



PROTEÍNA Y EJERCICIO EN LA PÉRDIDA DE PESO: CONSIDERACIONES PARA ATLETAS

Stuart M. Phillips, Ph.D. | Grupo de Investigación de Metabolismo del Ejercicio | Universidad de McMaster | Canadá

PUNTOS CLAVE

- La pérdida de peso no es poco común en atletas y se practica más frecuentemente con la meta de incrementar la eficiencia del movimiento con el razonamiento de que, para muchos deportes, los índices altos de fuerza, resistencia o potencia en relación al peso corporal pueden mejorar el rendimiento.
- La pérdida de peso puede conseguirse “pasivamente” al restringir el consumo de energía, y hay numerosas propuestas de planes basados sólo en la dieta que aseguran superioridad. Algunos de éstos se han evaluado en estudios cara a cara, y hay múltiples patrones dietéticos que permiten la pérdida de peso.
- Sin embargo, la pérdida de peso por medio de sólo dieta resulta en la pérdida tanto de grasa corporal como de tejido magro, el cual probablemente incluya músculo esquelético y, particularmente si el consumo de calcio y/o vitamina D es inadecuado, la pérdida de masa ósea.
- La pérdida de peso también puede conseguirse a través del aumento en el volumen e intensidad del entrenamiento sin cambios en el consumo dietético, o como es más común, en combinación con una reducción en el consumo energético de la dieta.
- El consumo sincronizado de proteína, tan cerca como sea posible después del ejercicio, así como un mayor consumo diario total de proteína de la dieta, pueden mitigar las pérdidas en masa muscular, lo cual puede ser relevante para algunos atletas.
- Mientras se está en déficit de energía, los efectos interactivos del ejercicio y la proteína pueden, bajo algunas circunstancias, permitir simultáneamente pérdida de grasa corporal y ganancia de músculo esquelético; sin embargo, esto no es una observación universal.
- La velocidad de pérdida de peso, y por lo tanto la magnitud del déficit calórico, pueden afectar la habilidad de retener masa magra, y si el déficit calórico es muy grande entonces la proteína de la dieta puede tener poco efecto en mitigar las pérdidas de masa de tejido magro.
- No está claro si la pérdida de tejido magro compromete el rendimiento en el ejercicio; sin embargo, evidencia limitada sugiere que el mantenimiento del entrenamiento mitigaría la mayoría de las disminuciones en el rendimiento excepto en la pérdida rápida de peso o en casos de pérdida extrema (>20% de peso corporal).

INTRODUCCIÓN

La pérdida de peso es una meta de algunos atletas con el reconocimiento de que un alto índice de fuerza/potencia/resistencia por peso corporal es deseable para incrementar el rendimiento en el ejercicio en una variedad de deportes. La primera ley de la termodinámica dicta que la pérdida de peso se acompaña por un desplazamiento del balance energético a favor de incrementar el gasto de energía para exceder el consumo de energía. Con dos grados de libertad de acción, la gente que desea perder peso podría elegir ya sea incrementar su gasto a través de un mayor volumen o intensidad de entrenamiento, disminuir su consumo de energía o combinar las dos. Restringir el consumo dietético para consumir menos energía es una práctica común y se ha demostrado numerosas veces que reduce el peso corporal. Restringir el consumo de energía de la dieta que conlleva a un balance energético negativo resulta en una composición de pérdida de peso (excluyendo cambios en el agua corporal) que en su mayor parte es grasa corporal (~70-80%) pero también incluye tejido magro (~20-30%), el cual está principalmente conformado de músculo esquelético (Weinheimer et al., 2010). Aunque la pérdida de peso corporal per se generalmente es vista como beneficiosa desde una perspectiva de salud, si el individuo tiene sobrepeso o es obeso entonces los componentes de la pérdida de peso es tal vez una consideración igual de importante en términos de salud. Además, y desde la perspectiva

