



PROTEÍNA DE ORIGEN VEGETAL VERSUS ANIMAL PARA APOYAR EL ACONDICIONAMIENTO MUSCULAR

Luc J.C. van Loon | Departamento de Biología Humana, Escuela de Nutrición e Investigación Traslacional en Metabolismo (NUTRIM), Universidad de Maastricht, Maastricht, Países Bajos

PUNTOS CLAVE

- El aumento en las tasas de síntesis de proteína muscular parece ser menos robusto luego de la ingesta de una comida de proteína de origen vegetal (20-25 g), en comparación con una ingesta similar de proteína de origen animal.
- Las menores propiedades anabólicas de las proteínas de origen vegetal se atribuyen a un contenido de aminoácidos esenciales más bajo en comparación con las proteínas de origen animal de alta calidad. Muchas proteínas de origen vegetal son deficientes en uno o más aminoácidos específicos, como lisina o metionina.
- Existe una variación considerable en el contenido de proteína de varias fuentes vegetales y la composición de aminoácidos de sus proteínas derivadas.
- El aumento en las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de una fuente de proteína de origen vegetal o un aislado o concentrado de proteína vegetal puede mejorarse aumentando la cantidad de proteína ingerida, consumiendo una combinación de diferentes fuentes de proteína vegetal o concentrado de proteína de origen vegetal y/o fortificando estas proteínas con los aminoácidos (libres) deficientes.
- El consumo de una cantidad determinada de proteína a través de alimentos enteros de origen vegetal generalmente requiere una mayor cantidad de alimentos, tanto en peso como en contenido calórico, en comparación con el consumo de una cantidad equivalente de proteína a través de proteínas de origen animal de alta calidad.
- El acondicionamiento muscular en los atletas no se compromete al adoptar una dieta basada en plantas, siempre y cuando se consuma suficiente proteína de una gran variedad de fuentes de proteínas de origen vegetal.

INTRODUCCIÓN

La ingesta de proteína estimula la síntesis de proteína del músculo esquelético (Groen et al., 2015). Las tasas de síntesis de proteína muscular aumentan aún más cuando se ingiere proteína durante la recuperación del ejercicio, lo que facilita el acondicionamiento muscular (Moore et al., 2009b). La ingesta de 20 g de una proteína de alta calidad puede maximizar las tasas de síntesis de proteína muscular durante varias horas (Churchward-Venne et al., 2020; Moore et al., 2009a; Witard et al., 2014). La respuesta de síntesis de proteína muscular debido a la alimentación se determina en gran medida por la cantidad de proteína ingerida (Churchward-Venne et al., 2020; Moore et al., 2009a; Robinson et al., 2013; Witard et al., 2014), la cinética de digestión y absorción de proteínas (Boirie et al., 1997) y la composición de aminoácidos de la fuente de proteína que se consume (Tang et al., 2009; Yang et al., 2012b). Por lo tanto, la respuesta de síntesis de proteína muscular debido a la ingesta de proteína puede variar sustancialmente entre diferentes fuentes de proteína de la dieta (Gorissen et al., 2016; Tang et al., 2009; Yang et al., 2012b). Las diferentes respuestas de síntesis de proteína muscular a la alimentación dependen en gran medida del aumento postprandial de las concentraciones de aminoácidos esenciales circulantes, siendo la concentración plasmática de leucina de particular importancia (Dickinson et al., 2014; Koopman et al., 2005; Rieu et al., 2006; Wall et al., 2013; Wilkinson et al., 2013). El aumento postprandial de los aminoácidos circulantes y el posterior aumento de la tasa de síntesis de proteína muscular se regulan en varios niveles, que van desde la digestión de proteína y la absorción de aminoácidos, la extracción de aminoácidos de la circulación esplácnica, la perfusión tisular postprandial, la absorción de aminoácidos en el músculo, la activación de la maquinaria de síntesis de proteína muscular y finalmente,

la síntesis de proteína muscular (Groen et al., 2015; Trommelen et al., 2021a). Hasta la fecha, la mayoría de los estudios han evaluado las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de proteína láctea (Churchward-Venne et al., 2019a; Pennings et al., 2011; Tang et al., 2007; Tipton et al., 2004; Wilkinson et al., 2018) y el consumo de carne (Burd et al., 2015; Robinson et al., 2013).

Dado que se estima que la población mundial llegará a casi 10 000 millones para 2050, es posible que ya no sea factible producir cantidades suficientes de alimentos convencionales ricos en proteína de origen animal para satisfacer la creciente demanda mundial de proteína en la dieta. Esto ha provocado la tendencia de hacer la transición hacia el consumo de una dieta (más) basada en plantas. Cambiar a una dieta (más) basada en plantas aumentará el consumo de proteínas de origen vegetal a expensas de las proteínas de origen animal. Aunque el mercado actual ya ofrece una amplia selección de fuentes de proteína de origen vegetal y concentrados o aislados de proteína de origen vegetal, existen pocos estudios que hayan evaluado la biodisponibilidad y las propiedades anabólicas de las proteínas de origen vegetal *in vivo* en humanos (Churchward-Venne et al., 2019b; Gorissen et al., 2016; Pinckaers et al., 2021; Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012a). Estos estudios tienden a mostrar que la ingesta de proteínas de origen vegetal, como la proteína de soya y trigo, no tiene la misma capacidad para aumentar las tasas de síntesis de proteína muscular en comparación con la ingesta de una cantidad equivalente de proteína de origen animal (Gorissen et al., 2016; Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012a). En consecuencia, existe la preocupación de si el consumo de una dieta (más) basada en plantas y proteínas de origen vegetal a expensas de las proteínas de origen animal podría comprometer la

síntesis de proteína muscular y, por lo tanto, afectar negativamente la salud y el rendimiento muscular.

BIODISPONIBILIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Después de la ingesta de alimentos, la proteína se descompone mecánicamente y químicamente en componentes más pequeños en la boca, el estómago y el intestino delgado (Trommelen et al., 2021b), luego los aminoácidos pueden absorberse en la luz intestinal. Una parte sustancial de los aminoácidos absorbidos se retendrá y metabolizará en la región esplácnica, pero la mayoría de los aminoácidos derivados de proteínas se liberarán a la circulación. La evaluación cuantitativa de la digestibilidad de las proteínas, la capacidad de absorción de los aminoácidos, la extracción esplácnica y la liberación de aminoácidos en la circulación es compleja y solo unos pocos estudios han intentado cuantificar el manejo postprandial de proteínas in vivo en humanos (Groen et al., 2015). En general, las proteínas de los alimentos enteros de origen vegetal no se absorben tan eficazmente como las proteínas de los alimentos enteros de origen animal (Kashyap et al., 2018; 2019). La menor capacidad de absorción de las proteínas de origen vegetal se puede atribuir en gran medida a los factores antinutricionales presentes en estas fuentes de proteína (Sarwar Gilani et al., 2012). Cuando una proteína de origen vegetal se extrae del alimento que la contiene y se retiran los factores antinutricionales para producir un aislado o concentrado, la capacidad de absorción de la proteína obtenida suele alcanzar niveles similares a los observados para las fuentes de proteína de origen animal convencionales (Gausserès et al., 1997). Esto implica que la menor capacidad de absorción de la proteína de origen vegetal no es una característica intrínseca de la proteína per se, sino simplemente el resultado de la matriz alimentaria que la acompaña.

Además de la biodisponibilidad general de una proteína, existen abundantes datos que sugieren que la tasa de absorción de aminoácidos forma un factor independiente que modula la respuesta sintética de la proteína muscular a la alimentación (Gorissen et al., 2020; Koopman et al., 2009b; Pennings et al., 2011). Hay pocos datos disponibles sobre la cinética de absorción de aminoácidos después de la ingesta de fuentes de proteína de origen vegetal, o concentrados o aislados de proteína derivada de vegetales. A diferencia de muchas fuentes de proteína de origen vegetal, el consumo de sus aislados o concentrados suele acompañarse de aumentos rápidos en las concentraciones de aminoácidos en plasma que no difieren sustancialmente de la mayoría de las proteínas o fuentes de proteína de origen animal (Brennan et al., 2019; Gorissen et al., 2016; Liu et al., 2019; Pinckaers et al., 2021; Tang et al., 2009). Es más probable que los factores antinutricionales presentes en los alimentos enteros de origen vegetal no solo comprometan la biodisponibilidad de las proteínas, sino que también atenúen el aumento postprandial de las concentraciones de aminoácidos circulantes en el plasma. Debido a las aparentes diferencias en su capacidad de absorción, su digestión y la cinética de absorción de aminoácidos, debemos tener cuidado al referirnos a las fuentes de proteína de origen vegetal como alimentos enteros o como aislados y concentrados.

CALIDAD DE LAS PROTEÍNAS

El aumento en las concentraciones de aminoácidos en plasma después de la ingesta de proteína activa la maquinaria de síntesis de proteína en el tejido del músculo esquelético y proporciona los componentes básicos para permitir que aumenten las tasas de síntesis de proteína muscular. Los aminoácidos esenciales se consideran los principales responsables de la estimulación de la síntesis de proteína muscular. En consecuencia, las proteínas con un contenido mayor de aminoácidos esenciales se consideran proteínas de mayor calidad y es más probable que estimulen (aun más) la síntesis de proteína muscular. El contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas de origen vegetal es generalmente más bajo en comparación con las proteínas de origen animal (Gorissen et al., 2018; van Vliet et al., 2015). Sin embargo, también existen proteínas de origen vegetal (como: proteína de soya, arroz integral, canola, guisante (chícharo), maíz y patata (papa)) que tienen un contenido de aminoácidos esenciales relativamente alto y cumplen las recomendaciones de la OMS/FAO/UNU (FAO /Consulta de expertos de la OMS/UNU, 2007). Por lo tanto, varias proteínas de origen vegetal pueden proporcionar suficientes aminoácidos esenciales para permitir un fuerte aumento en la síntesis de proteína muscular. De todos los aminoácidos, la leucina parece poseer las propiedades anabólicas más fuertes. Por lo tanto, el contenido de leucina de una proteína de la dieta se considera otra característica clave que determina sus propiedades anabólicas. La recomendación actual de leucina dentro de una fuente de proteína determinada está fijada en 5.9% por la OMS/FAO/UNU (consulta de expertos de FAO/OMS/UNU, 2007). Mientras que las proteínas de origen vegetal como el cáñamo (5.1% de leucina) y el lupino (5.2%) se quedan cortas, otras proteínas como la soya (6.9%), la canola (6.9%), el guisante (7.2%), el arroz integral (7.4%), la patata (8.3%) y la proteína de maíz (13.5%) contienen leucina en cantidades que exceden los requerimientos recomendados. El contenido de leucina de la proteína de papa (8.3%) es aún mayor que el de la caseína (8.0%) o la proteína de huevo (7.0%). Además, el contenido de leucina de la proteína de maíz (13.5%) es superior al de la proteína de suero de leche (11.0%), siendo esta última considerada la proteína con mayor contenido de leucina y mayor potencial anabólico entre las proteínas convencionales de origen animal. Además del contenido de aminoácidos esenciales relativamente bajo (es decir, bajo contenido de leucina), muchas proteínas de origen vegetal son deficientes en uno o más aminoácidos específicos. Las proteínas de origen vegetal a menudo tienen un contenido particularmente bajo de lisina y/o metionina (que van del 1.4% al 6.0% y del 0.2% al 2.5%, respectivamente) en comparación con las proteínas de origen animal (que van del 5.3% al 9.0% y el 2.2% al 2.8%, respectivamente). Sin embargo, existe una variabilidad considerable en la composición de aminoácidos entre las diferentes fuentes de proteína vegetal y las proteínas derivadas de vegetales (Gorissen et al., 2018; van Vliet et al., 2015).

