



EL ALIMENTO QUE CONTIENE PROTEÍNA ES MÁS QUE LA SUMA DE SUS AMINOÁCIDOS CONSTITUYENTES PARA EL POTENCIAL ANABÓLICO DEL MÚSCULO DESPUÉS DEL EJERCICIO

Nicholas A. Burd; Colleen F. McKenna; Sarah K. Skinner; Isabel G. Martínez | Departamento de Kinesiología y Salud Comunitaria | División de Ciencias Nutricionales | Universidad de Illinois Urbana-Champaign | Urbana-Champaign, IL | EUA

PUNTOS CLAVE

- Los aminoácidos de la dieta son los principales impulsores de la tasa de síntesis de proteína muscular (SPM) después del ejercicio.
- El ejercicio modifica el procesamiento de la proteína de la dieta y cómo se utiliza para la SPM después del ejercicio.
- El consumo de suplementos con proteína aislada resulta en una dosificación máxima de proteína para la SPM después del ejercicio.
- El consumo de alimentos enteros, que contienen una matriz de alimentos ricos en proteína, vitaminas, minerales y otros macronutrientes de la dieta, es también una estrategia potencial para optimizar la proteína en la dieta para la SPM después del ejercicio.
- Se deberá utilizar una estrategia individualizada cuando se identifique la opción más apropiada para la recuperación nutricional después del ejercicio para un atleta, y si se incorporan alimentos enteros ricos en proteína, suplementos, o ambos.

INTRODUCCIÓN

El ejercicio y el consumo de proteína (aminoácidos) de la dieta son dos de los principales estímulos anabólicos para incrementar la remodelación de proteína muscular, principalmente por la estimulación de la tasa de síntesis de proteínas musculares (SPM) en adultos sanos. Cuando estos dos estímulos anabólicos se combinan de forma regular, a través del consumo habitual de alimentos densos en proteína y realizando entrenamiento, esto finalmente facilita el proceso de adaptación que ayuda a mejorar el rendimiento en el ejercicio. Un levantador de pesas generalmente monitorea su mejoría en el rendimiento por la progresión en fuerza o potencia, que es facilitada tanto por las adaptaciones neurológicas como musculares. En cambio, un atleta de resistencia está entrenando para mejorar su capacidad aeróbica y adaptaciones asociadas en factores centrales y periféricos. Independientemente del objetivo, se requiere el consumo de proteína para llevar al máximo la adaptación a todos los programas de entrenamiento. El consumo de proteína inmediatamente después del ejercicio se enfatiza y promueve considerablemente debido al efecto aditivo relativamente fuerte de los aminoácidos de la dieta sobre los mecanismos que controlan la SPM en este momento (Biolo et al., 1997). Sin embargo, todas las comidas son relevantes y tienen el potencial de llevar al máximo la respuesta adaptativa del músculo al potenciar la estimulación de la SPM por parte de la alimentación, durante una ventana prolongada de recuperación después del ejercicio (Burd et al., 2011).

Los conceptos actuales sobre la nutrición proteica óptima en atletas para llevar al máximo los procesos adaptativos de SPM se han basado en enfoques reduccionistas, o viendo a la proteína a través de los lentes de sus aminoácidos constituyentes e incluso debajo de la potencia anabólica de un solo aminoácido como es la leucina. Sin embargo, los atletas no consumen nutrientes individuales, más bien comen combinaciones de alimentos a lo largo del día para facilitar una recuperación óptima. Un acercamiento más holístico a las guías de nutrición proteica puede ayudar a asegurar la reposición de los almacenes de energía a través de protocolos apropiados de consumo de carbohidratos y grasas, y tal vez un uso más eficiente de los aminoácidos derivados de la proteína de la dieta para la estimulación de la SPM durante la recuperación del ejercicio.

CALIDAD DE LA PROTEÍNA

La calidad de la proteína generalmente está basada en la digestibilidad de la fuente de proteína de la dieta, en relación a las necesidades de aminoácidos esenciales del humano. La proteína consumida debe digerirse hasta aminoácidos y absorberse hacia la sangre en cantidades adecuadas para aportar una fuerte señal anabólica al tejido músculo esquelético. En general, las fuentes de proteína basadas en plantas (por ejemplo, soya, trigo y frijol) demuestran una menor digestibilidad comparadas con las fuentes de proteína animal (por ejemplo, leche, res, cerdo y pescado). Sin embargo, las técnicas de procesamiento del alimento de las fuentes de proteína basadas en plantas pueden mejorar su digestibilidad (van Vliet et al., 2015). Ciertamente, los polvos de proteína aislada generalmente mantienen una posición de importancia entre los atletas y los asiduos al gimnasio debido a su alta digestibilidad y rápida distribución de aminoácidos de la dieta en la sangre. Sin embargo, los polvos de proteína aislada no se requieren para lograr un gran incremento en la respuesta de la SPM después del ejercicio (Burd et al., 2015).

