



## REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNAS DE LOS ATLETAS MÁSTER: ¿NECESITAN MÁS QUE LOS DEPORTISTAS JÓVENES?

**Daniel R. Moore** | Facultad de Kinesiología y Educación Física. Universidad de Toronto, Toronto, ON, Canadá.

### PUNTOS CLAVE

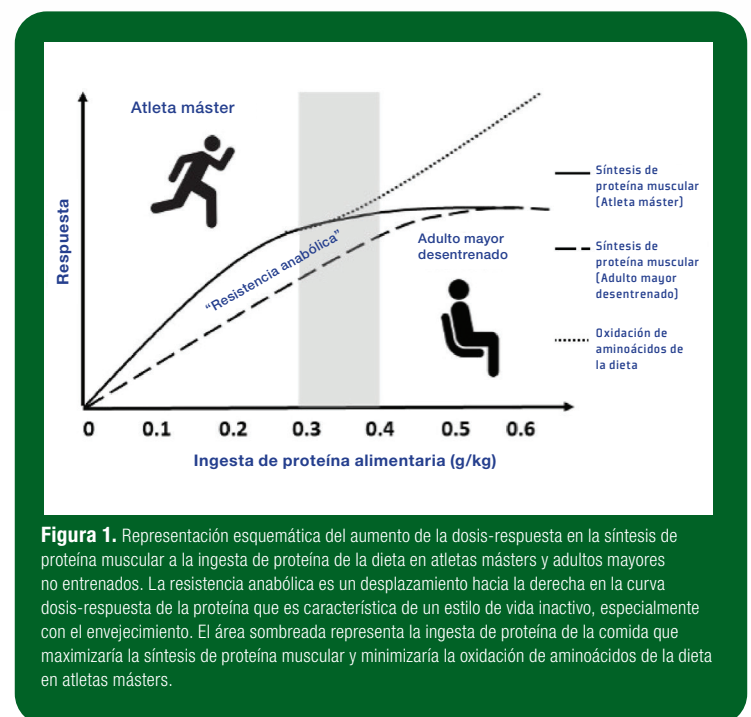
- La proteína de los alimentos proporciona bloques de construcción de aminoácidos para reparar, remodelar y construir (sintetizar) músculos y proteínas corporales. Los aminoácidos también representan una fuente menor de energía durante el ejercicio y, por lo tanto, deben reponerse a través de la alimentación.
- Hay poca evidencia de que los atletas máster metabolicen las proteínas de los alimentos de manera diferente a los atletas jóvenes, lo que permite una traducción más fácil de nuestra comprensión actual de los requerimientos de proteínas que se han establecido casi exclusivamente en adultos jóvenes.
- Una comida que aporte una dosis de proteína de 0.3-0.4 g/kg maximizará la síntesis de proteína muscular en reposo y durante la recuperación posterior al ejercicio, aunque los atletas de resistencia deben consumir hasta 0.5 g/kg inmediatamente después del ejercicio para reponer las pérdidas oxidativas de aminoácidos (empleados como energía).
- El consumo de cuatro comidas equilibradas que contengan proteína sería el patrón de ingesta más eficiente para respaldar las tasas de síntesis de proteína muscular. Estas comidas deben centrarse en alimentos ricos en nutrientes, aunque los suplementos de proteína enriquecida con leucina son un medio práctico y conveniente para mejorar la remodelación muscular sobre la marcha.
- La educación de los atletas máster sobre estas recomendaciones de proteínas representa un medio práctico y efectivo para apoyar sus objetivos de rendimiento y recuperación del entrenamiento.

### INTRODUCCIÓN

La proteína de los alimentos es esencial para la recuperación y adaptación de los atletas, ya que proporciona los componentes básicos de aminoácidos necesarios para reparar y remodelar proteínas viejas y/o dañadas, especialmente dentro de un músculo esquelético activo. Los aminoácidos también se pueden usar como una fuente de combustible menor durante el ejercicio que requiere un alto flujo mitocondrial (ejercicio de resistencia y sprints repetidos) y, por lo tanto, se deben consumir en la dieta para reponer estas pérdidas de aminoácidos esenciales inducidas por el ejercicio (aminoácidos de cadena ramificada).