Solo un puñado de estudios ha comparado directamente las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de proteínas de origen vegetal versus animal (Churchward-Venne et al., 2019b; Gorissen et al., 2016; Pinckaers et al., 2021; Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012b). Se ha demostrado que la ingesta de proteína de soya es menos efectiva para estimular las tasas

de síntesis de proteína muscular en comparación con una cantidad equivalente de proteína de suero de leche, en reposo y durante la recuperación del ejercicio (Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al. al., 2012b). Además, Yang et al. (2012b) demostraron que ingerir una mayor cantidad de proteína de soya (40 g frente a 20 g) no compensó la menor respuesta de síntesis de proteína muscular en comparación con la ingesta de 20 g de proteína de suero de leche, mientras que no hubo un aumento significativo en la tasa de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de 35 g de proteína de trigo en un grupo de hombres mayores (Gorissen et al., 2016). Sin embargo, se observó un fuerte aumento en la tasa de síntesis de proteína muscular cuando la cantidad de proteína de trigo se incrementó a 60 g, proporcionando la cantidad equivalente de leucina contenida en 35 g de proteína de suero (Gorissen et al., 2016). Estos datos respaldan la hipótesis de que las diferencias en la composición de aminoácidos pueden compensarse, al menos en parte, al ingerir mayores cantidades de cierta proteína o fuente de proteína.

MEJORANDO LA FUNCIONALIDAD DE LAS PROTEÍNAS

Las menores propiedades anabólicas de las proteínas de origen vegetal en comparación con las proteínas de origen animal pueden atribuirse a las diferencias en la capacidad de absorción de proteínas, su digestión y la cinética de absorción de aminoácidos y/o la composición de aminoácidos de esas proteínas. Dependiendo de los factores responsables, existen varias estrategias que se pueden aplicar para aumentar las propiedades anabólicas de las proteínas de origen vegetal. El procesamiento de alimentos enteros puede aumentar considerablemente la capacidad de absorción de la proteína intrínseca (Devi et al., 2018). La extracción de proteína y la purificación de factores antinutricionales mejorarán la biodisponibilidad de la proteína (Gausserès et al., 1997). El tratamiento térmico y la hidrólisis de la proteína pueden aumentar aún más la digestibilidad y/o mejorar su digestión y la cinética de absorción de aminoácidos (Gorissen et al., 2015; Koopman et al., 2009a). Este procesamiento generalmente se aplica en la mayoría de las fuentes de proteínas de origen vegetal y animal que compramos como productos alimenticios (procesados) o como aislados o concentrados de proteína.

Las reducidas propiedades anabólicas de algunas proteínas de origen vegetal también se atribuyen al contenido más bajo de aminoácidos esenciales y/o debido a deficiencias específicas de aminoácidos. Una forma sencilla de compensar la menor calidad de proteína de una fuente de proteína de origen vegetal es consumir más (Yang et al., 2012a). Aunque tal estrategia es fácil de aplicar cuando se consume un aislado o concentrado de proteína de origen vegetal, puede no ser práctico o factible cuando se consumen alimentos enteros. Debido a la baja densidad de proteína de la mayoría de las fuentes de proteína de origen vegetal, ingerir una mayor cantidad de proteína se traduciría en un aumento desproporcionado en el volumen y el contenido calórico de los alimentos que se necesitaría consumir (Figuras 1, 2).

Otra estrategia para aumentar el potencial anabólico de una fuente de proteína de origen vegetal de baja calidad es combinar diferentes proteínas y/o fuentes para proporcionar una mezcla de proteína con un perfil de aminoácidos más equilibrado, sin deficiencias aparentes. Por ejemplo, las proteínas de maíz, cáñamo, arroz integral, soya y

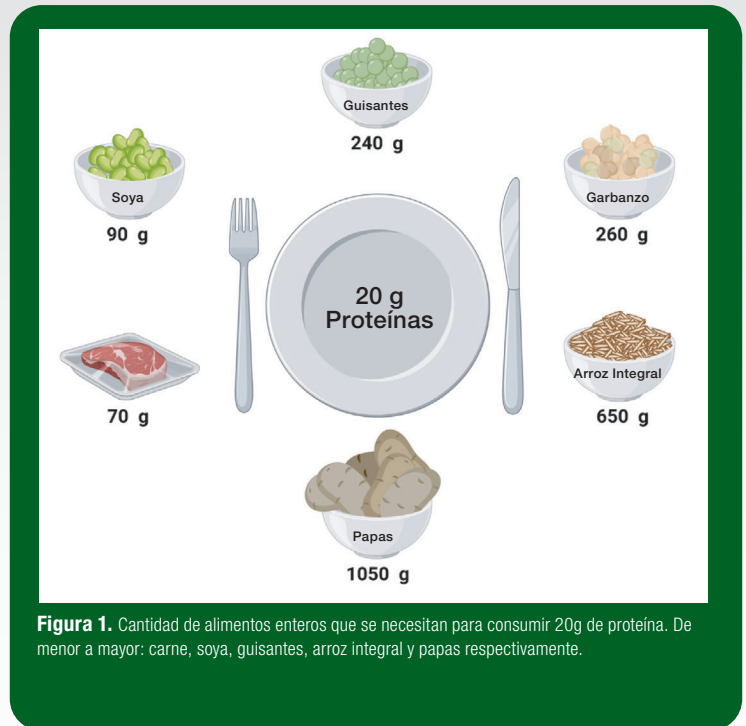


Figura 1. Cantidad de alimentos enteros que se necesitan para consumir 20g de proteína. De menor a mayor: carne, soya, guisantes, arroz integral y papas respectivamente.