Lo que es digno de atención es que tanto el ejercicio de fuerza como el de resistencia inducen a la redistribución del flujo sanguíneo hacia los tejidos periféricos (músculos en contracción) y reducen el flujo sanguíneo al intestino. Esto puede impactar potencialmente los perfiles de absorción de los nutrientes consumidos en una bebida de recuperación o comida después del ejercicio. Por ejemplo, la hipoperfusión esplácnica inducida por el ejercicio puede inducir una lesión del intestino delgado, llevando a un incremento en la permeabilidad gastrointestinal (GI). Se ha demostrado que este compromiso de la integridad epitelial afecta negativamente la absorción intestinal y/o la retención esplácnica de los aminoácidos de la dieta (van Wijck et al., 2013), lo que subsecuentemente puede limitar el incremento postprandial de la disponibilidad de aminoácidos de la dieta durante la recuperación después del ejercicio. Sin embargo, por nuestra parte vemos rutinariamente que >60% de los aminoácidos de la dieta se vuelven disponibles en la periferia durante la recuperación del ejercicio en adultos entrenados (Mazzulla et al., 2017; van Vliet et al., 2017). Esta cantidad de aminoácidos derivados de proteína de la dieta es muy similar a la cantidad que se vuelve disponible en la

circulación después de tener una comida en reposo en adultos sanos (Mazzulla et al., 2017). De manera interesante, los incrementos inducidos por el ejercicio en la permeabilidad gastrointestinal pueden finalmente ajustar la función de la barrera intestinal permitiendo que más péptidos bioactivos originados del alimento crucen en el ejercicio vs. un estado sin ejercicio (JanssenDuijghuijsen et al., 2016). Por lo tanto, el ejercicio crea una vía en la barrera intestinal permitiendo que se absorban las moléculas pequeñas consumidas en la comida, que de otra manera no podrían tener la oportunidad de transferirse en estado de reposo. Finalmente, sesiones repetidas de ejercicio tienen el potencial de modificar la complejidad y dinámicas de los microorganismos para colonizar el intestino (es decir, microbiota intestinal). De hecho, los microbios intestinales pueden sintetizar aminoácidos siendo su contribución estimada, en el caso de la leucina, ~20% del ingreso total del cuerpo (Raj et al., 2008). No está claro actualmente cómo es que los cambios en la función y composición de la microbiota intestinal inducidos por el ejercicio pueden modular el metabolismo de las proteínas de todo el cuerpo o de proteínas musculares. En cualquier caso, es evidente que el ejercicio puede impactar de forma aguda el tracto intestinal (van Wijck et al., 2013; JanssenDuijghuijsen et al., 2016) así como, a largo plazo, modular las comunidades de microbios intestinales y su producción metabólica funcional (Allen et al., 2018). Estos efectos en el tracto intestinal pueden tener un impacto directo en cómo los aminoácidos de la dieta pueden ser enviados al tejido músculo esquelético después del ejercicio para la remodelación y reparación de proteínas. Además, los alimentos con péptidos bioactivos de soporte pueden tener mayor potencial anabólico si se consumen en el estado post-ejercicio.

REQUERIMIENTO "ÓPTIMO" DE PROTEÍNA

Definir la cantidad óptima y/o excesiva de proteína en una comida es relevante para un atleta. Una cantidad excesiva de proteína en una comida tiene el potencial de desplazar otros nutrientes vitales (An & Burd, 2015) y tiene implicaciones para un estrés financiero o ambiental (Meyer & Reguant-Closa, 2017). Con respecto al músculo esquelético, una cantidad óptima de proteína en una comida comúnmente se define como la cantidad con la cual la SPM se estimula al máximo con tasas mínimas de oxidación de aminoácidos. Una cantidad excesiva de proteína en una comida se define como el punto en el cual los aminoácidos muestran un incremento exponencial en las tasas de oxidación y la SPM no se estimula más en respuesta al aumento de las cantidades de proteína ingerida. De hecho, esta pregunta sobre los requerimientos óptimos de proteína en la comida para los atletas se aborda comúnmente al intentar definir la cantidad *máxima* de fuentes de proteína aislada a consumir en una comida para provocar un incremento robusto en la SPM después del ejercicio. Se necesita más trabajo para evaluar las estrategias que faciliten un uso más óptimo de la proteína de la dieta para la SPM y reparación después del ejercicio. En otras palabras, la pregunta que debe examinarse es: ¿Cómo podemos provocar una respuesta óptima de SPM sin comer simplemente más y más proteína en la dieta? Un concepto nuevo está relacionado con el uso de alimentos específicos o mezclas de alimentos para potenciar el uso de aminoácidos de la dieta en la SPM después del ejercicio. Conceptualmente, esto se refiere