El rendimiento del atleta está íntimamente ligado a la cantidad y la calidad de su músculo esquelético. Su masa muscular usualmente alcanza un punto máximo entre los veinte y los treinta años, y es relativamente estable hasta los cuarenta y quizás hasta los cincuenta, siempre que se mantenga el entrenamiento. Durante este período de mediana edad en el que las personas técnicamente aún pueden calificarse como atletas máster (es decir, >35 años), la evidencia disponible sugiere que sus requerimientos de proteínas son indistinguibles de los atletas de la mitad de su edad (Meredith et al., 1989). Sin embargo, independientemente del entrenamiento, la masa muscular y el rendimiento comienzan a disminuir, y las pérdidas generalmente se aceleran hacia la séptima década. La pérdida típica de masa muscular relacionada con la edad es multifactorial, pero generalmente se origina en la incapacidad del músculo esquelético para responder y utilizar los aminoácidos de la alimentación para construir nuevas proteínas musculares, lo que se conoce como resistencia anabólica. Por lo tanto, en comparación con los atletas más jóvenes, los adultos mayores no entrenados requieren hasta un 60% más de proteína en una sola comida para estimular al máximo la síntesis de proteína muscular en reposo (Moore et al., 2015) o después

de un entrenamiento usual de ejercicio de fuerza (Witard et al., 2014; Yang et al., 2012). Esto ha llevado a sugerir que los adultos mayores requieren una mayor cantidad de proteína por comida (y por lo tanto de ingesta diaria) para superar esta resistencia anabólica y ayudar a mantener la masa muscular (Figura 1). Sin embargo, los altos volúmenes de entrenamiento de la mayoría de los atletas máster los distinguen de sus pares sedentarios y se cuestiona si, a la luz de la falta de investigación sobre el tema, sus requerimientos de proteína son superiores a los de los atletas entrenados más jóvenes, como se discutirá más adelante en este artículo de Sports Science Exchange.



## POCA EVIDENCIA DE RESISTENCIA ANABÓLICA EN ATLETAS MÁSTER

En general, la resistencia anabólica está íntimamente ligada al estado de actividad del músculo. Las formas extremas de inactividad (por ej., reposo en cama, inmovilización) originan una reducción grave de la respuesta sintética de la proteína muscular a los aminoácidos exógenos independientemente de la edad (Oikawa et al., 2019; Phillips et al., 2009). Igualmente, formas leves de sedentarismo (por ej., un número reducido de pasos diarios) puede sustentar o exacerbar la resistencia anabólica del envejecimiento (Breen et al., 2013; Moore, 2014). Por el contrario, una caminata breve (Timmerman et al., 2012) o un ejercicio de carga ligera (Devries et al., 2015) pueden aumentar la sensibilidad anabólica de la síntesis de proteína muscular a los aminoácidos de la dieta en adultos mayores no entrenados. Estas observaciones por sí solas argumentan ostensiblemente en contra de cualquier efecto nocivo del envejecimiento per se sobre la respuesta y el requerimiento de proteína en la dieta de atletas máster muy activos. Sin embargo, la deconstrucción de las causas comunes de la resistencia anabólica relacionada con la edad mediante principios básicos requiere que se evalúe el viaje de los aminoácidos de la dieta de la boca al músculo para determinar si existen limitaciones en los atletas máster que podrían predisponerlos a diferentes necesidades de proteína en comparación con las necesidades de sus compañeros no entrenados o, lo que es más importante, a atletas más jóvenes. Este último grupo constituye la base de la investigación científica del deporte sobre los requerimientos agudos y crónicos de este importante macronutriente.

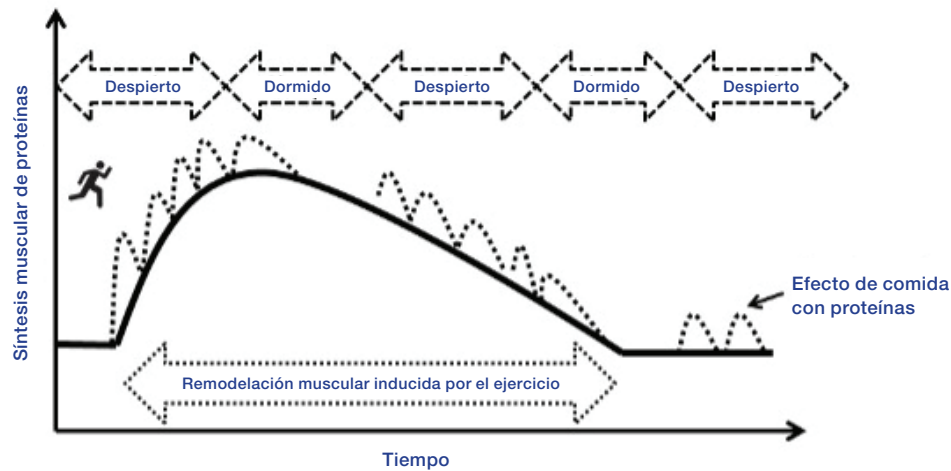
El primer paso en la asimilación de los aminoácidos de la dieta para nuevas proteínas musculares y corporales es la capacidad de digerir y absorber estos nutrientes de manera efectiva. Actualmente, hay poca evidencia de que la ligera atenuación en la aparición de aminoácidos de la dieta en circulación después de la ingesta de proteínas que se ha observado en adultos mayores sanos represente un factor modificable para la resistencia anabólica relacionada con la edad (Gorissen et al., 2020). Se ha sugerido que el intestino se puede entrenar en su capacidad para absorber nutrientes como los carbohidratos (Jeukendrup, 2017), que también puede extenderse a los aminoácidos dado que no hay un efecto perjudicial del ejercicio de resistencia previo sobre la capacidad de absorber eficazmente la proteína de la dieta durante el período posterior al ejercicio en atletas jóvenes entrenados (Mazzulla et al., 2017). Si bien no hay datos comparables en adultos mayores, tampoco hay evidencia de que esto se vea comprometido en atletas máster.