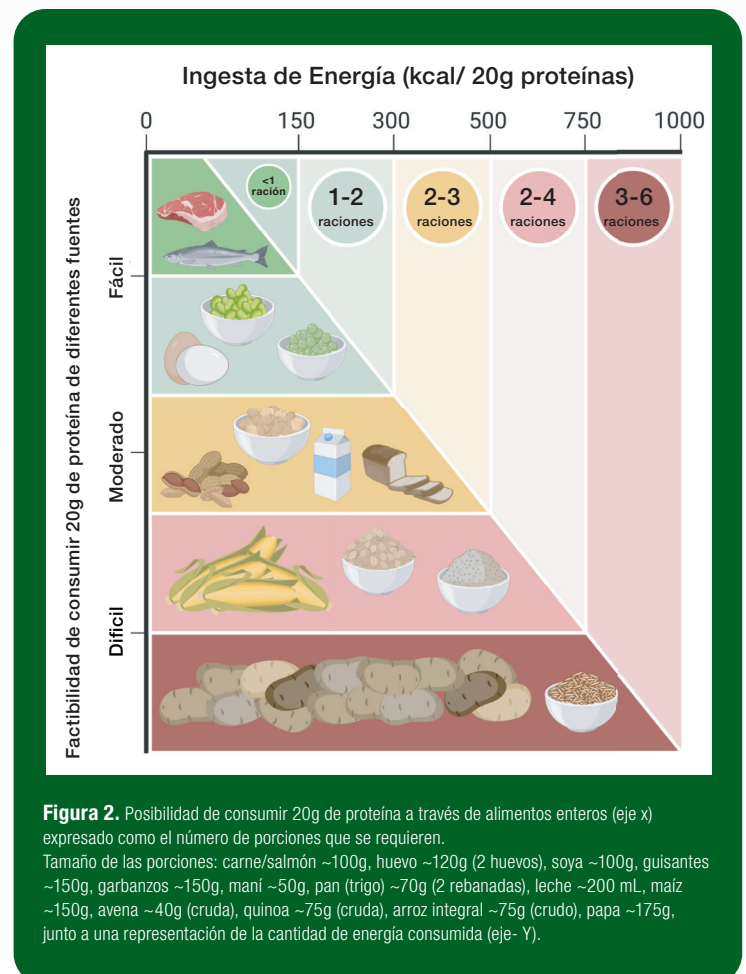


Figura 2. Posibilidad de consumir 20g de proteína a través de alimentos enteros (eje x) expresado como el número de porciones que se requieren.

Tamaño de las porciones: carne/salmón ~100g, huevo ~120g (2 huevos), soya ~100g, guisantes ~150g, garbanzos ~150g, maní ~50g, pan (trigo) ~70g (2 rebanadas), leche ~200 mL, maíz ~150g, avena ~40g (cruda), quinoa ~75g (cruda), arroz integral ~75g (crudo), papa ~175g, junto a una representación de la cantidad de energía consumida (eje- Y).

guisantes tienen un bajo contenido de lisina y/o metionina (Gorissen et al., 2018).

Estas carencias se pueden compensar consumiendo hasta 4 veces más de la misma proteína. Sin embargo, al combinar proteína de maíz, cáñamo o arroz integral (bajo contenido de lisina y alto contenido de metionina) con una cantidad igual de proteína de soya o guisante (bajo contenido de metionina y alto contenido de lisina), se puede crear una mezcla de proteínas con un perfil de aminoácidos más equilibrado que compensa en gran medida cualquier deficiencia de aminoácidos (Gorissen et al., 2018). Además de las mezclas exclusivas de proteínas de origen vegetal, las combinaciones de proteínas de origen vegetal y animal también pueden resultar de gran valor como medio para reducir el consumo de alimentos de origen animal sin comprometer la calidad general de la proteína. Además, se han reportado aumentos sólidos en las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de mezclas de proteína de suero, caseína y soya (Reidy et al., 2013). Se pueden componer muchas más mezclas de proteínas para lograr objetivos particulares con respecto a la composición de aminoácidos, el precio, el sabor y la sostenibilidad sin comprometer la capacidad de estimular la síntesis de proteína muscular (Pinckaers et al., 2021).

Si la deficiencia de un aminoácido específico constituye el factor limitante para que una fuente de proteína de origen vegetal aumente la síntesis de proteína muscular, una opción alternativa sería fortalecer el producto con el aminoácido libre específico. Para respaldar esto, se ha informado que la fortificación con leucina de un bolo de proteína intacta, mezcla de aminoácidos o comida mixta aumenta aún más las tasas de síntesis de proteína muscular (Katsanos et al., 2006; Rieu et al., 2006; Wall et al., 2013). Hasta donde sabemos, hay pocos datos disponibles sobre el impacto de la fortificación con leucina de las proteínas de origen vegetal como un medio para aumentar aún más las tasas de síntesis de proteína muscular. Un estudio en roedores demostró tasas más bajas de síntesis de proteína muscular después de alimentarlos con trigo que con proteína de suero de leche (Norton et al., 2012). La fortificación de la proteína de trigo con leucina libre, para igualar el contenido de leucina de una cantidad equivalente de proteína de suero de leche, aumentó las tasas de síntesis de proteína muscular a un nivel que ya no era diferente de la respuesta observada después de la alimentación con proteína de suero de leche. Por el contrario, no observamos tasas más altas de síntesis de proteína muscular después del ejercicio y de la ingesta de 20 g de proteína de soya fortificada con 2.5 g de leucina libre en comparación con 20 g de proteína de soya solamente (Churchward-Venne et al., 2019b). Solo podemos suponer que, en estas condiciones, el contenido de leucina no fue un factor limitante para el aumento postprandial en las tasas de síntesis de proteína muscular. Dado que muchas proteínas de origen vegetal son deficientes en lisina y/o metionina, se ha planteado la hipótesis de que se requiere el fortalecimiento de estas proteínas de origen vegetal para desbloquear completamente su potencial anabólico. Aunque dicha fortificación con aminoácidos libres se aplica comúnmente en productos de origen vegetal diseñados para reemplazar la carne o los productos lácteos, no existen estudios que hayan evaluado la eficacia de la fortificación con aminoácidos libres para aumentar (aún más) las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de dichas proteínas de origen vegetal.

MANEJO DE LAS PROTEÍNAS DESPUÉS DE LA INGESTA DE COMIDAS

El estudio de las propiedades anabólicas de las proteínas de origen vegetal se ha limitado en gran medida a un puñado de aislados o concentrados de proteínas de origen vegetal y animal. Sin embargo, la proteína de la dieta generalmente se consume en forma de un alimento completo o producto alimenticio y como parte de una comida completa aún más compuesta. Cuando se consumen proteínas como parte de un producto y/o comida, otros nutrientes como carbohidratos, grasas, micronutrientes y otros compuestos (anti)nutricionales pueden modificar la digestión postprandial de proteínas, la cinética de absorción de aminoácidos y las subsiguientes tasas de síntesis de proteína muscular (Trommelen et al., 2019). Para respaldar esto, nosotros (Gorissen et al., 2014; Koopman et al., 2007) hemos demostrado que la digestión postprandial de proteínas y la absorción de aminoácidos pueden retrasarse cuando los carbohidratos o las grasas se ingieren junto con la proteína. Sin embargo, la ingesta conjunta de carbohidratos con proteína no parece modular las tasas de síntesis de proteína muscular durante la recuperación del ejercicio (Koopman et al., 2007).