con frecuencia como una sinergia de alimento, o las relaciones que existen entre los componentes básicos del alimento como aquellos que aportan mayores efectos metabólicos cuando se combinan contra los que se consumen solos (Jacobs et al., 2009).

No obstante, con base en estas guías máximas, la cantidad de proteína en una comida para estimular la SPM después del ejercicio con tasas mínimas de oxidación de aminoácidos es de amplio rango y cae en algún lugar entre 20–40 g de proteína por comida para individuos sanos. De hecho, incluso el consumo de una cantidad "óptima" de proteína en una comida para estimular la SPM después del ejercicio aumentará las tasas de oxidación de leucina de todo el cuerpo (Moore et al., 2009a), lo cual puede ser un resultado del uso de fuentes de proteína aislada para abordar esta pregunta. Por ejemplo, nuestro grupo de investigación ha mostrado recientemente que es posible provocar una respuesta robusta de la SPM después del ejercicio, sin estimular un incremento en las tasas de oxidación de leucina de todo el cuerpo, cuando se utiliza una estrategia de alimentos completos (van Vliet et al., 2017).

Cabe señalar que estas guías de proteína de los alimentos para facilitar la respuesta adaptativa del músculo después del ejercicio se han desarrollado basadas en la recuperación del estímulo de levantar peso. El levantamiento de peso es propiamente anabólico, asociado con una corta duración de contracción y el uso de combustible, mejora la sensibilidad del tejido músculo-esquelético a los aminoácidos en un periodo prolongado durante la recuperación (Burd et al., 2011). De hecho, la investigación ha demostrado que existen métodos redundantes disponibles a través de varias manipulaciones de la contracción (por ejemplo, intensidad, volumen, etc.) para llevar al máximo la sensibilidad de las fibras musculares a los aminoácidos de la dieta al consumir proteína después de una sesión de levantamiento de peso (Burd et al., 2011). Por lo tanto, los aminoácidos de la dieta en la circulación pueden utilizarse preferentemente para la reparación y remodelación de proteínas musculares después del levantamiento de peso, para aportar la base de las adaptaciones inducidas por el entrenamiento, tales como la hipertrofia. Sin embargo, las actividades basadas en ejercicio de resistencia resultan en una mayor utilización de aminoácidos como combustible, y su utilización puede aumentarse por varios factores incluyendo, pero no limitado a, intensidad y duración del ejercicio. Los aminoácidos (por ejemplo, leucina) que se oxidan durante el ejercicio se pierden irreversiblemente del cuerpo y por lo tanto deberán reponerse a través de la proteína de la dieta. Esto finalmente causa estrés sustancial sobre la nutrición proteica, especialmente en la comida inmediatamente después del ejercicio (Mazzulla et al., 2017), para reponer las pérdidas oxidativas de aminoácidos inducidas por el ejercicio y para remodelar las fibras musculares durante la recuperación del ejercicio de resistencia. Como resultado, pueden necesitarse guías de proteína más específicas que incorporen "periodización" de la nutrición para facilitar los procesos óptimos de SPM adaptativos al ejercicio durante la recuperación del ejercicio de resistencia (Abou Sawan et al., 2018) versus las actividades basadas en fuerza (Burd et al., 2011), especialmente en la comida consumida inmediatamente después del ejercicio.