Una vez que los aminoácidos han sido absorbidos e ingresan a la circulación, es vital la entrega efectiva y la absorción por los músculos para garantizar la utilización óptima de estos sustratos dietéticos para la reparación y remodelación muscular. Los atletas máster se benefician de una extensa red de capilares musculares similar a la de los atletas jóvenes (Coggan et al., 1990) que se dilataría eficientemente en respuesta a la insulina debido a los altos niveles de actividad de esta población (Fujita et al., 2007; Timmermann et al., 2012). Por lo tanto, la capacidad vasodilatadora mantenida de los atletas máster mitigaría otro factor predisponente en la resistencia anabólica normal relacionada con la edad. Además, el ejercicio agudo y crónico

generalmente se asocia con una mayor expresión del transportador de aminoácidos en adultos mayores no entrenados (Dickinson et al., 2013), lo que sugiere que la capacidad de absorción de aminoácidos no se vería comprometida en los atletas máster activos. Gran parte de la capacidad de los aminoácidos para activar la síntesis de proteínas musculares en adultos mayores a través del objetivo mecanicista del complejo de rapamicina 1 (mTORC1) también está relacionada con la contracción previa del músculo esquelético (Timmerman et al., 2012), lo que argumentaría aún más contra cualquier desregulación relacionada con la edad en atletas máster activos en entrenamiento. Por lo tanto, las sugerencias previas de un mayor requerimiento de proteínas para maximizar la remodelación de proteínas musculares en reposo (Moore et al., 2015) o después del ejercicio de fuerza (Doering et al., 2016b; Churchward-Venne et al., 2016) en adultos mayores no entrenados, no son relevantes para los atletas máster que mantienen un programa de entrenamiento. Así, la mejor práctica para estos atletas sería seguir la ciencia contemporánea y las recomendaciones desarrolladas en gran medida en atletas más jóvenes, con pocas adaptaciones, como se resumirá a continuación.

## REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA PARA ENTRENAMIENTO DE FUERZA

Si bien el consumo adecuado de carbohidratos es importante para reponer el glucógeno muscular y respaldar las necesidades energéticas diarias totales, la proteína de la dieta es el macronutriente más importante para sostener el anabolismo muscular después del ejercicio de fuerza debido a su capacidad para respaldar las tasas máximas de síntesis de proteína muscular y atenuar el aumento normal inducido por el ejercicio en la degradación de proteínas. La evidencia actual sugiere que ~0.3 g de proteína/kg es un objetivo adecuado para maximizar la síntesis de proteína muscular posterior al ejercicio y minimizar su oxidación irreversible debido a un consumo excesivo (Moore, 2019), aunque un margen de seguridad común de ~25 % lo situaría en ~0.37 g proteína/kg. Este objetivo de proteína de los alimentos debe consumirse entre 4 a 5 veces al día, en incrementos igualmente espaciados, para apoyar la remodelación muscular durante el período prolongado de recuperación (Areta et al., 2013), aunque este enfoque equilibrado también se puede aplicar a los días de recuperación para el mismo beneficio. Consumir la última comida del día muy cerca de dormir proporcionará precursores de aminoácidos para apoyar la remodelación muscular durante el período de ayuno nocturno (Snijders et al., 2019). Este enfoque optimizado de la ingesta de proteínas en las comidas (por ej., 5 comidas a ~0.3 g/kg o 4 comidas a ~0.37 g/kg) proporcionaría una ingesta diaria (~1.5 g/kg/d) que se aproxima a la cantidad sugerida para maximizar el crecimiento de la masa magra con el entrenamiento (~1.6 g/kg/día) (Morton et al., 2018). Por lo tanto, la ingeniería inversa de un patrón de proteína de comida óptimo podría ser consumir el objetivo diario de ~1.6 g/kg/día en 4 a 5 comidas igualmente espaciadas si esto es más simple para la planificación dietética (Figura 2). Sin embargo, el objetivo debe ser alimentos completos densos en nutrientes como base del plan de nutrición, con suplementos de proteína enriquecida con leucina que faciliten la nutrición de los atletas en marcha.