Si bien tales estudios brindan información sobre el impacto de la ingesta conjunta de otros macronutrientes en la digestión de proteínas, la cinética de absorción de aminoácidos y la posterior estimulación postprandial de la síntesis de proteína muscular, no reflejan necesariamente la respuesta anabólica al consumo de los alimentos enteros del que se derivan. Mientras que varios estudios han evaluado las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de alimentos enteros como leche (Burd et al., 2015), carne (Burd et al., 2015; Robinson et al., 2013) y huevos (van Vliet et al., 2017), no se ha realizado ningún trabajo sobre las respuestas anabólicas a la ingesta de alimentos enteros de origen vegetal o comidas mixtas. Esto nos impide comprender las verdaderas propiedades anabólicas del consumo de alimentos de origen vegetal, ya que su matriz alimentaria puede comprometer la digestión de proteínas, la cinética de absorción de aminoácidos y atenuar el aumento postprandial en las tasas de síntesis de proteína muscular. La respuesta de síntesis de proteína muscular a la ingesta de comida es compleja y no puede predecirse simplemente por la composición de aminoácidos de la proteína o las concentraciones de aminoácidos en plasma circulante.

PROTEÍNAS DERIVADAS DE PLANTAS EN LA NUTRICIÓN DEPORTIVA

La transición hacia una dieta más basada en plantas también ha ganado interés entre los atletas y sus entrenadores. No es sorprendente que esto haya generado muchas preguntas sobre el impacto del consumo de proteínas de origen vegetal de menor calidad en la recuperación y el acondicionamiento muscular después del ejercicio. Hay pocos estudios que hayan comparado la respuesta a la síntesis de proteína muscular posterior al ejercicio después de la ingesta de proteínas de origen vegetal versus animal (Churchward-Venne et al., 2019b; Gorissen et al., 2016; Pinckaers et al., 2021; Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007; Yang et al., 2012b). En estos estudios, la principal proteína de origen vegetal que se ha empleado es la proteína de soya. Algunos estudios (Tang et al., 2009; Wilkinson et al., 2007;

Yang et al., 2012b) pero ciertamente no todos (Churchward-Venne et al., 2019b) han informado un aumento menor en las tasas de síntesis de proteína muscular posterior al ejercicio después de la ingesta de proteína de soya en comparación con una cantidad equivalente de proteína de leche o suero de leche. El ejercicio hace que el músculo sea más sensible a las propiedades anabólicas de la administración de aminoácidos o proteínas. Por lo tanto, podría especularse que el aumento postprandial de las concentraciones de leucina en plasma circulante es de menor importancia cuando se consumen proteínas durante la recuperación del ejercicio. Es posible que el contenido más bajo de leucina de la mayoría de las proteínas de origen vegetal ya no comprometa las tasas de síntesis de proteína muscular durante las etapas agudas de la recuperación posterior al ejercicio. La capacidad de una proteína para respaldar el aumento posterior al ejercicio en la síntesis de proteína muscular probablemente estará determinada por la cantidad de aminoácidos y la velocidad a la que se proporcionan como precursores para la síntesis de proteína muscular. Una amplia provisión de todos los aminoácidos sin deficiencias en aminoácidos específicos puede ser de importancia primordial al determinar la proteína de origen vegetal (o mezcla) óptima para apoyar el acondicionamiento muscular posterior al ejercicio.

Los estudios de intervención a largo plazo tienden a mostrar mayores ganancias en la masa muscular y la fuerza cuando se aplican suplementos de proteína durante el entrenamiento prolongado de ejercicios de fuerza (Cermak et al., 2012). Se han informado aumentos en las tasas diarias de síntesis de proteína muscular y/o ganancias en la masa muscular después del entrenamiento con ejercicios de fuerza mientras se complementan las proteínas de origen vegetal, como la proteína de soya, guisante, arroz y papa (Lim et al., 2021). Es poco probable que estas ganancias en masa muscular y fuerza difieran mucho de las ganancias observadas si se hubiera suplementado una cantidad equivalente de proteína de origen animal. Un metanálisis reciente concluyó que el origen animal o vegetal de la fuente de proteína suplementada no tiene un impacto significativo en las ganancias de masa magra o fuerza muscular después del entrenamiento con ejercicios de fuerza (Lim et al., 2021). Además, un trabajo reciente (Hevia-Larraín et al., 2021) no informó diferencias en las ganancias de masa muscular y fuerza después de un entrenamiento prolongado con ejercicios de fuerza mientras se consumía una dieta exclusivamente basada en plantas o una dieta omnívora. Esto no debería ser una sorpresa, ya que los sujetos no entrenados consumían una dieta rica en proteínas (~1.6 g de proteína/kg de masa corporal/día), con cantidades sustanciales de proteína aislada de soya o suero de leche dos veces al día.

Basados en las diferencias descritas en la capacidad de absorción de proteínas, su digestión, la cinética de aminoácidos y la composición de aminoácidos entre las fuentes de proteínas de origen vegetal y animal, parece justo suponer que la transición hacia una dieta más basada en plantas requeriría que se consuma más proteína. Sin embargo, la mayoría de los atletas ya consumen grandes cantidades de proteínas debido a su alto consumo de energía. Una encuesta nacional de atletas bien entrenados informó una ingesta de proteínas de ~1.5 g de proteína/kg de masa corporal/día (Gillen et al., 2017). Aunque esto representa una ingesta diaria de proteínas muy por encima de