AMINOÁCIDOS DE LA DIETA: ESTIMULADORES DIRECTOS DE LA SÍNTESIS DE PROTEÍNA MUSCULAR

Es evidente que comer proteína después del ejercicio estimula la SPM post-ejercicio (Moore et al., 2009b) y que los aminoácidos esenciales son necesarios para un efecto robusto (Volpi et al., 2003). De manera interesante, la potenciación de la SPM inducida por la alimentación después del ejercicio es más aparente después de levantar pesas (Burd et al., 2011) cuando se compara con ejercicio de resistencia (Abou Sawan et al., 2018). Como se mencionó anteriormente, la falta de efecto aditivo entre la disponibilidad de los aminoácidos de la dieta y el ejercicio de resistencia sobre la SPM después del ejercicio, puede estar relacionada con el hecho de que algunos aminoácidos de la dieta deben destinarse a reponer la pérdida oxidativa de aminoácidos inducida por el ejercicio (Mazzulla et al., 2017), y por lo tanto limita la cantidad de aminoácidos disponibles para la SPM y remodelación después del ejercicio (Abou Sawan et al., 2018). El aminoácido leucina ha recibido considerable atención sobre su contribución a estimular la respuesta de SPM después del ejercicio. En parte, la leucina no es solo un componente para la construcción de proteína muscular, sino también sirve como una molécula señalizadora para la SPM en el tejido músculo esquelético en humanos. Además, se ha demostrado que la velocidad y amplitud de la elevación postprandial de la leucina circulante después del consumo de fuentes de proteína aislada, modulan la respuesta de SPM después del ejercicio en adultos jóvenes sanos (Tang et al., 2009).

Como se muestra en la Figura 1, el tipo de alimento ingerido puede modular de manera diferente la velocidad y pico de amplitud de los aminoácidos de la dieta en la circulación y la respuesta subsecuente de la SPM postprandial. Por ejemplo, el tiempo para alcanzar la concentración máxima de aminoácidos después del consumo de alimentos enteros, como la leche o carne molida de res, se retrasa cuando se compara con fuentes de proteína aislada como el suero de leche o la caseína. El consumo de proteína de suero de leche, debido a su alto contenido de leucina y su alta solubilidad, resulta en una liberación rápida (con una gran amplitud máxima) de aminoácidos de la dieta hacia la circulación durante el periodo postprandial. Por lo tanto, la mayoría de los aminoácidos derivados de la proteína de la dieta se absorben durante la fase postprandial inicial y están disponibles para estimular un incremento robusto en la SPM en un periodo relativamente corto (~3-4 h) (Pennings et al., 2011). Por esta razón, el consumo de suplementos de proteína aislada es popular para estimular la respuesta de SPM inmediatamente después del ejercicio. Sin embargo, los suplementos de proteína aislada consumidos junto con carbohidratos, disminuyen la amplitud de la elevación postprandial en las concentraciones de aminoácidos plasmáticos (Staples et al., 2011). Aunque el consumo de carbohidratos junto con proteína no potencia el uso de los aminoácidos derivados de la proteína de la dieta en la circulación para la SPM después del ejercicio (Staples et al., 2011), el consumo de carbohidratos durante el periodo de recuperación es necesario para promover las tasas de resíntesis de glucógeno muscular durante la recuperación y, finalmente, el rendimiento óptimo tanto para los atletas de levantamiento de peso como de resistencia.

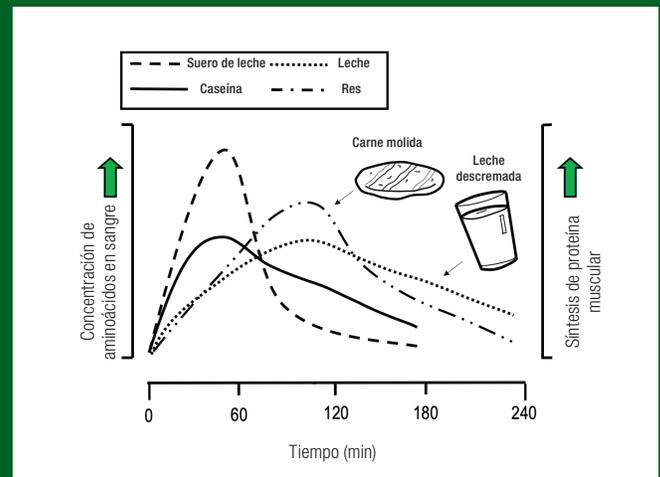


Figura 1. La elevación postprandial de las concentraciones de aminoácidos en sangre, basado en las características de digestión y absorción de las fuentes de proteína aislada (suero de leche o caseína) y alimentos densos en proteína (carne molida o leche descremada). Estos perfiles de aminoácidos en sangre después del consumo de proteína corresponden a la magnitud de la síntesis de proteína muscular durante un periodo postprandial temprano (0-120 min) o tardío (>120 min). Sin embargo, sin importar la fuente de proteína consumida, la cantidad de aminoácidos derivados de la proteína de la dieta que aparecen en la circulación (generalmente expresados en porcentaje), después del primer paso de extracción esplácnica de aminoácidos, es generalmente ~65% de la proteína consumida durante los 0-5 min del periodo postprandial.