de un atleta, la composición de la pérdida de peso también es importante debido al reconocido papel que juega el músculo esquelético en el rendimiento deportivo. En general, los atletas probablemente preferirían perder sólo grasa corporal y retener el músculo esquelético, un patrón al que nos hemos referido como pérdida de peso de “alta calidad” (Churchward-Venne et al., 2013). También es importante reconocer que durante la pérdida de peso existe la posibilidad, particularmente si se consume una dieta con un consumo sub-óptimo de calcio y vitamina D, de que pudiera ocurrir pérdida ósea a un ritmo más rápido que cuando se está en balance de energía (Cifuentes et al., 2004). Aunque se reconoce que en ciertas situaciones de pérdida de peso los atletas pueden no estar preocupados acerca de la pérdida de músculo esquelético, el cual puede recuperarse a través del entrenamiento, la acelerada pérdida de hueso puede ser un factor predisponente en el desarrollo de osteoporosis (Otis et al., 1997). Sin embargo, es más frecuente el caso en que los atletas y entrenadores estén menos preocupados acerca de medir la composición corporal real de la pérdida de peso siempre y cuando haya mejorado el rendimiento en el ejercicio o al menos no haya disminuido. Desafortunadamente, sabemos muy poco acerca de cómo el peso y particularmente la pérdida de peso de alta calidad afecta el rendimiento en el ejercicio. El propósito de este artículo de Sports Science Exchange es explorar el papel de las estrategias de dieta y ejercicio en la promoción de la pérdida de peso de alta calidad;

definida aquí como la pérdida de peso que consta del índice posiblemente más alto de grasa por tejido magro y masa ósea que no comprometa el rendimiento en el ejercicio.

ESTRATEGIAS DIETÉTICAS PARA LA PÉRDIDA DE PESO

La estrategia habitual para la pérdida de peso es reducir el consumo de energía de la dieta a niveles que proporcionen energía por debajo de la que se gasta en cualquier día determinado. A diferencia de los que no son deportistas, muchos atletas tendrían un gran componente de su gasto energético diario (GED) explicado por el gasto energético en el ejercicio (GEE) con el equilibrio procediendo del gasto energético en reposo (GER). En contraste, los que no son deportistas, en muchos casos encontrarían que su GER conforma la mayor proporción de su GED (Heymsfield et al., 2002). Como resultado, la disminución en GER que acompaña a la pérdida de peso en los no deportistas (Wycherley et al., 2012) significa que la pérdida de peso inicial por la restricción calórica previa se reduce rápidamente como resultado de la disminución en el GER. Recientemente, se han descrito simulaciones de cambios en peso corporal (Hall et al., 2011) que han intentado tomar en cuenta la reducción en el GER y su impacto en las tasas de pérdida de peso (<http://bwsimulator.niddk.nih.gov/>). Tales modelos predicen con más exactitud los patrones de pérdida de peso que el modelo “estático” y poco realista de pérdida de peso que sugiere que 1 lb (0.454 kg) de pérdida de grasa por semana requiere un déficit calórico diario de 500 kcal/día para un total de 3500 kcal/semana (Hall et al., 2011).

Una pregunta importante es si una estrategia dietética particular, compuesta de rangos específicos de macronutrientes, tiene una ventaja sobre otra en términos de pérdida de peso como algunos han sugerido (Taubes, 2013). Se ha demostrado en meta regresiones (Krieger et al., 2006) y meta análisis (Wycherley et al., 2012) que las dietas que son más altas en proteína de la que se consume regularmente pueden ofrecer ventajas estratégicas, concretamente una mayor pérdida de masa grasa y conservación de masa magra durante la restricción energética. El uso del término “más alto” para describir la proteína en estas dietas se refiere a un consumo de proteína que se incrementa de un 15% del total del consumo de energía de la dieta, el cual es un nivel de consumo de proteína regular en la población de la mayoría de los países desarrollados (Fulgoni, 2008), a entre 25-35% del consumo de energía. Los consumos de proteína entre 10-35% del total del consumo de energía de la dieta – definidos por el Rango Aceptable de Distribución de Macronutrientes (AMDR por sus siglas en inglés) – están asociados con una buena salud por el Instituto de Medicina en las Ingestas Nutricionales de Referencia (DRI por sus siglas en inglés) de Estados Unidos y Canadá (Institute of Medicine, 2005). Vale la pena reconocer que los consumos de proteína que conforman el 25-35% del consumo de energía resultará en consumos mayores, y en algunos casos mucho mayores, que la Ingesta Diaria Recomendada (RDA, por sus siglas en inglés) de 0.8 g de proteína/kg/día. No obstante, como se ha discutido, la RDA