la Ingesta Diaria Recomendada (RDA, por sus siglas en inglés), se ha argumentado que una ingesta de proteína de hasta 1.6 g/kg de masa corporal/día maximizaría las ganancias de masa muscular y fuerza durante el entrenamiento prolongado con ejercicios de fuerza. En consecuencia, podría especularse que una dieta que proporcione proteínas de baja (o menor) calidad podría comprometer la respuesta adaptativa del músculo esquelético al entrenamiento físico. Sin embargo, este último representa más un concepto académico, ya que las pequeñas diferencias en la calidad de las proteínas no tendrán mucho impacto en la respuesta adaptativa al entrenamiento físico cuando se consumen habitualmente cantidades tan grandes de proteína. Además, cabe señalar que los atletas ya obtienen más del 40% de su ingesta diaria habitual de proteína de fuentes vegetales (Gillen et al., 2017). Más importante es el posible impacto negativo de la transición hacia una dieta más basada en plantas en un entorno donde los atletas reducen su ingesta de energía y, como tal, reducen aún más el consumo de proteína. Los atletas que intentan reducir el peso corporal mediante la restricción calórica o los atletas que se recuperan de una lesión en realidad requerirían una ingesta de proteína similar o incluso mayor (absoluta) mientras consuman menos alimentos. En tales condiciones, la densidad proteica de los alimentos y la calidad de la proteína consumida adquieren una importancia clave. La transición a una dieta con propiedades anabólicas más bajas podría comprometer el mantenimiento muscular y atenuar la recuperación muscular. Claramente, necesitamos evaluar tanto los aspectos positivos como los posibles negativos de la transición hacia una dieta más basada en plantas. Si bien se esperan muchos beneficios para la salud de una transición hacia una dieta más exclusivamente basada en plantas, debemos evaluar si esto va acompañado de una transición hacia mayores requerimientos de proteína en la dieta tanto en la salud como en la enfermedad.

OTRAS FUENTES DE PROTEÍNAS

Actualmente se están realizando enormes inversiones en la búsqueda de una producción más sostenible de fuentes de proteína de alta calidad que no se deriven de animales. Este proceso se ha expandido de las fuentes de proteína derivadas de plantas a varias otras fuentes potenciales de proteínas que son aptas para el consumo humano. Dichas fuentes de proteínas incluyen levaduras, hongos, microalgas, insectos e incluso carne cultivada en laboratorio. Se están realizando investigaciones para establecer la biodisponibilidad y la funcionalidad de muchas de estas nuevas fuentes de proteína. Es probable que muchas de estas fuentes alternativas de proteína se conviertan rápidamente en productos de nutrición deportiva.

RESUMEN

En la actualidad, existe un interés creciente en la transición hacia el consumo de una dieta más basada en plantas. El consumo de una dieta basada en plantas aumentará la ingesta de proteínas de origen vegetal a expensas de las proteínas de origen animal. Hasta ahora, la investigación ha demostrado que la ingesta de proteínas de origen vegetal, como la proteína de soya y de trigo, no estimula la síntesis de proteína muscular en la misma medida que una cantidad equivalente de proteína de origen animal. Las propiedades anabólicas más bajas

de las proteínas de origen vegetal en comparación con las proteínas de origen animal se han atribuido a las diferencias en la digestión de proteínas y la cinética de absorción de aminoácidos, así como a la composición de aminoácidos. La mayoría de las proteínas de origen vegetal tienen un contenido de aminoácidos esenciales más bajo en comparación con las proteínas de origen animal y pueden ser deficientes en uno o más aminoácidos específicos. Pocos estudios han comparado directamente las tasas de síntesis de proteína muscular después de la ingesta de proteínas de origen vegetal versus proteínas de origen animal de mayor calidad. Las propiedades anabólicas más bajas de las proteínas de origen vegetal frente a las de origen animal pueden compensarse: consumiendo más proteína de origen vegetal, usando mezclas de diferentes proteínas de origen vegetal para crear un perfil de aminoácidos más equilibrado y/o fortificando la proteína de origen vegetal con los aminoácidos libres específicos que son deficientes. Se requiere más trabajo para evaluar las propiedades anabólicas de diferentes proteínas y sus fuentes de proteína e identificar los factores que pueden o no comprometer la capacidad de estimular la síntesis de proteína muscular. Dado que los atletas saludables y activos suelen consumir una dieta que proporciona muy por encima de ~1.5 g de proteína/día, es poco probable que una proteína de menor calidad comprometa el acondicionamiento muscular en los atletas que adoptan una dieta más basada en plantas. Sin embargo, cuando los atletas están cambiando a una dieta basada en plantas en condiciones de baja ingesta de energía y/o proteínas, se recomienda consultar a un nutricionista deportivo para garantizar una provisión suficiente de proteína.

Las opiniones expresadas pertenecen al autor y no reflejan necesariamente la posición o política de PepsiCo, Inc.