**Figura 2.** Representación esquemática del patrón de distribución de proteína de la comida para optimizar la síntesis de proteína muscular después del ejercicio (caricatura de carrera) en atletas máster. La línea continua representa la síntesis de proteína muscular en ayuno. Las líneas discontinuas representan la mejora de la síntesis de proteína muscular inducida por la proteína de la comida.

## REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA PARA LOS ATLETAS DE RESISTENCIA

La distribución similar de proteínas en las comidas que se recomienda para los atletas máster que entrenan la fuerza, también debería ser la piedra angular para los atletas de resistencia dada su necesidad de remodelar el músculo esquelético para una recuperación óptima. Sin embargo, el ejercicio de resistencia impone un estrés nutricional adicional a los atletas para la proteína de la dieta dado que hay un aumento obligatorio en la oxidación de aminoácidos con esta modalidad de ejercicio. Mientras que los carbohidratos y las grasas representan los principales combustibles metabólicos durante el ejercicio de resistencia, los aminoácidos proporcionan ~5% de los requerimientos energéticos que pueden aumentar a ~10% en estados de baja disponibilidad de carbohidratos (por ej., reservas bajas de glucógeno muscular). Por lo tanto, la ingesta de proteínas no solo respalda la síntesis de proteínas musculares, sino que también reemplaza estas pérdidas oxidativas inducidas por el ejercicio (Mazzulla et al., 2017), que colectivamente se traducen en un requerimiento post-ejercicio ligeramente mayor de ~0.5 g/kg (Churchward-Venne et al., 2020). Por lo tanto, incluir este requerimiento post-ejercicio ligeramente mayor en el patrón balanceado de comidas con proteína, daría como resultado un objetivo diario de ~1.8 g/kg/día. Se ha demostrado que esta ingesta maximiza el reacondicionamiento de todo el cuerpo durante la recuperación (Kato et al., 2016) y mantiene el rendimiento en el ejercicio durante un período de mayor volumen de entrenamiento en atletas de resistencia jóvenes (Williamson et al., 2019). Sin embargo, vale la pena señalar que los atletas máster que consumen una mayor ingesta aguda de proteína (es decir,  $3 \times 0.6$  g/kg frente a  $3 \times 0.3$  g/kg en 6 h) durante la recuperación entre series de entrenamiento sucesivas en el mismo día, tuvieron una pérdida de fuerza marginalmente menor (~5%) después de este corto período de recuperación (Doering et al., 2017), lo que puede tener implicaciones para los atletas que entrenan varias veces al día.

## DIFERENCIAS EN LOS REQUERIMIENTOS DE PROTEÍNA BASADAS EN EL SEXO

La mayoría de las investigaciones donde se estudian los requerimientos de proteína en atletas de todas las edades han utilizado participantes varones, lo cual es una limitación. Por lo tanto, a menudo se requiere evaluar si existen diferencias sexuales en el metabolismo del ejercicio que podrían influir en el metabolismo y los requerimientos de proteína. Las fluctuaciones de las hormonas sexuales en las atletas máster premenopáusicas eumenorreicas pueden influir en el metabolismo de grasas y aminoácidos, ya que se ha demostrado que el estrógeno tiene un efecto ahorrador de proteínas durante el ejercicio de resistencia (Hamadeh et al., 2005; Phillips et al., 1993). Por lo tanto, los requerimientos de proteína en las atletas de resistencia máster premenopáusicas pueden ser marginalmente (~15%) más bajos durante la fase folicular, cuando la proporción de estrógeno/progesterona suele ser más alta. Sin embargo, las atletas pueden experimentar fluctuaciones hormonales y ciclos de duración inconsistentes, resaltando que las atletas máster premenopáusicas podrían adherirse a las recomendaciones actuales derivadas de la investigación en hombres para garantizar la suficiencia de proteínas independientemente de su fase menstrual. Afortunadamente, el ejercicio de fuerza provoca respuestas de síntesis de proteína muscular similares entre sexos, lo que sugiere que el requerimiento de proteína después del ejercicio para las atletas máster premenopáusicas sería consistente con las recomendaciones para hombres (Moore, 2019).

En adultos mayores desentrenados la menopausia se caracteriza por una pérdida acelerada de masa muscular y la aparición de un dimorfismo sexual en el metabolismo de proteína muscular en reposo (Smith et al., 2016), aunque la relevancia de esto para atletas máster con altos niveles de actividad física es poco claro. Hasta la fecha, no ha habido ninguna investigación en atletas máster posmenopáusicas que fundamente las recomendaciones de proteína específicas para su edad y sexo. Además, el requerimiento agudo de proteína para mejorar la síntesis de proteína muscular después del ejercicio de fuerza en mujeres mayores sin entrenamiento puede ser similar (Oikawa et al.,

2020) o ligeramente mayor (Devries et al., 2018) a hombres mayores sin entrenamiento (Yang et al., 2012), lo cual ayuda poco a resolver las recomendaciones específicas por sexo para las poblaciones deportivas. Sin embargo, es difícil imaginar un escenario en el que los requerimientos de proteína de la comida para atletas máster entrenadas en resistencia o fuerza sean marcadamente diferentes a la de los varones. Por lo tanto, se recomienda que las atletas máster posmenopáusicas también se adhieran a las ingestas recomendadas para los hombres.