probablemente sugiere una cantidad mínima de proteína para establecer el equilibrio de nitrógeno, la cual es una variable de la que no se preocupan los atletas y entrenadores (Phillips, 2012). En cambio, para aquellos que establecen las guías para la RDA de proteína (Institute of Medicine, 2005) que se enfocan en la satisfacción mínima de los requerimientos de proteína, la meta con los atletas sería promover la adaptación óptima a su estímulo de entrenamiento de ejercicio (Phillips, 2012). Así, durante un programa de pérdida de peso para promover la pérdida de peso de alta calidad, el consumo de proteína, generalmente a “expensas” de carbohidratos o grasa, es una estrategia que los atletas podrían usar para mitigar pérdidas de masa magra y promover la pérdida de masa grasa.

ESTRATEGIAS DE EJERCICIO PARA LA PÉRDIDA DE PESO

Si el consumo de energía se mantiene constante, aumentar el GEE puede resultar en pérdida de peso y esto se ha demostrado numerosas veces, con algunos de los datos más convincentes hasta la fecha provenientes de las pruebas de ejercicio “Midwest Exercise Trials” (Donnelly et al., 2003; 2013). En estas pruebas, los sujetos utilizaron exclusivamente ejercicio aeróbico durante su entrenamiento y mostraron una pérdida de peso sustancial que, en hombres, estuvo conformada en su mayor parte por grasa corporal (94%). Sin embargo, el régimen de ejercicio fue menos efectivo en promover la pérdida de peso de alta calidad en mujeres, con 76% de su pérdida de peso conformada por grasa corporal. No obstante, este experimento proporciona la prueba del principio de que el ejercicio aeróbico sólo es un estímulo efectivo para la pérdida de grasa corporal (Donnelly et al., 2003; 2013).

COMBINANDO ESTRATEGIAS DE DIETA Y EJERCICIO

Mettler y colaboradores (2010) realizaron un estudio en hombres jóvenes comprometidos en entrenamiento de fuerza durante un periodo de 2 semanas de dieta hipoenergética durante las cuales los sujetos consumieron ~40% menos energía de la dieta que la requerida para un peso estable. Los sujetos se dividieron en grupos que recibían ya sea 1.0 o 2.3 g proteína/kg de masa corporal/día con carbohidratos de la dieta equivalentes (3.3-3.4 g carbohidratos/kg/día). Aquellos que consumieron la cantidad más baja de proteína perdieron más peso corporal total, pero también más peso como masa magra que aquellos que consumieron la dieta alta en proteína. Sin embargo, un factor que no se controló estrictamente en esta prueba fue la cantidad, intensidad y control del entrenamiento. En cambio, se les pidió a los participantes que simplemente mantuvieran su entrenamiento, el cual consistía principalmente de entrenamiento de fuerza, haciendo difícil saber qué influencia pudieron haber tenido en los resultados los hábitos de entrenamiento de los sujetos (Mettler et al., 2010).

Garthe y colaboradores (2011) posteriormente realizaron un estudio en el cual los atletas tuvieron restringido su consumo de energía de la dieta para promover diferentes tasas de pérdida de peso: lenta (0.7%/semana o ~0.5 kg/semana) vs. rápida (1.4%/semana o 1.0 kg/semana). Los investigadores hicieron la hipótesis de que el grupo de pérdida rápida vs. el de pérdida lenta mostraría un cambio más perjudicial en la composición corporal (es decir,