REFERENCIAS

- Boirie, Y., M. Dangin, P. Gachon, M.-P. Vasson, J.-L. Maubois, and B. Beaufrère (1997). Slow and fast dietary proteins differently modulate postprandial protein accretion. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 94:14930-14935.
- Brennan, J.L., M. Keerati-U-Rai, H. Yin, J. Daoust, E. Nonnotte, L. Quinquis, T. St-Denis, and D.R. Bolster (2019). Differential responses of blood essential amino acid levels following ingestion of high-quality plant-based protein blends compared to whey protein—a double-blind randomized, cross-over, clinical trial. *Nutrients* 11:2987.
- 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.
- Cermak, N.M., P.T. Res, L.C. de Groot, W.H. Saris, and L.J. van Loon (2012). Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 96:1454-1464.
- Churchward-Venne, T.A., P.J.M. Pinckaers, J.S.J. Smeets, W.M. Peeters, A.H. Zorenc, H. Schierbeek, I. Rollo, L.B. Verdijk, and L.J.C. van Loon (2019a). Myofibrillar and mitochondrial protein synthesis rates do not differ in young men following the ingestion of carbohydrate with milk protein, whey, or micellar casein after concurrent resistance- and endurance-type exercise. *J. Nutr.* 149:198-209.
- Churchward-Venne, T.A., P.J.M. Pinckaers, J.S.J. Smeets, W.M. Peeters, A.H. Zorenc, H. Schierbeek, I. Rollo, L.B. Verdijk, and L.J.C. van Loon (2019b). Myofibrillar and mitochondrial protein synthesis rates do not differ in young men following the ingestion of carbohydrate with whey, soy, or leucine-enriched soy protein after concurrent resistance- and endurance-type exercise. *J. Nutr.* 149:210-220.
- Churchward-Venne, T.A., P.J.M. Pinckaers, J.S.J. Smeets, M.W. Betz, J.M. Senden, J.P.B. Goessens, A.P. Gijsen, I. Rollo, L.B. Verdijk, and L.J.C. van Loon (2020). Dose-response effects of dietary protein on muscle protein synthesis during recovery from endurance exercise in young men: a double-blind randomized trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 112:303-317.
- Devi, S., A. Varkey, M.S. Sheshshayee, T. Preston, and A.V. Kurpad (2018). Measurement of protein digestibility in humans by a dual-tracer method. *Am. J. Clin. Nutr.* 107:984-991.
- Dickinson, J.M., D.M. Gundermann, D.K. Walker, P.T. Reidy, M.S. Borack, M.J. Drummond, M. Arora, E. Volpi, and R.B. Rasmussen (2014). Leucine-enriched amino acid ingestion after resistance exercise prolongs myofibrillar protein synthesis and amino acid transporter expression in older men. *J. Nutr.* 144:1694-1702.
- FAO/WHO/UNU expert consultation (2007). Protein and amino acid requirements in human nutrition. WHO Technical Report Series 935:1-265.
- Gausserès, N., S. Mahé, R. Benamouzig, C. Luengo, F. Ferriere, J. Rautureau, and D. Tomé (1997). [15N]-labeled pea flour protein nitrogen exhibits good ileal digestibility and postprandial retention in humans. *J. Nutr.* 127:1160-1165.
- Gillen, J.B., J. Trommelen, F.C. Wardenaar, N.Y.J. Brinkmans, J.J. Versteegen, K.L. Jonvik, C. Kapp, J. De Vries, J.J.G.C. Van Den Borne, M.J. Gibala, and L.J.C. Van Loon (2017). Dietary protein intake and distribution patterns of well-trained dutch athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 27:105-114.
- 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., D. Remond, and L.J. van Loon (2015). The muscle protein synthetic response to food ingestion. *Meat Sci.* 109:96-100.
- Gorissen, S.H., A.M. Horstman, R. Franssen, J.J. Crombag, H. Langer, J. Bierau, F. Respondek, and L.J. van Loon (2016). Ingestion of wheat protein increases in vivo muscle protein synthesis rates in healthy older men in a randomized trial. *J. Nutr.* 146:1651-1659.
- Gorissen, S.H., J.J. Crombag, J.M. Senden, W.H. Waterval, J. Bierau, L.B. Verdijk, and L.J. van Loon (2018). Protein content and amino acid composition of commercially available plant-based protein isolates. *Amino Acids* 50:1685-1695.
- Gorissen, S.H.M., J. Trommelen, I.W.K. Kouw, A.M. Holwerda, B. Pennings, B.B.L. Groen, B.T. Wall, T.A. Churchward-Venne, A.M.H. Horstman, R. Koopman, N.A. Burd, C.J. Fuchs, M.L. Dirks, P.T. Res, J.M.G. Senden, J.M.J.M. Steijns, L.C.P.G.M. De Groot, L.B. Verdijk, and L.J.C. van Loon (2020). Protein type, protein dose, and age modulate dietary protein digestion and phenylalanine absorption kinetics and plasma phenylalanine availability in humans. *J. Nutr.* 150:2041-2050.
- Groen, B.B., A.M. Horstman, H.M. Hamer, M. de Haan, J. van Kranenburg, J. Bierau, M. Pooze, W.K. Wodzig, B.B. Rasmussen, and L.J. van Loon (2015). Post-prandial protein handling: you are what you just ate. *PLoS One* 10:e0141582.
- Hevia-Larraín, V., B. Gualano, I. Longobardi, S. Gil, A.L. Fernandes, L.A.R. Costa, R.M.R. Pereira, G.G. Artioli, S.M. Phillips, and H. Roschel (2021). High-protein plant-based diet versus a protein-matched omnivorous diet to support resistance training adaptations: A comparison between habitual vegans and omnivores. *Sports Med.* 51:1317-1330.
- Kashyap, S., N. Shivakumar, A. Varkey, R. Duraisamy, T. Thomas, T. Preston, S. Devi, and A.V. Kurpad (2018). Ileal digestibility of intrinsically labeled hen's egg and meat protein determined with the dual stable isotope tracer method in Indian adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 108:980-987.
- Kashyap, S., A. Varkey, N. Shivakumar, S. Devi, B.H.R. Reddy, T. Thomas, T. Preston, S. Sreeman, and A.V. Kurpad (2019). True ileal digestibility of legumes determined by dual-isotope tracer method in Indian adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 110:873-882.
- Katsanos, C.S., H. Kobayashi, M. Sheffield-Moore, A. Aarsland, and R.R. Wolfe (2006). A high proportion of leucine is required for optimal stimulation of the rate of muscle protein synthesis by essential amino acids in the elderly. *Am. J. Physiol.* 291:E381-E387.
- 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.* 288:E645-E653.
- Koopman, R., M. Beelen, T. Stellingwerff, B. Pennings, W.H.M. Saris, A.K. Kies, H. Kuipers, and L.J.C. Van Loon (2007). Coingestion of carbohydrate with protein does not further augment postexercise muscle protein synthesis. *Am. J. Physiol.* 293:E833-E842.
- Koopman, R., N. Crombach, A.P. Gijsen, S. Walrand, J. Fauquant, A.K. Kies, S. Lemosquet, W.H. Saris, Y. Boirie, and L.J. van Loon (2009a). Ingestion of a protein hydrolysate is accompanied by an accelerated in vivo digestion and absorption rate when compared with its intact protein. *Am. J. Clin. Nutr.* 90:106-115.