## NUTRICIÓN DEPORTIVA CONTEMPORÁNEA

### Entrenamiento con baja disponibilidad de carbohidratos

No es raro (debido a programación y/o planificación de entrenamiento periodizado) que los atletas de resistencia inicien el ejercicio en un estado de baja disponibilidad de carbohidratos, como antes del desayuno y/o después de un periodo nocturno de restricción de carbohidratos, para alterar el metabolismo de los combustibles a favor de la oxidación de ácidos grasos y provocar una mejoría en la biogénesis mitocondrial (Impey et al., 2018). Sin embargo, comenzar el ejercicio con una baja disponibilidad de glucógeno puede duplicar la contribución de la oxidación de proteínas/aminoácidos como fuente de combustible durante el ejercicio de resistencia con algunas estimaciones de hasta ~10% de la energía (Lemon et al., 1980). Esto tiene el efecto predecible de aumentar los requerimientos de proteína, en atletas varones jóvenes, entre ~10% a 15% (dependiendo de la intensidad y duración del ejercicio) para reponer estas pérdidas oxidativas (Gillen et al., 2019).

Sin embargo, estos requerimientos aumentados, que pueden satisfacerse incrementando en cada comida durante el día con un mínimo de ~0.05 g/kg de proteína, son específicos para el ejercicio de resistencia, ya que un bajo nivel de glucógeno muscular tiene un efecto relativamente menor en el ejercicio anaeróbico que se basa predominantemente en el sistema de fosfocreatina, como el ejercicio de fuerza de alta intensidad. Además, el bajo nivel de glucógeno muscular no compromete la capacidad de la proteína de la dieta para respaldar mayores tasas de síntesis de proteínas musculares después del ejercicio de fuerza en adultos jóvenes (Camera et al., 2012). Por lo tanto, los atletas máster de resistencia deben tener en cuenta la ingesta diaria y periodizada de carbohidratos debido a su impacto potencial en el metabolismo y los requerimientos de proteína.

### Tiempo restringido de ingesta y ayuno intermitente

Limitar la ingesta de calorías a periodos pequeños a lo largo del día (por ej., 6-8 h) o alternar los días de alimentación y ayuno, está ganando popularidad como un medio para reducir la grasa corporal al mantener más baja la respuesta de insulina acumulada en 24 horas. Cuando lo realizan atletas de resistencia, esta ingesta periodizada puede difuminar la línea con el entrenamiento y/o la recuperación con baja disponibilidad de carbohidratos, lo que puede usarse como un intento de acentuar el estrés metabólico y promover una mayor adaptación a las grasas y/o biogénesis mitocondrial. Sin embargo, este enfoque dietético es una contradicción para la distribución equilibrada de proteína que respalda mayores tasas diarias de remodelación de

proteína muscular, como se destacó anteriormente. Restringir los tiempos de ingesta puede contribuir a la pérdida de masa grasa y magra en atletas de resistencia jóvenes durante un protocolo de ocho semanas sin ningún cambio observable en el rendimiento durante el ejercicio (Brady et al., 2020). Dado que los atletas de resistencia máster pueden no estar protegidos de la pérdida de masa muscular relacionada con la edad en la misma medida que los atletas máster de fuerza (Chambers et al., 2020; Coggan et al., 1990), esta pérdida de masa magra en atletas de resistencia más jóvenes puede ser un motivo de preocupación en atletas mayores que puedan experimentar con esta estrategia dietética. Sin embargo, los aumentos en la masa libre de grasa en adultos jóvenes durante el entrenamiento de fuerza no parecen atenuarse con el tiempo restringido de ingesta (Stratton et al., 2020; Tinsley et al., 2017), lo que sería consistente con la naturaleza anabólica de esta modalidad de ejercicio. Por lo tanto, los atletas de resistencia máster serían más capaces de retener la masa magra con un tiempo restringido de ingesta si realizan entrenamiento de fuerza concurrente, aunque esto aún está por determinarse. Sin embargo, un consejo prudente para que los atletas máster eviten la pérdida de masa muscular no deseada y apoyen tasas más altas de remodelación muscular, sería priorizar (al menos la mayoría de los días) una ingesta diaria de proteína equilibrada.