Como se muestra en la Figura 1, las fuentes de proteína de alimentos enteros, como la leche o el consumo de carne, resulta en un incremento más lento de la disponibilidad máxima de la proteína de la dieta y en una liberación más prolongada durante el periodo postprandial (> 5h) (Burd et al., 2015). De esta forma, una gran parte del día se utiliza en el periodo postprandial, especialmente cuando se comen combinaciones de alimentos que incluyen carbohidratos y grasas.

En general, los aminoácidos de la dieta son estimuladores directos de la SPM; por lo tanto, es posible modular la elevación de la respuesta de SPM después del ejercicio durante la recuperación, manipulando la elevación del pico de disponibilidad de aminoácidos en plasma después del consumo de proteína. Esto es particularmente relevante cuando se consumen fuentes de proteína aislada o incluso alimentos densos en proteína. No es clara la significancia de estimular una elevación de la SPM temprana (0-2 h) versus tardía (2-5 h) después del ejercicio, como se observa con el consumo de fuentes de proteína aislada y alimentos densos en proteína, respectivamente. Sin embargo, hay una ventana de oportunidad anabólica prolongada después del ejercicio que persiste durante 1-2 días (Burd et al., 2011). Por lo tanto, las adaptaciones inducidas por el entrenamiento son facilitadas a través del hábito consistente y consciente de incorporar proteína en cada comida durante este tiempo prolongado de recuperación.

EFFECTOS DE LA MATRIZ ALIMENTARIA PARA FACILITAR EL POTENCIAL ANABÓLICO MUSCULAR

Las propiedades holísticas de los alimentos (sinergia alimentaria) y su influencia en la remodelación y reparación de la proteína muscular

después del ejercicio han recibido poca atención. La proteína de la dieta es generalmente más que solo sus aminoácidos constituyentes, conteniendo otros componentes nutritivos no proteicos que pueden interactuar con nutrientes, modular el comportamiento de nutrientes, y/o actuar directamente como moléculas señalizadoras. En el caso de algunos alimentos, como el yogurt, pueden contener también organismos vivos o cultivos vivos y activos que sinérgicamente mejoran el impacto de la fuente de alimento sobre la salud.

La matriz alimentaria describe la forma física general del alimento e incluye cómo diversos componentes del alimento están estructurados y pueden interactuar. El procesamiento de alimentos y el tratamiento con calor pueden tener efectos directos en la matriz alimentaria y modular la digestibilidad de la proteína (Evenepoel et al., 1998). Mientras que el pensamiento reduccionista ha revelado los componentes anabólicos más fundamentales (es decir, aminoácidos esenciales) de los alimentos para estimular la SPM después del ejercicio (Volpi et al., 2003), esto puede no reflejar de manera precisa los efectos de la matriz alimentaria que se experimentan en una comida mixta basada en alimentos enteros. Por lo tanto, tal vez estamos perdiendo una oportunidad para optimizar la proteína en la dieta de un atleta. En otras palabras, la matriz alimentaria en la cual se consume la proteína puede tener un efecto modulador en la SPM después del ejercicio.

Existe evidencia directa que demuestra que una matriz alimentaria rica en proteína, vitaminas, minerales y otros macronutrientes de la dieta (por ej., leche entera o huevos) modula la respuesta sintética de la SPM después del ejercicio, cuando se compara con comer alimentos más densos en proteína (Elliot et al., 2006; Burd et al., 2015; van Vliet et al., 2017). De manera interesante, se han realizado intentos para aislar los componentes del alimento y subsecuentemente combinarlos con fuentes de proteína aislada para potencialmente aumentar la respuesta postprandial de la SPM. Por ejemplo, los estudios que combinan el consumo de caseína micelar con componentes individuales de alimento como la grasa de la leche (Gorissen et al., 2017), carbohidratos (Gorissen et al., 2014), o suero de leche (mezcla de 10% de lactosa, 0.3% de proteína, 0.06% de grasa y 1.1% de minerales) (Churchward-Venne et al., 2015) no fueron capaces de incrementar más la respuesta postprandial de SPM cuando se comparó con el consumo de caseína micelar sola. Por lo tanto, parece que hay mayor respuesta postprandial de SPM cuando se comen alimentos enteros versus la extracción de nutrientes específicos en un producto procesado.

