo II (Figura 5) y en el contenido de proteínas contráctiles (Figura 6); e incrementos superiores en la fuerza en comparación con el grupo que consumió las proteínas en la mañana y en la tarde.

Aplicaciones Prácticas

La mayoría de los estudios a corto plazo que examinaron el momento de la ingesta de proteínas, han utilizado sujetos desentrenados o recreacionalmente entrenados. Si bien la evidencia respalda la importancia del momento de ingesta ya sea en relación con la ingesta de aminoácidos o proteínas totales, se debería reconocer que el estatus de entrenamiento podría tener un rol muy importante en los resultados. Aun así, en base a los estudios disponibles, la evidencia indica fuertemente que la ingesta de proteínas en el momento apropiado provee una mayor ventaja para estimular la tasa de síntesis de proteínas y las subsiguientes adaptaciones musculares. Al parecer se debería consumir un suplemento a base de proteínas totales y carbohidratos inmediatamente antes o dentro de la primera hora post ejercicio. La proteína de suero puede proveer un incremento inmediato mayor en la tasa de síntesis de proteínas. Sin embargo, la combinación de proteína de suero y caseína puede ser efectiva para generar elevaciones inmediatas y prolongadas en la tasa de síntesis de proteínas. Los aminoácidos también son efectivos para incrementar la tasa de síntesis de proteínas pero parecen ser más efectivas cuando se consumen inmediatamente antes del entrenamiento que cuando se consumen después del entrenamiento.

REFERENCIAS

1. American Dietetic Association, Dietitians of Canada and the American College of Sportsmedicine (2000). Position stand: Nutrition and athletic performance. *Med. Sci. Sports Exer. 32:2130–2145*
2. Anderson, L. L., G. Tufekovic, M. K. Zebis, R. M. Crameri, G. Verlaan, M. Kjaer, C. Suetta, P. Magnusson, and P. Aaraard (2005). The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism. 54:151–156*
3. Biolo, G., R. Y. D (1995). Fleming, and R. R. Wolfe. Physiologic hyperinsulinemia stimulates protein synthesis and enhances transport of selected amino acids in human skeletal muscle. *J. Clin. Invest. 95:811–819*
4. Biolo, G., S. P. Maggi, B. D. Williams, K. D. Tipton, and R. R. Wolfe (1995). Increased rates of muscle protein turnover and amino acid transport after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. 268:E514–E520*
5. Biolo, G., K. D. Tipton, S. Klein, and R. R. Wolfe (1997). An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am. J. Physiol. Endocrinol. 273:E122–E129*
6. Boirie, Y., M. Dangin, P. Gachon, M. P. Vasson, J. L. Maubois, and B. Beaufrere (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA. 94:14930–14935*
7. Borsheim, E., A. Aarsland, and R. R. Wolfe (2004). Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *Int. J. Sport Nutr Exerc. Metab. 14:255–271*
8. Borsheim, E., M. G. Cree, K. D. Tipton, T. A. Elliot, A. Aarsland, And R. R. Wolfe (2004). Effect of carbohydrate intake on net muscle

protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J. Appl. Physiol. 96:674–678*
9. Borsheim, E., K. D. Tipton, S. E. Wolf, And R. R. Wolfe (2002). Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. 283:E648–E657*
10. Briefel, R. R., and C. L. Johnson (2004). Secular trends in dietary intake in the United States. *Annu. Ref. Nutr. 24:401–431*
11. Candow, D. G., P. D. Chilibeck, M. Facci, S. Abeysekara, and G. A. Zello (2006). Protein supplementation before and after resistance training in older men. *Eur. J. Appl. Physiol. 97:548–556*
12. Cole, C. R., G. F. Salvaterra, J. E. Davis, M. E. Borja, L. M. Powell, E. C. Dubbs, And P. L. Bordi (2005). Evaluation of dietary practices of National Collegiate Athletic Association Division I football players. *J. Strength Cond. Res. 19:490–494*
13. Cortiella, J., D. E. Mathews, R. A. Hoerr, D. M. Bier, and V. R. Vernon (1988). Leucine kinetics at graded intakes in young men: Quantitative fate of dietary leucine. *Am. J. Clin. Nutr. 48:998–1009*
14. Cribb, P. J., and A. Hayes (2006). Effects of supplement timing and resistance exercise on skeletal muscle hypertrophy. *Med. Sci. Sports Exerc. 38:1918–1925*
15. Dangin, M., Y. Boirie, C. Guillet, and B. Beaufrere (2002). Influence of the protein digestion rate on protein turnover in young and elderly subjects. *J. Nutr. 132:3228S–3233S*
16. Elliot, T. A., M. G. Cree, A. P. Sanford, R. R. Wolfe, and K. D (2006). Tipton. Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 38:667–674*
17. Esmarck, B., J. L. Andersen, S. Olsen, E. A. Richter, M. Mizuno, and M. Kjaer (2001). Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J. Physiol. 535:301– 311*
18. Froiland, D., W. Koszewski, J. Hingst, and L. Kopecky (2004). Nutritional supplement use among college athletes and their sources of information. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 14:104–120*
19. Halseth, A., P. J. Flakoll, E. K. Reed, A. B. Messina, M. G. Krishna, D. B. Lacy, P. E. Williams, and D. H. Wasserman (1997). Effect of physical activity and fasting on gut and liver proteolysis in the dog. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 273:E1073–E1082*
20. Hinton, P. S., T. C. Sanford, M. M. Davidson, O. F. Yakushko, and N. C. Beck (2004). Nutrient intakes and dietary behaviors of male and female collegiate athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab. 14:389–405*
21. Hoffman, J. R., and M. J. Falvo (2004). Protein: Which is best?. *J. Sports Sci. Med. 3:118–130*
22. Hoffman, J. R., N. A. Ratamess, J. Kang, M. J. Falvo, and A. D. Faigenbaum (2007). Effects of protein supplementation on muscular performance and resting hormonal changes in college football players. *J. Sport Sci. Med. 6:85–92*
23. Kimball, S. R., and L. S. Jefferson (2004). Regulation of global and specific mRNA translation by oral administration of branched-chain amino acids. *Biochem. Biophys. Res. Commun. 313:423–427*
24. Koopman, R., A. J. M. Wagenmakers, R. J. F. Manders, A. H. G. Zorenc, J. M. G. Senden, M. Gorselink, H. A. Keizer, and L. J. C. Van Loon (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*
25. Lemon, P. W. R., M. A. Tarnopolsky, J. D. Macdougal, and S. A. Atkinson (1992). Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *J. Appl. Physiol. 73:767– 775*
26. Levenhagen, D. K., J. D. Gresham, M. G. Carlson, D. J. Maron, M. J. Borel, and P. J. Flakoll (2001). Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 280:E982–E993*
27. Matthews, D. E., M. A. Marano, and R. G. Campbell (1993). Splanchnic bed utilization of leucine and phenylalanine in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 264:E109–E118*
28. Matthews, D. E., M. A. Marano, and R. G. Campbell (1993). Splanchnic bed utilization of glutamine and glutamic acid in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 264:E848–E854*
29. Mikines, K. J., B. Sonne, P. A. Farrell, B. Tronier, and H. Galbo (1988). Effect of physical exercise on sensitivity and responsiveness to insulin in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 254:E248–E259*
30. Miller, S. L., K. D. Tipton, D. L. Chinkes, S. E. Wolf, and R. R. Wolfe (2003). Independent and combined effects of amino acids and glucose after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 35:449–455*
31. Phillips, S. M., K. D. Tipton, A. Aarsland, S. E. Wolf, and R. R. Wolfe (1997). Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 273:E99–E107*
32. Phillips, S. M., K. D. Tipton, A. A. Ferrando, and R. R. Wolfe (1999). Resistance training reduces the acute exercise- induced increase in muscle protein turnover. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 276:E118–E124*
33. Rasmussen, B. B., K. D. Tipton, S. L. Miller, S. E. Wolf, and R. E. Wolfe (2000). An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J. Appl. Physiol. 88:386–392*
34. Richter, E. A., K. J. Mikines, H. Galbo, and B. Kiens (1989). Effect of exercise on insulin action in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol. 66:876–885*
35. Roy, B. D., M. A. Tarnopolsky, J. D. Macdougall, J. Fowles, and K. E. Yarasheski (1997). Effect of glucose supplement timing on protein metabolism after resistance training. *J. Appl. Physiol. 82:1882–1888*
36. Tarnopolsky, M. A., S. A. Atkinson, J. D. Macdougal, A. Chesley, S. Phillips, and H. P. Shwarcz (1992). Evaluation of protein requirements for trained strength athletes. *J. Appl. Physiol. 73:1986–1995*
37. Tipton, K. D., T. A. Elliot, M. G. Cree, A. A. Aarsland, A. P. Sanford, and R. R. Wolfe (2007). Stimulation of net muscle protein synthesis by whey protein ingestion before and after exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 292:E71–E76*
38. Tipton, K. D., T. A. Elliot, M. G. Cree, S. E. Wolf, A. P. Sanford, and R. R. Wolf (2004). Ingestion of casein and whey proteins results in muscle anabolism after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc. 36:2073–2081*
39. Tipton, K. D., A. A. Ferrando, S. M. Phillips, D. Doyle Jr., and R. R. Wolfe (1999). Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am. J. Physiol. Endocrinol. 276:E628–E634*
40. Tipton, K. D., B. E. Gurkin, S. Matin, and R. R. Wolfe (1999). Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in health volunteers. *J. Nutr. Biochem. 10:89–95*

41. Tipton, K. D., B. B. Rasmussen, S. L. Miller, S. E. Wolf, S. K. Owens-Stovall, B. E. Petrini, and R. R. Wolfe (2001). Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 281:E197–E206*
42. Williams, B. D., R. R. Wolfe, D. Bracy, and D. H. Wasserman (1996). Gut proteolysis provides essential amino acids during exercise. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab. 270:E85–E90*
43. Willougby, D. S., J. S. Stout, and C. D. Wilborn (2006). Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass and strength. *Amino Acids. Published online September 20*

Cita Original

Jay R. Hoffman. Protein Intake: Effect of Timing. Strength and Conditioning Journal 29(6):26–34, 2007.