### Tipo de proteína

Comúnmente se sugiere que las proteínas que se digieren rápidamente y están enriquecidas con leucina deben priorizarse durante el periodo inmediatamente posterior al ejercicio dada la capacidad de este aminoácido esencial para activar la síntesis de proteína muscular (Stokes et al., 2018). Por lo general, esto lleva a que se prefieran suplementos de proteína (por ej., bebida, barra deportiva, suero de leche), lo que puede ser conveniente para el estilo de vida de algunos atletas. Sin embargo, cada vez hay más apoyo para un potencial anabólico similar o potencialmente superior de los alimentos completos en comparación con las fuentes de proteína aislada (Burd et al., 2019). Además, los alimentos completos deben representar la base del plan de alimentación de un atleta dado el valor nutricional de los alimentos mínimamente procesados y densos en nutrientes. Por lo tanto, los atletas máster deben priorizar la ingesta de alimentos completos para cumplir con el objetivo de proteína en las comidas, pero por conveniencia podrían considerar formas suplementarias enriquecidas con leucina.

### ¿OPORTUNIDAD DE MEJORA EN LOS ATLETAS MÁSTER?

Los atletas máster generalmente reportan ingestas de proteína diarias y posteriores al ejercicio más bajas que los atletas jóvenes (Di Girolamo et al., 2017; Doering et al., 2016a). Quizás lo más crítico es que ~50% de los atletas máster respondieron que "no sabían" cuáles deberían ser sus objetivos proteicos después del ejercicio, solo ~22% reportó con precisión la dosis máxima sugerida anteriormente de 20-25 g, solo una minoría consumía el objetivo comentado de ~0.5 g/kg (Doering et al., 2016a). Por lo tanto, la traducción del conocimiento y su aplicación en torno a los objetivos proteicos óptimos representan una forma fácil para que los atletas máster cumplan sus objetivos de entrenamiento, recuperación y rendimiento.

## APLICACIONES PRÁCTICAS

- La forma más eficiente de cubrir el requerimiento diario de proteína es centrarse en su ingesta en las comidas, que debe ser de al menos 0.3 g/kg y como máximo de 0.5 g/kg por comida.
- Idealmente, las comidas deben estar espaciadas cada ~4 h considerando cuatro ocasiones para comer, incluida una en la proximidad (<2 h) a la hora de acostarse si no interrumpe el sueño (puede ser necesario probar).
- Se deben priorizar alimentos completos ricos en nutrientes y proteína, y consumir por conveniencia suplementos de proteína enriquecidos con leucina (por ejemplo, para llevar inmediatamente después del ejercicio).
- Esta ingesta diaria equilibrada de proteína optimizará la remodelación de proteína muscular y la masa corporal magra, pero se necesita investigación adicional para identificar claramente cómo se alinean con los resultados de rendimiento deportivo.
- Educar a los atletas máster sobre estas recomendaciones de proteína es un enfoque práctico para ayudarlos a optimizar su recuperación y adaptación al entrenamiento.

## CONCLUSIÓN

Los atletas máster representan una población considerable y creciente, pero con muy poca investigación directa que describa sus necesidades de proteína. Sin embargo, hay poca evidencia de que su respuesta o sus necesidades de proteína de la dieta difieran a las de los atletas más jóvenes, dada la capacidad del ejercicio para reducir la edad biológica de los adultos mayores y mantener la sensibilidad de sus músculos a los aminoácidos de la dieta. Centrarse en una distribución equilibrada de comidas ricas en nutrientes y con contenido moderado de proteína a lo largo del día apoyaría altas tasas de síntesis de proteína muscular en los atletas máster. Si bien se justifica una investigación adicional para confirmar si estos principios dietéticos con una perspectiva centrada en los músculos se traducen en última instancia en beneficios de rendimiento, la capacidad de los atletas máster para envejecer con éxito les permite aprovechar las lecciones aprendidas en los atletas más jóvenes como base para impulsar su éxito futuro.