pérdida de masa corporal magra) así como afectar potencialmente las ganancias en rendimiento ya que todos los atletas estaban entrenando. Sin embargo, el estudio fue diseñado para promover grados equivalentes de pérdida de peso por lo que aquellos en el grupo lento pasaron 8.5 semanas en la intervención versus sólo 5.3 semanas en el grupo de pérdida rápida. Las pérdidas de peso resultantes fueron comparables porque el grupo de pérdida rápida perdió 5.5% de su peso corporal y el grupo de pérdida lenta 5.6%. Ambos grupos consumieron ~1.6 g de proteína/kg de masa corporal/día y también el grupo de pérdida lenta mostró una ganancia en masa corporal magra de 2.1% mientras que el grupo de pérdida rápida no mostró cambios (-0.2%). Además, algunas mediciones de rendimiento (prueba de fuerza de 1 repetición máxima y rendimiento en sprint) aumentaron en mayor grado en el grupo de pérdida lenta. Sin embargo, es incierto si esto fue simplemente porque ese grupo gastó más tiempo entrenando (>3 semanas) que el grupo de pérdida rápida. No obstante, estos datos resaltan que las tasas de pérdida de peso deben ser moderadas si los atletas pretenden perder masa grasa y mejorar el rendimiento mientras simultáneamente ganan masa magra y aumentan su rendimiento (Garthe et al., 2011).

Ganar masa magra mientras se pierde masa grasa (esto es, un estado hipoenergético) es una propuesta difícil. Sin embargo, resultados de pocas pruebas en humanos mostraron que las proteínas de mayor calidad, particularmente de fuentes de lácteos (Josse et al., 2010; 2011), así como programadas para consumirse después del ejercicio y espaciadas en un patrón uniforme durante el día (Areta et al., 2013), son definitivamente estrategias beneficiosas para promover la retención de masa magra. Recientemente, Pasiakos y colaboradores (2013) demostraron que consumos de proteína que eran 2 a 3 veces la RDA (1.6 y 2.4 g/kg/día) eran protectores contra la pérdida de masa magra durante 21 días de una dieta hipocalórica (30% por debajo del consumo de energía para el mantenimiento del peso). Los sujetos en los grupos más altos de proteína perdieron menos masa magra que el grupo que consumió la RDA de proteína. El grupo con la proteína más alta, con 3 veces la RDA o 2.4 g/kg/día, no experimentó ningún beneficio adicional que el grupo de 2 veces la RDA en términos de pérdida de masa magra o grasa. Por lo tanto, parece haber un límite para consumir proteína en el cual los beneficios de proteger contra la pérdida de masa magra no son mayores. Sin embargo, se debe hacer énfasis en que los sujetos de este estudio estuvieron realizando sólo cantidades moderadas de trabajo aeróbico de intensidad baja a moderada (40-65% de $\dot{V}O_2$ pico) todos los días, lo cual puede no ser tan estimulador para la síntesis de proteína muscular (SPM) como el ejercicio de fuerza (Wilkinson et al., 2008). No obstante, hay reportes de casos de atletas extremadamente aeróbicos en los cuales se puede hacer que la masa magra aumente y haya aumento del rendimiento mientras se está en un estado de déficit de energía que promueva una pérdida de masa rápida y sustancial (Haakonssen et al., 2013). Las estrategias empleadas en este tipo de situación son altamente detalladas pero centradas en lo que previamente se ha enfatizado: el consumo de proteína de alta calidad lo más cercano al ejercicio, junto con comidas espaciadas uniformemente y que contengan alta cantidad de proteína durante el día.

Combinando todas las estrategias ya mencionadas anteriormente de mayor consumo de proteína, consumo post-ejercicio programado, comidas que contengan proteína espaciadas uniformemente y proteína de alta calidad (whey), Longland y colaboradores (2016) mostraron que en atletas entrenados regresando de estar fuera de temporada, es posible dedicarse a trabajo de muy alta intensidad (aeróbico, sprints y ejercicio de fuerza) mientras consumen 40% menos energía que la requerida y aun ganar masa corporal magra. De manera interesante, aun en el consumo de proteína más bajo de 1.2 g/kg/día los sujetos no perdieron masa corporal magra, indicando que el 100% del peso perdido vino de la grasa. No obstante, en el grupo que consumió 2.4 g/kg/día de proteína, se perdió 1.2 kg más de masa grasa y se ganó 1.2 kg más de masa magra en comparación con el grupo que consumió 1.2 g/kg/día.