Sin embargo, estas observaciones no menosprecian la efectividad de las fuentes de proteína aislada sobre la SPM después del ejercicio, particularmente cuando se consumen en cantidades suficientemente altas (Moore et al., 2009a). No obstante, consumir una matriz alimentaria rica en proteína, macro y micronutrientes potencialmente fortalece el uso de aminoácidos derivados de la proteína de la dieta para la SPM después del ejercicio (Elliot et al., 2006; Burd et al., 2015; van Vliet et al., 2017). Finalmente, esto no solo ayudará a mejorar el uso de la proteína de la dieta en un atleta, sino también el consumo de alimentos enteros mejorará en general la calidad de la dieta. Además, las mujeres atletas que son más propensas a deficiencias energéticas y de micronutrientes (es decir, hierro, calcio, vitamina D y B) se pueden

beneficiar al dar prioridad al consumo de alimentos enteros ricos en proteína sobre los suplementos durante la recuperación del ejercicio. Por supuesto, la selección de alimentos es también dependiente del horario de competencia/entrenamiento, prevalencia de problemas GI, costo y disponibilidad de alimento entre otros factores.

La Figura 2 ilustra la diferencia entre la matriz de huevo entero, la cual es rica en proteína de alta calidad de la dieta, lípidos, vitaminas y minerales, cuando se compara con la matriz de la clara de huevo. Esta última matriz alimentaria es bastante densa en proteína, pero contiene muy poco de otros constituyentes nutricionales. Además, la Figura 2 enumera los mecanismos potenciales que describen cómo los constituyentes individuales de alimentos pueden crear un medio sinérgico para potenciar el uso de aminoácidos derivados de la proteína de la dieta para la respuesta de SPM después del ejercicio.

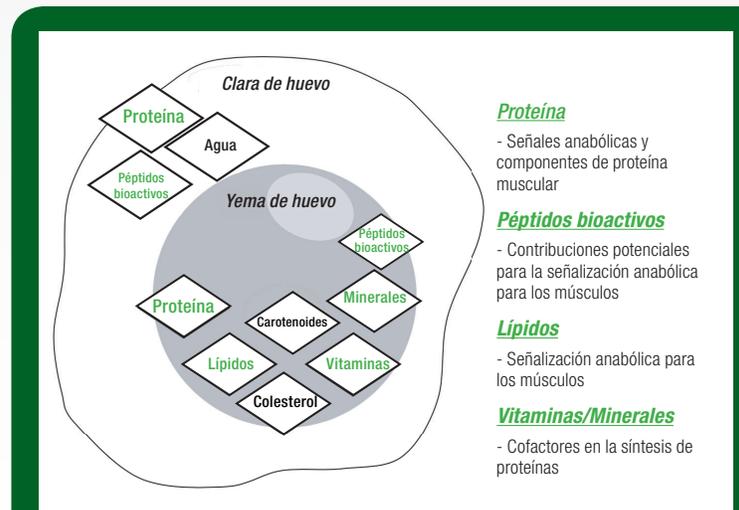


Figura 2. La matriz del huevo entero es rica en proteína de la dieta, lípidos, vitaminas y minerales al compararla con la matriz de la clara de huevo. La matriz alimentaria, sus componentes, y su interacción probablemente pueden optimizar el uso de los aminoácidos de la dieta en la circulación para la estimulación de las tasas de síntesis de proteína muscular después del ejercicio, comparado con el consumo respectivo de cada nutriente en forma aislada.

Es de hacerse notar que no se ha demostrado que el contenido de energía total de una comida con proteína consumida junto con otros macronutrientes aislados, o su respuesta postprandial asociada de la insulina plasmática, sean un factor anabólico para la SPM in vivo en humanos (Gorissen et al., 2014; 2017). Por lo tanto, las propiedades anabólicas de los alimentos en la SPM se extienden más allá de su contenido energético y el incremento asociado en las concentraciones de insulina plasmática frente a la elevada disponibilidad de aminoácidos plasmáticos (Elliot et al., 2006). Se requiere más trabajo para definir más a fondo cómo las fuentes de proteína de los alimentos enteros pueden utilizarse para *optimizar* la proteína en la comida para un atleta.

RESUMEN Y APLICACIONES PRÁCTICAS

En resumen, una sesión aguda de ejercicio incrementa el potencial anabólico de las comidas después del ejercicio durante un periodo prolongado de recuperación. La proteína es el componente anabólico fundamental de la nutrición después del ejercicio para promover las

respuestas de SPM que aportan las bases para las adaptaciones musculares y de rendimiento. Asegurar un adecuado consumo de proteína de alta calidad durante la recuperación después del ejercicio es una prioridad, y utilizar alimentos enteros ricos en proteína o suplementos de proteína depende altamente tanto de factores nutricionales (perfil de aminoácidos o densidad de nutrientes) como no nutricionales (es decir, preferencia, costo, disponibilidad), y cómo un paradigma particular de alimentación complementaría la estrategia de recuperación para diferentes tipos de entrenamiento y eventos competitivos.