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

## REFERENCIAS

- Areta, J.L., L.M. Burke, M.L. Ross, D.M. Camera, D.W. West, E.M. Broad, N.A. Jeacocke, D.R. Moore, T. Stellingwerf, S.M. Phillips, J.A. Hawley, and V.G. Coffey (2013). Timing and distribution of protein ingestion during prolonged recovery from resistance exercise alters myofibrillar protein synthesis. *J. Physiol.* 591:2319-2331.
- Brady, A.J., H.M. Langton, M. Mulligan, and B. Egan (2021). Effects of eight weeks of 16:8 time-restricted eating in male middle- and long-distance runners. *Med. Sci. Sports Exerc.* 53:633-642.
- Breen, L., K.A. Stokes, T.A. Churchward-Venne, D.R. Moore, S.K. Baker, K. Smith, P.J. Atherton, and S.M. Phillips (2013). Two weeks of reduced activity decreases leg lean mass and induces "anabolic resistance" of myofibrillar protein synthesis in healthy elderly. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 98:2604-2612.
- Burd, N.A., J.W. Beals, I.G. Martinez, A.F. Salvador, and S.K. Skinner (2019). Food-first approach to enhance the regulation of post-exercise skeletal muscle protein synthesis and remodeling. *Sports Med.* 49:59-68.
- Camera, D.M., D.W. West, N.A. Burd, S.M. Phillips, A.P. Garnham, J.A. Hawley, and V.G. Coffey (2012). Low muscle glycogen concentration does not suppress the anabolic response to resistance exercise. *J. Appl. Physiol.* 113:206-214.
- Chambers, T.L., T.R. Burnett, U. Raue, G.A. Lee, W.H. Finch, B.M. Graham, T.A. Trappe, and S. Trappe (2020). Skeletal muscle size, function, and adiposity with lifelong aerobic exercise. *J. Appl. Physiol.* 128:368-378.
- Churchward-Venne, T.A., A.M. Holwerda, S.M. Phillips, and L.J. van Loon (2016). What is the optimal amount of protein to support post-exercise skeletal muscle reconditioning in the older adult? *Sports Med.* 46:1205-1212.
- Churchward-Venne, T.A., P.J.M. Pinckaers, J.S.J. Smeets, M.W. Betz, J.M. Senden, J.P.B. Goossens, 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.
- Coggan, A.R., R.J. Spina, M.A. Rogers, D.S. King, M. Brown, P.M. Nemeth, and J.O. Holloszy, (1990). Histochemical and enzymatic characteristics of skeletal muscle in master athletes. *J. Appl. Physiol.* 68:1896-1901.
- Devries, M.C., L. Breen, M. Von Allmen, M.J. MacDonald, D.R. Moore, E.A. Offord, M.N. Horcajada, D. Breuille, and S.M. Phillips (2015). Low-load resistance training during step-reduction attenuates declines in muscle mass and strength and enhances anabolic sensitivity in older men. *Physiol Rep* 3:e12493.
- Devries, M.C., C. McGlory, D.R. Bolster, A. Kamil, M. Rahn, L. Harkness, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2018). Leucine, not total protein, content of a supplement is the primary determinant of muscle protein anabolic responses in healthy older women. *J. Nutr.* 148:1088-1095.
- Di Girolamo, F.G., R. Situlin, N. Fiotti, M. Tence, P. De Colle, F. Mearelli, M.A. Minetto, E. Ghigo, M. Pagani, D. Lucini, F. Pigozzi, P. Portincasa, G. Toigo, and G. Biolo (2017). Higher protein intake is associated with improved muscle strength in elite senior athletes. *Nutrition* 42:82-86.
- Dickinson, J.M. and B.B. Rasmussen (2013). Amino acid transporters in the regulation of human skeletal muscle protein metabolism. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care* 16:638-644.
- Doering, T.M., P.R. Reaburn, G. Cox, and D.G. Jenkins (2016a). Comparison of postexercise nutrition knowledge and postexercise carbohydrate and protein intake between Australian masters and younger triathletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 26:338-346.
- Doering, T.M., P.R. Reaburn, S.M. Phillips, and D.G. Jenkins (2016b). Postexercise dietary protein strategies to maximize skeletal muscle repair and remodeling in masters endurance athletes: A review. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 26:168-178.
- Doering, T.M., P.R. Reaburn, N.R. Borges, G.R. Cox, and D.G. Jenkins (2017). The effect of higher than recommended protein feedings post-exercise on recovery following downhill running in masters triathletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab.* 27:76-82.
- Fujita, S., B.B. Rasmussen, J.G. Cadenas, M.J. Drummond, E.L. Glynn, F.R. Sattler, and E. Volpi (2007). Aerobic exercise overcomes the age-related insulin resistance of muscle protein metabolism by improving endothelial function and Akt/mammalian target of rapamycin signaling. *Diabetes* 56:1615-1622.
- Gillen, J.B., D.W.D. West, E.P. Williamson, H.J.W. Fung, and D.R. Moore (2019). Low-carbohydrate training increases protein requirements of endurance athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 51:2294-2301.
- 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. Steijns, L. 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.
- Hamadeh, M.J., M.C. Devries, and M.A. Tarnopolsky (2005). Estrogen supplementation reduces whole body leucine and carbohydrate oxidation and increases lipid oxidation in men during endurance exercise. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 90:3592-3599.
- Impey, S.G., M.A. Hearris, K.M. Hammond, J.D. Bartlett, J. Louis, G.L. Close, and J.P. Morton (2018). Fuel for the work required: A theoretical framework for carbohydrate periodization and the glycogen threshold hypothesis. *Sports Med.* 48:1031-1048.
- Jeukendrup, A.E. (2017). Training the gut for athletes. *Sports Med.* 47:101-110.
- Kato, H., K. Suzuki, M. Bannai, and D.R. Moore (2016). Protein requirements are elevated in

endurance athletes after exercise as determined by the indicator amino acid oxidation method. *PLoS One* 11:e0157406.