En los últimos años, están empezando a surgir resultados interesantes de estudios de administración de proteína antes y durante el sueño (Groen et al., 2012; Res et al., 2012). Dormir es un tiempo sin provisión de alimentos y por lo tanto no hay una estimulación periódica de SPM por altos niveles de aminoácidos en la sangre. Por definición, los individuos están regularmente expuestos a periodos prolongados en los cuales probablemente experimenten un balance negativo de proteína. Sin embargo, Res y colaboradores (2012) mostraron que la provisión de una comida con proteína (40 g de caseína) antes de dormir mejoró la SPM durante la noche. Aunque imposible de reproducir sin despertar, el mismo grupo de investigación demostró que la alimentación intragástrica (por medio de un tubo de alimentación implantado antes de dormir) aumentó la SPM durante la noche en hombres de mayor edad (Groen et al., 2012). Por lo tanto, como prueba de concepto parece que la provisión de proteína antes o durante el sueño (es decir, durante un pequeño periodo despierto) puede ayudar a compensar las pérdidas de masa magra durante una noche de ayuno. En una prueba más reciente se ha demostrado que estos estudios de prueba de concepto (Groen et al., 2012; Res et al., 2012) resultan en mayor hipertrofia muscular y mayores ganancias en fuerza (Snijders et al., 2015). Así, la proteína antes de dormir parece ser una estrategia válida de adoptar para los atletas que buscan remodelar proteínas musculares y promover hipertrofia y ganancias de fuerza (Snijders et al., 2015).

EFECTOS EN RENDIMIENTO

Una pregunta críticamente importante es si un atleta puede, si pierden demasiada masa muscular durante la pérdida de peso, experimentar disminución del rendimiento. Hay pocos estudios en esta área, pero aquellos que están disponibles sugieren que las disminuciones en el rendimiento son mínimas si es que existen. Por ejemplo, Zachwieja y colaboradores (2001) mostraron que hombres y mujeres en un déficit de energía (-750 kcal/día vs. requerimientos diarios) a corto plazo (2 semanas) no experimentaron ninguna disminución en su capacidad de rendir aeróbicamente, anaeróbicamente o en entrenamiento sensato de fuerza comparado con un grupo que mantuvo su peso. Sin embargo, la pérdida de peso en este estudio fue comparativamente moderada de 1.3 kg con 60% de pérdida de peso (0.78 kg) proveniente de masa magra y tal

vez no sea sorprendente que el rendimiento no se haya afectado adversamente. De manera similar, utilizando una dieta cetogénica muy baja en calorías, Paoli y colaboradores (2012) reportaron que no hubo disminuciones en el rendimiento después de 30 días con esta dieta en gimnastas artísticas de elite durante la cual las gimnastas perdieron 1.6 kg de masa corporal y 1.9 kg de grasa. Aunque las disminuciones en el rendimiento no fueron aparentes en estos dos estudios a corto plazo, en revisiones científicas se ha hecho un llamado tanto para educación y, en algunos casos, reglas, que gobiernen deportes estéticos y algunos deportes de categoría de peso debido a las prácticas extremas de ponerse a dieta para pérdida de peso que comprometen tanto la salud como el rendimiento (Sundgot-Borgen & Garthe, 2011). Así, la falta de cambio en el rendimiento en pruebas a corto plazo no es indicativo de problemas a largo plazo con alimentación restrictiva persistente, así como prácticas de ponerse a régimen para pérdida de peso.