- Koopman, R., S. Walrand, M. Beelen, A.P. Gijsen, A.K. Kies, Y. Boirie, W.H. Saris, and L.J. van Loon (2009b). Dietary protein digestion and absorption rates and the subsequent postprandial muscle protein synthetic response do not differ between young and elderly men. *J. Nutr.* 139:1707-1713.
- Lim, M.T., B.J. Pan, D.W.K. Toh, C.N. Sutanto, and J.E. Kim (2021). Animal protein versus plant protein in supporting lean mass and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients* 13:661.
- Liu, J., M. Klebach, M. Visser, and Z. Hofman (2019). Amino acid availability of a dairy and vegetable protein blend compared to single casein, whey, soy, and pea proteins: a double-blind, cross-over trial. *Nutrients* 11:2613.
- 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. Rerечich, M.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.
- Norton, L.E., G.J. Wilson, D.K. Layman, C.J. Moulton, and P.J. Garićk (2012). Leucine content of dietary proteins is a determinant of postprandial skeletal muscle protein synthesis in adult rats. *Nutr. Metab.* 9:67.
- 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.
- Pinckaers, P.J.M., I.W.K. Kouw, F.K. Hendriks, J.M.X. Van Kranenburg, L.C.P.G.M. De Groot, L.B. Verdijk, T. Snijders, and L.J.C. Van Loon (2021). No differences in muscle protein synthesis rates following ingestion of wheat protein, milk protein, and their protein blend in healthy, young males. *Br. J. Nutr.* 18:1-11.
- Reidy, P.T., D.K. Walker, J.M. Dickinson, D.M. Gundermann, M.J. Drummond, K.L. Timmerman, C.S. Fry, M.S. Borack, M.B. Cope, R. Mukherjea, K. Jennings, E. Volpi, and B.B. Rasmussen (2013). Protein blend ingestion following resistance exercise promotes human muscle protein synthesis. *J. Nutr.* 143:410-416.
- Rieu, I., M. Balage, C. Sornet, C. Giraudet, E. Pujos, J. Grizard, L. Mosoni, and D. Dardevet (2006). Leucine supplementation improves muscle protein synthesis in elderly men independently of hyperaminoacidaemia. *J. Physiol.* 575:305-315.
- Robinson, M.J., N.A. Burd, L. Breen, T. Rerечich, Y. Yang, A.J. Hector, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2013). Dose-dependent responses of myofibrillar protein synthesis with beef ingestion are enhanced with resistance exercise in middle-aged men. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 38:120-125.
- Sarwar Gilani, G., C. Wu Xiao, and K.A. Cockell (2012). Impact of antinutritional factors in food proteins on the digestibility of protein and the bioavailability of amino acids and on protein quality. *Br. J. Nutr.* 108:S315-S332.
- Tang, J.E., J.J. Manolagos, G.W. Kujbida, P.J. Lysecki, D.R. Moore, and S.M. Phillips (2007). Minimal whey protein with carbohydrate stimulates muscle protein synthesis following resistance exercise in trained young men. *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32:1132-1138.
- 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.
- Tipton, K.D., T.A. Elliott, M.G. Cree, S.E. Wolf, A.P. Sanford, and R.R. Wolfe (2004). Ingestion of casein and whey proteins result in muscle anabolism after resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 36:2073-2081.
- Trommelen, J., M.W. Betz, and L.J.C. Van Loon (2019). The muscle protein synthetic response to meal ingestion following resistance-type exercise. *Sports Med.* 49:185-197.
- Trommelen, J., A.M. Holwerda, P.J.M. Pinckaers, and L.J.C. Van Loon (2021a). Comprehensive assessment of post-prandial protein handling by the application of intrinsically labelled protein in vivo in human subjects. *Proc. Nutr. Soc.* 80:221-229.
- Trommelen, J., D. Tomé, and L.J.C. Van Loon (2021b). Gut amino acid absorption in humans: concepts and relevance for postprandial metabolism. *Clin. Nutr.* 36:43-55.
- 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.I. 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.
- Wall, B.T., H.M. Hamer, A. de Lange, A. Kiskini, B.B. Groen, J.M. Senden, A.P. Gijsen, L.B. Verdijk, and L.J. van Loon (2013). Leucine co-ingestion improves post-prandial muscle protein accretion in elderly men. *Clin. Nutr.* 32:412-419.
- Wilkinson, S.B., M.A. Tarnopolsky, M.J. Macdonald, J.R. Macdonald, D. Armstrong, and S.M. Phillips (2007). Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *Am. J. Clin. Nutr.* 85:1031-1040.
- Wilkinson, D.J., T. Hossain, D.S. Hill, B.E. Phillips, H. Crossland, J. Williams, P. Loughna, T.A. Churchward-Venne, L. Breen, S.M. Phillips, T. Etheridge, J.A. Rathmacher, K. Smith, N.J. Szewczyk, and P.J. Atherton (2013). Effects of leucine and its metabolite beta-hydroxy-beta-methylbutyrate on human skeletal muscle protein metabolism. *J. Physiol.* 591:2911-2923.
- Wilkinson, D.J., S.S.I. Bukhari, B.E. Phillips, M.C. Limb, J. Cegielski, M.S. Brook, D. Rankin, W.K. Mitchell, H. Kobayashi, J.P. Williams, J. Lund, P.L. Greenhaff, K. Smith, and P.J. Atherton (2018). Effects of leucine-enriched essential amino acid and whey protein bolus dosing upon skeletal muscle protein synthesis at rest and after exercise in older women. *Clin. Nutr.* 37:2011-2021.
- Witard, O.C., S.R. Jackman, L. Breen, K. Smith, A. Selby, and K.D. Tipton (2014). Myofibrillar muscle protein synthesis rates subsequent to a meal in response to increasing doses of whey protein at rest and after resistance exercise. *Am. J. Clin. Nutr.* 99:86-95.
- Yang, Y., L. Breen, N.A. Burd, A.J. Hector, T.A. Churchward-Venne, A.R. Josse, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2012a). Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *Br. J. Nutr.* 108:1780-1788.
- Yang, Y., T.A. Churchward-Venne, N.A. Burd, L. Breen, M.A. Tarnopolsky, and S.M. Phillips (2012b). Myofibrillar protein synthesis following ingestion of soy protein isolate at rest and after resistance exercise in elderly men. *Nutr. Metab.* 9:57.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: PLANT VERSUS ANIMAL BASED PROTEINS TO SUPPORT MUSCLE CONDITIONING. Sports Science Exchange, Vol. 34, No. 220, 1-7, por el M.Sc. Pedro Reinaldo García.