- Se ha demostrado que la cantidad *máxima* de proteína a consumir en una comida después del ejercicio de fuerza está entre 20-40 g de proteína basada en fuentes aisladas. Esto solo define la estimulación máxima de SPM, y no se ha determinado una dosificación más efectiva.
- Las aplicaciones prácticas de la dosificación máxima de proteína para la SPM basada en fuentes de proteína aislada (es decir, 20-40 g por comida) pueden ser difíciles de lograr cuando se consideran otros requerimientos nutricionales.
- Definir la dosificación *óptima* de proteína busca maximizar el uso de aminoácidos de la dieta para la SPM y minimizar la pérdida de aminoácidos por oxidación.
- El consumo de fuentes de proteína de alimentos enteros, debido a la interacción de sus componentes nutritivos no proteicos, puede optimizar probablemente el uso de aminoácidos de la dieta para la SPM después del ejercicio. Además, la calidad de la dieta puede mejorarse a través del consumo de fuentes de proteína de alimentos enteros cuando se comparan con fuentes de proteína aislada.
- Los nutricionistas deportivos deben tomar en consideración el patrón habitual de alimentación y la elección de alimentos de un atleta (es decir, algunas poblaciones obtienen la mayoría de su proteína de la dieta de alimentos enteros basados en plantas) cuando elaboran recomendaciones nutricionales, ya que puede ser útil en identificar si se debe incorporar alimentos enteros ricos en proteína, suplementos, o ambos.