APLICACIONES PRÁCTICAS Y RESUMEN

Lo que está claro es que la pérdida de peso requiere un balance de energía negativo, y esto puede facilitarse a través del ejercicio solo. Entonces, ¿qué puede uno sugerir razonablemente como una estrategia para los atletas que desean comenzar un programa de pérdida de peso, pero enfatizar la pérdida de peso de "alta calidad"? Si aceptamos trabajos publicados que examinen efectos de dosis-respuesta de proteína, entonces una dosis de ~0.25-0.3 g/kg/comida de proteína de alta calidad estimula al máximo la SPM después del ejercicio de fuerza (Moore et al., 2009). Recientemente, la extensión de este trabajo para incluir un periodo de 12 semanas ha demostrado que tanto la síntesis de proteína de todo el cuerpo (Moore et al., 2012) como la síntesis de proteína muscular (Areta et al., 2013) parecen óptimamente estimuladas al seguir un patrón de consumo de proteína cada 3 h durante 12 h de estar despierto. Si uno quisiera extender estos datos (Areta et al., 2013; Moore et al., 2012) a un periodo de 24 h, parece que una práctica recomendable también sería ingerir una comida antes de dormir (Res et al., 2012) para atenuar el esperado balance negativo de proteína muscular después de una noche de ayuno. Dada la duración del periodo de sueño y ayuno durante la noche (típicamente abarcando ~8-10 h), una recomendación práctica sería consumir una dosis de proteína que sea más grande, es decir, ~0.5-0.6 g proteína/kg/comida. Pareciera que una dieta más alta en proteína y más baja en carbohidratos facilita una mayor pérdida de grasa corporal y una mayor conservación de masa magra, de acuerdo a meta regresión (Krieger et al., 2006) y a meta análisis (Wycherley et al., 2012).

El ejercicio suma al efecto de ahorro de masa magra de mayor proteína (Weinheimer et al., 2010) y probablemente es el ejercicio de fuerza de todo el cuerpo, que se enfoca en todos los grupos musculares mayores, el que es más efectivo en promover la retención de masa magra (Josse et al., 2011; Layman et al., 2005). Que el ejercicio de fuerza pueda usarse para enfocarse en la retención de masa magra es tal vez una consideración importante para algunos atletas, tales como ciclistas de ruta, que pueden desear sólo retener (o potencialmente aumentar) músculo en sus piernas mientras no están preocupados acerca

de la pérdida de musculatura de la parte superior del cuerpo. Parece que las tasas rápidas de pérdida de peso (>1 kg/semana), lo cual podría requerir teóricamente un déficit de energía de ~1,100 kcal/día (asumiendo que son 7700 kcal/kg de grasa y que todo el peso perdido fuera grasa), se asocian con una mayor tendencia para perder masa magra (Garthe et al., 2011) y una disminución potencial en el rendimiento. A corto plazo (3-4 semanas), parece que el rendimiento no se perjudica por tasas moderadas de pérdida de peso (Paoli et al., 2012; Zachwieja et al., 2001). Sin embargo, no están disponibles estudios a largo plazo en atletas bien acondicionados más allá de los estudios de casos (Haakonssen et al., 2013) o pruebas a corto plazo (4 semanas) (Longland et al., 2016).

También es recomendable para los atletas que están restringiendo su consumo de energía practicar el consumo de alimentos densos en nutrientes que, aun en una dieta de restricción de energía, estén consumiendo cantidades adecuadas de vitaminas y minerales que se puedan requerir para una óptima salud y rendimiento. Existe evidencia de que las proteínas con base láctea, que contienen una buena fuente de muchos nutrientes, también pueden aumentar la pérdida de grasa y ayudar en la retención de masa magra durante la restricción de energía (Abargouei et al., 2012; Chen et al., 2012).