Lemon, P.W., and J.P. Mullin (1980). Effect of initial muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J. Appl. Physiol.* 48:624-629.

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.

Meredith, C.N., M.J. Zackin, W.R. Frontera, and J.W. Evans (1989). Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance-trained men. *J. Appl. Physiol.* 66:2850-2856.

Moore, D.R. (2014). Keeping older muscle "young" through dietary protein and physical activity. *Adv. Nutr.* 5:599s-607s.

Moore, D.R. (2019). Maximizing post-exercise anabolism: The case for relative protein intakes. *Front. Nutr.* 6:147.

Moore, D.R., T.A. Churchward-Venne, O. Witard, L. Breen, N.A. Burd, K.D. Tipton, and S.M. Phillips (2015). Protein ingestion to stimulate myofibrillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci.* 70:57-62.

Morton, R.W., K.T. Murphy, S.R. McKellar, B.J. Schoenfeld, M. Henselmans, E. Helms, A.A. Aragon, M.C. Devries, L. Banfield, J.W. Krieger, and S.M. Phillips (2018). A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br. J. Sports Med.* 52:376-384.

Oikawa, S.Y., T.M. Holloway, and S.M. Phillips (2019). The impact of step reduction on muscle health in aging: Protein and exercise as countermeasures. *Front. Nutr.* 6:75.

Oikawa, S.Y., M.J. Kamal, E.K. Webb, C. McGlory, S.K. Baker, and S.M. Phillips (2020). Whey protein but not collagen peptides stimulate acute and longer-term muscle protein synthesis with and without resistance exercise in healthy older women: A randomized controlled trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 111:708-718.

Phillips, S.M., S.A. Atkinson, M.A. Tarnopolsky, and J.D. MacDougall (1993). Gender differences in leucine kinetics and nitrogen balance in endurance athletes. *J. Appl. Physiol.* 75:2134-2141.

Phillips, S.M., E.I. Glover, and M.J. Rennie (2009). Alterations of protein turnover underlying disuse atrophy in human skeletal muscle. *J. Appl. Physiol.* 107:645-654.

Smith, G.I., and B. Mittendorfer (2016). Sexual dimorphism in skeletal muscle protein turnover. *J. Appl. Physiol.* 120:674-682.

Snijders, T., J. Trommelen, I.W.K. Kouw, A.M. Holwerda, L.B. Verdijk, and L.J.C. van Loon (2019). The impact of pre-sleep protein ingestion on the skeletal muscle adaptive response to exercise in humans: An update. *Front. Nutr.* 6:17.

Stokes, T., A.J. Hector, R.W. Morton, C. McGlory, and S.M. Phillips (2018). Recent perspectives regarding the role of dietary protein for the promotion of muscle hypertrophy with resistance exercise training. *Nutrients* 10:180.

Stratton, M.T., G.M. Tinsley, M.G. Alesi, G.M. Hester, A.A. Olmos, P.R. Serafini, A.S. Modjeski, G.T. Mangine, K. King, S.N. Savage, A.T. Webb, and T.A. VanDusseldorp (2020). Four weeks of time-restricted feeding combined with resistance training does not differentially influence measures of body composition, muscle performance, resting energy expenditure, and blood biomarkers. *Nutrients* 12:1126.

Timmerman, K.L., S. Dhanani, E.L. Glynn, C.S. Fry, M.J. Drummond, K. Jennings, B.B. Rasmussen, and E. Volpi (2012). A moderate acute increase in physical activity enhances nutritive flow and the muscle protein anabolic response to mixed nutrient intake in older adults. *Am. J. Clin. Nutr.* 95:1403-1412.

Tinsley, G.M., J.S. Forsse, N.K. Butler, A. Paoli, A.A. Bane, P.M. La Bounty, G.B. Morgan, and P.W. Grandjean (2017). Time-restricted feeding in young men performing resistance training: A randomized controlled trial. *Eur. J. Sport Sci.* 17:200-207.

Williamson, E., H. Kato, K.A. Volterman, K. Suzuki, and D.R. Moore (2019). The effect of dietary protein on protein metabolism and performance in endurance-trained males. *Med. Sci. Sports Exerc.* 51:352-360.

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 (2012). Resistance exercise enhances myofibrillar protein synthesis with graded intakes of whey protein in older men. *Br. J. Nutr.* 108:1780-1788.

## TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: PROTEIN REQUIREMENTS OF MASTER ATHLETES: DO THEY NEED MORE THAN THEIR YOUNGER CONTEMPORARIES? Sports Science Exchange, Vol. 34, No. 219, 1-5, por el M.Sc. Pedro Reinaldo García.