REFERENCIAS

- Abou Sawan, S., S. van Vliet, J.T. Parel, J.W. Beals, M. Mazzulla, D.W.D. West, A. Philp, Z. Li, S.A. Paluska, N.A. Burd, and D.R. Moore (2018). Translocation and protein complex co-localization of mTOR is associated with postprandial myofibrillar protein synthesis at rest and after endurance exercise. *Physiol. Rep.* 6(5):e13628.
- Allen, J.M., L.J. Mailing, G.M. Niemi, R. Moore, M.D. Cook, B.A. White, H.D. Holscher, and J.A. Woods (2018). Exercise alters gut microbiota composition and function in lean and obese humans. *Med. Sci. Sports Exerc.* 50:747-757.
- An, R. and N.A. Burd (2015). Change in daily energy intake associated with pairwise compositional change in carbohydrate, fat and protein intake among US adults, 1999-2010. *Pub. Health Nutr* 18:1343-1352.
- 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.* 273:E122-E129.
- Burd, N.A., S.H. Gorissen, S. van Vliet, T. Snijders, and L.J. van Loon (2015). Differences in postprandial protein handling after beef compared with milk ingestion during postexercise recovery: a randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 102:828-836.
- Burd, N.A., D.W. West, D.R. Moore, P.J. Atherton, A.W. Staples, T. Prior, J.E. Tang, M.J. Rennie, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2011). Enhanced amino acid sensitivity of myofibrillar protein synthesis persists for up to 24 h after resistance exercise in young men. *J. Nutr.* 141, 568-573.
- Churchward-Venne, T.A., T. Snijders, A.M. Linkens, H.M. Hamer, J. van Kranenburg, and L.J. van Loon (2015). Ingestion of casein in a milk matrix modulates dietary protein digestion and absorption kinetics but does not modulate postprandial muscle protein synthesis in older men. *J. Nutr.* 145:1438-1445.
- Elliott, T.A., M.G. Cree, A.P. Sanford, R.R. Wolfe, and K.D. Tipton (2006). Milk ingestion stimulates net muscle protein synthesis following resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 38:667-674.
- Evenepoel, P., B. Geypens, A. Luybaerts, M. Hiele, Y. Ghos, and P. Rutgeerts (1998). Digestibility of cooked and raw egg protein in humans as assessed by stable isotope techniques. *J. Nutr.* 128:1716-1722.
- Gorissen, S.H., N.A. Burd, H.M. Hamer, A.P. Gijsen, B.B. Groen, and L.J. van Loon (2014). Carbohydrate coingestion delays dietary protein digestion and absorption but does not modulate postprandial muscle protein accretion. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 99:2250-2258.
- Gorissen, S.H.M., N.A. Burd, I.F. Kramer, J. van Kranenburg, A.P. Gijsen, O. Rooyackers, and L.J.C. van Loon (2017). Co-ingesting milk fat with micellar casein does not affect postprandial protein handling in healthy older men. *Clin. Nutr.* 36:429-437.
- Jacobs, D.R., Jr., M.D. Gross, and L.C. Tapsell (2009). Food synergy: an operational concept for understanding nutrition. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:1543S-1548S.
- JanssenDuijnhuijsen, L.M., M. Mensink, K. Lenaerts, E. Fiedorowicz, Protégé study group, D.A. van Dartel, J.J. Mes, Y.C. Luiking, J. Keijer, H.J. Wichers, R.F. Witkamp, and K. van Norren (2016). The effect of endurance exercise on intestinal integrity in well-trained healthy men. *Physiol. Rep* 4(20):e12994.
- Mazzulla, M., J.T. Parel, J.W. Beals, S. van Vliet, S. Abou Sawan, D.W.D. West, S.A. Paluska, A.V. Ulanov, D.R. Moore, and N.A. Burd (2017). Endurance exercise attenuates postprandial whole-body leucine balance in trained men. *Med. Sci. Sports Exerc.* 49:2585-2592.
- Meyer, N. and A. Reguant-Closa (2017). "Eat as if you could save the planet and win!" Sustainability integration into nutrition for exercise and sport. *Nutrients* 9:412.
- Moore, D.R., M.J. Robinson, J.L. Fry, J.E. Tang, E.I. Glover, S.B. Wilkinson, T. Prior, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2009a). Ingested protein dose response of muscle and albumin protein synthesis after resistance exercise in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 89:161-168.
- Moore, D.R., J.E. Tang, N.A. Burd, T. Rerich, N.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2009b). Differential stimulation of myofibrillar and sarcoplasmic protein synthesis with protein ingestion at rest and after resistance exercise. *J. Physiol.* 587:897-904.
- Pennings, B., Y. Boirie, J.M. Senden, A.P. Gijsen, H. Kuipers, and L.J. van Loon (2011). Whey protein stimulates postprandial muscle protein accretion more effectively than do casein and casein hydrolysate in older men. *Am. J. Clin. Nutr.* 93:997-1005.
- Raj, T., U. Dileep, M. Vaz, M.F. Fuller, and A.V. Kurpad (2008). Intestinal microbial contribution to metabolic leucine input in adult men. *J. Nutr.* 138:2217-2221.
- Staples, A.W., N.A. Burd, D.W. West, K.D. Currie, P.J. Atherton, D.R. Moore, M.J. Rennie, M.J. Macdonald, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2011). Carbohydrate does not augment exercise-induced protein accretion versus protein alone. *Med. Sci. Sports Exerc.* 43:1154-1161.
- Tang, J.E., D.R. Moore, G.W. Kujbida, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2009). Ingestion of whey hydrolysate, casein, or soy protein isolate: effects on mixed muscle protein synthesis at rest and following resistance exercise in young men. *J. Appl. Physiol.* 107:987-992.
- van Vliet, S., N.A. Burd, and L.J. van Loon (2015). The skeletal muscle anabolic response to plant-versus animal-based protein consumption. *J. Nutr.* 145:1981-1991.
- van Vliet, S., E.L. Shy, S. Abou Sawan, J.W. Beals, D.W. West, S.K. Skinner, A.V. Ulanov, Z. Li, S.A. Paluska, C.M. Parsons, D.R. Moore, and N.A. Burd (2017). Consumption of whole eggs promotes greater stimulation of postexercise muscle protein synthesis than consumption of isonitrogenous amounts of egg whites in young men. *Am. J. Clin. Nutr.* 106:1401-1412.
- van Wijck, K., B. Pennings, A.A. van Bijnen, J.M. Senden, W.A. Buurman, C.H. Dejong, L.J. van Loon, and K. Lenaerts (2013). Dietary protein digestion and absorption are impaired during acute postexercise recovery in young men. *Am. J. Physiol.* 304:R356-R361.
- Volpi, E., H. Kobayashi, M. Sheffield-Moore, B. Mittendorfer, and R.R. Wolfe (2003). Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 78:250-258.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Burd, N., et al (2019). Protein-containing food is more than the sum of its constituent amino acids for post-exercise muscle anabolic potencial. Sports Science Exchange 194, Vol. 29, No. 194, 1-5, por el Dr. Samuel Alberto García Castrejón.