REFERENCIAS

- Abargouei A.S., M. Janghorbani, M. Salehi-Marzjarani, and A. Esmailzadeh (2012). Effect of dairy consumption on weight and body composition in adults: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled clinical trials. *Int. J. Obes.* 36:1485-1493.
- 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.
- Chen M., A. Pan, V. S. Malik, and F. B. Hu (2012). Effects of dairy intake on body weight and fat: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 96:735-747.
- Churchward-Venne T.A., C. H. Murphy, T. M. Longland, and S. M. Phillips (2013). Role of protein and amino acids in promoting lean mass accretion with resistance exercise and attenuating lean mass loss during energy deficit in humans. *Amino Acids* 45:231-240.
- Cifuentes M., C. S. Riedt, R. E. Brolin, M. P. Field, R. M. Sherrill, and S. A. Shapses (2004). Weight loss and calcium intake influence calcium absorption in overweight postmenopausal women. *Am. J. Clin. Nutr.* 80:123-130.
- Donnelly J.E., J. O. Hill, D. J. Jacobsen, J. Potteiger, D. K. Sullivan, S. L. Johnson, K. Heelan, M. Hise, P. V. Fennessey, B. Sonko, T. Sharp, J. M. Jakicic, S. N. Blair, Z. V. Tran, M. Mayo, C. Gibson, and R. A. Washburn (2003). Effects of a 16-month randomized controlled exercise trial on body weight and composition in young, overweight men and women: the Midwest Exercise Trial. *Arch. Intern. Med* 163:1343-1350.
- Donnelly J.E., J. J. Honas, B. K. Smith, M. S. Mayo, C. A. Gibson, D. K. Sullivan, J. Lee, S. D. Herrmann, K. Lambourne, and R. A. Washburn (2013). Aerobic exercise alone results in clinically significant weight loss for men and women: midwest exercise trial 2. *Obesity* 21:E219-E228.
- Fulgioni V.L., III (2008). Current protein intake in America: analysis of the National Health and Nutrition Examination Survey, 2003-2004. *Am. J. Clin. Nutr.* 87:1554S-1557S.

- Garthe I., T. Raastad, P. E. Refsnes, A. Koivisto, and J. Sundgot-Borgen (2011). Effect of two different weight-loss rates on body composition and strength and power-related performance in elite athletes. *Int. J. Sport Nutr. Exerc. Metab* 21:97-104.
- Groen B.B., P. T. Res, B. Pennings, E. Hertle, J. M. Senden, W. H. Saris, and L. J. van Loon (2012). Intra-gastric protein administration stimulates overnight muscle protein synthesis in elderly men. *Am. J. Physiol.* 302:E52-E60.
- Haakonssen E.C., D. T. Martin, L. M. Burke, and D. G. Jenkins (2013). Increased lean mass with reduced fat mass in an elite female cyclist returning to competition: Case Study. *Int. J Sports Physiol Perform.* 8:699-701.
- Hall K.D., G. Sacks, D. Chandramohan, C. C. Chow, Y. C. Wang, S. L. Gortmaker, and B. A. Swinburn (2011). Quantification of the effect of energy imbalance on bodyweight. *Lancet* 378:826-837.
- Heymsfield S.B., D. Gallagher, D. P. Kotler, Z. Wang, D. B. Allison, and S. Heshka (2002). Body-size dependence of resting energy expenditure can be attributed to nonenergetic homogeneity of fat-free mass. *Am. J. Physiol.* 282:E132-E138.
- Institute of Medicine (2005). Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academies Press, Washington, DC.
- Josse A.R., S. A. Atkinson, M. A. Tarnopolsky, and S. M. Phillips (2011). Increased consumption of dairy foods and protein during diet- and exercise-induced weight loss promotes fat mass loss and lean mass gain in overweight and obese premenopausal women. *J. Nutr.* 141: 1626-1634.
- Josse A.R., J. E. Tang, M. A. Tarnopolsky, and S. M. Phillips (2010). Body composition and strength changes in women with milk and resistance exercise. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:1122-1130.
- Krieger J.W., H. S. Sitren, M. J. Daniels, and B. Langkamp-Henken (2006). Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression. *Am. J. Clin. Nutr.* 83:260-274.
- Layman D.K., E. Evans, J. I. Baum, J. Seyler, D. J. Erickson, and R. A. Boileau (2005). Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *J. Nutr.* 135:1903-1910.
- Longland T.M., S.Y. Oikawa, C.J. Mitchell, M.C. Devries, and S.M. Phillips (2016). Higher compared with lower dietary protein during an energy deficit combined with intense exercise promotes greater lean mass gain and fat mass loss: a randomized trial. *Am. J. Clin. Nutr.* 103:738-746.
- Mettler S., N. Mitchell, and K. D. Tipton (2010). Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med. Sci. Sports Exerc.* 42:326-337.
- 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 (2009). 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. Areta, V. G. Coffey, T. Stellingwerf, S. M. Phillips, L. M. Burke, M. Cleroux, J. P. Godin, and J. A. Hawley (2012). Daytime pattern of post-exercise protein intake affects whole-body protein turnover in resistance-trained males. *Nutr. Metab.* 9:91.
- Otis C.L., B. Drinkwater, M. Johnson, A. Loucks, and J. Wilmore (1997). American College of Sports Medicine position stand. The Female Athlete Triad. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29: i-ix.
- Paoli A., K. Grimaldi, D. D'Agostino, L. Cenci, T. Moro, A. Bianco, and A. Palma (2012). Ketogenic diet does not affect strength performance in elite artistic gymnasts. *J. Int. Soc. Sports Nutr.* 9:34.
- Pasiakos S.M., J. J. Cao, L. M. Margolis, E. R. Sauter, L. D. Whigham, J. P. McClung, J. C. Rood, J. W. Carbone, G. F. Combs, Jr., and A. J. Young (2013). Effects of high-protein diets on fat-free mass and muscle protein synthesis following weight loss: a randomized controlled trial. *FASEB J.* 27:3837-3847.
- Phillips S.M. (2012). Dietary protein requirements and adaptive advantages in athletes. *Br. J. Nutr.* 108:S158-S167.
- Res P.T., B. Groen, B. Pennings, M. Beelen, G. A. Wallis, A. P. Gijzen, J. M. Senden, and L. J. van Loon (2012). Protein ingestion prior to sleep improves post-exercise overnight recovery. *Med. Sci. Sports Exerc.* 44:1560-1569.
- Snijders T., P.T. Res, J.S. Smeets, V.S. van Vliet, K.J. van Kranenburg, K. Maase, A.K. Kies, L.B. Verdijk, and L.J. van Loon (2015). Protein ingestion before sleep increases muscle mass and strength gains during prolonged resistance-type exercise training in healthy young men. *J. Nutr.* 145: 1178-1184.
- Sundgot-Borgen J. and I. Garthe (2011). Elite athletes in aesthetic and Olympic weight-class sports and the challenge of body weight and body compositions. *J. Sports Sci.* 29:S101-S114.
- Taubes G. (2013). The science of obesity: what do we really know about what makes us fat? An essay by Gary Taubes. *Br. Med. J.* 346:f1050.
- Weinheimer E.M., L. P. Sands, and W. W. Campbell (2010). A systematic review of the separate and combined effects of energy restriction and exercise on fat-free mass in middle-aged and older adults: implications for sarcopenic obesity. *Nutr. Rev.* 68:375- 388.
- Wilkinson S.B., S. M. Phillips, P. J. Atherton, R. Patel, K. E. Yarasheski, M. A. Tarnopolsky, and M. J. Rennie (2008). Differential effects of resistance and endurance exercise in the fed state on signalling molecule phosphorylation and protein synthesis in human muscle. *J. Physiol.* 586:3701-3717.
- Wycherley T.P., L. J. Moran, P. M. Clifton, M. Noakes, and G. D. Brinkworth (2012). Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Am. J. Clin. Nutr.* 96:1281-1298.
- Zachwieja J.J., D. M. Ezell, A. D. Claine, J. C. Ricketts, P. C. Vicknair, S. M. Schorle, and D. H. Ryan (2001). Short-term dietary energy restriction reduces lean body mass but not performance in physically active men and women. *Int. J. Sports Med.* 22:310-316.

TRADUCCIÓN

Este artículo ha sido traducido y adaptado de: Phillips, S.M. (2016). Protein and Exercise in Weight Loss: Considerations for Athletes. Sports Science Exchange Vol. 28, No. 159, 1-5, por Lourdes Mayol Soto, M.Sc.