



Facultad de
Ciencias de la Salud
y del Deporte - Huesca
Universidad Zaragoza

Máster Universitario en Evaluación y Entrenamiento Físico para la Salud

Trabajo Fin de Máster

Impacto de la ingesta de proteínas post-entrenamiento en la composición corporal y en la condición física muscular de patinadores jóvenes competitivos: un estudio piloto

Effects of post-exercise protein intake on body composition and muscular fitness of competitive young skaters: a pilot study

Autor

Joaquín Galvez Villar

Director

Dr. Germán Vicente Rodríguez (Dpto. Fisiatría y Enfermería)

Facultad de Ciencias de la Salud y del Deporte
Diciembre 2021

ABSTRACT

INTRODUCTION: Although the effect of protein supplementation on body composition has been extensively studied in subjects who practice strength sports, the research in athletes who follow concurrent training is less common, especially if we talk about an adolescent population. For this reason, a pilot study was designed in which the main objective was to assess the effects of supplementation with milk protein on the body composition and muscular physical condition of young inline skating competitors, a sport in which the compartmental distribution weight is the very important to the proper development of performance and your health.

MATERIAL AND METHODS: A total of seven skaters were recruited to follow a two-phase concurrent training and supplementation program (control and intervention) with a total duration of 10 weeks. Body composition measurements were made by bioelectrical impedance, performance parameters by squat jump test and dietary intake by means of a weighted food records.

RESULTS: During the intervention phase, the participants decreased fat mass and increased muscle mass, both significantly. A trend towards a reduction in carbohydrate and fat intake was observed during the intervention period, without reaching statistical significance. Regarding the muscular physical condition, no significant differences were found between evaluations or in the percentages of change between phases.

CONCLUSIONS: Protein supplementation can have an important role in the general dietary intake and be an effective strategy to improve body composition in young competitive athletes, without directly implying an improvement in muscle performance.

KEYWORDS: body composition; protein supplementation; concurrent training; exercise; performance.

RESUMEN

INTRODUCCIÓN: A pesar de que el efecto de la suplementación proteica en la composición corporal ha sido muy estudiado en sujetos que practican deportes de fuerza, la investigación en deportistas que siguen un entrenamiento de tipo concurrente es mucho menor, en especial si hablamos de una población adolescente. Es por ello que se diseñó un estudio piloto en el que el principal objetivo fue valorar los efectos de la suplementación con proteína láctea en la composición corporal y en la condición física muscular de jóvenes competidores de patinaje en línea, deporte en el que la distribución compartimental del peso es clave para el correcto desarrollo del rendimiento y de su salud.

MATERIAL Y MÉTODOS: Un total de siete patinadores fueron reclutados para seguir un programa de entrenamiento concurrente y de suplementación de dos fases (control e intervención) con una duración total de 10 semanas. Se realizaron mediciones de la composición corporal a través de impedancia bioeléctrica, de parámetros de rendimiento a través del squat jump test y de la ingesta dietética mediante un registro de pesado de alimentos.

RESULTADOS: Durante la fase de intervención, en los participantes disminuyó la masa grasa y aumentó la masa muscular, ambas de manera significativa. Se observó una tendencia a la reducción de la ingesta de hidratos de carbono y grasa durante el periodo de intervención, sin llegar a la significación estadística. En relación a la condición física muscular, no se encontraron diferencias significativas entre valoraciones ni en los porcentajes de cambio entre fases.

CONCLUSIONES: La suplementación con proteínas puede jugar un papel importante en la ingesta dietética general y ser una estrategia eficaz para mejorar la composición corporal en jóvenes deportistas de competición, sin implicar de manera directa una mejora en rendimiento muscular.

PALABRAS CLAVES: composición corporal; suplementación proteica; entrenamiento concurrente; ejercicio; rendimiento.

ÍNDICE

1. LISTADO DE ABREVIATURAS	5
2. INTRODUCCIÓN.....	6
3. MATERIAL Y MÉTODOS.....	9
4. RESULTADOS.....	15
5. DISCUSIÓN.....	18
6. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO	24
7. CONCLUSIONES.....	25
9. BIBLIOGRAFÍA	26

1. LISTADO DE ABREVIATURAS

MLG: Masa libre de grasa

MG: Masa grasa

ECAs: Ensayos clínicos aleatorizados

MM: Masa muscular

IOM: Institute of Medicine

CDR: Cantidad diaria recomendada

IAAO: Indicador de oxidación de aminoácidos

IMC: Índice de masa corporal

SJ: Squat jump

RPA: Registro de pesada de alimentos

KCALs: Kilocalorías

MB: Metabolismo basal

GET: Gasto energético total

VCT: Valor calórico total

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

2. INTRODUCCIÓN

El papel de la ingesta de proteínas durante un programa de fuerza con el objetivo de optimizar las adaptaciones fisiológicas propias del entrenamiento es un tema actual y de creciente interés en el ámbito científico y aplicado(1–3), siendo la mejora de la composición corporal una de las adaptaciones más estudiadas(4). Cuando hablamos de la composición corporal, nos referimos concretamente a la masa libre de grasa (MLG) y/o masa grasa (MG) de una persona; entendiendo que, dentro de unos valores que no sean extremos, hay mejores perspectivas en relación a la salud y mayor protección frente a diversas enfermedades crónicas como la obesidad o el síndrome metabólico si aumenta la MLG o si disminuye la MG(5,6).

Sin embargo, y a pesar de la cantidad de estudios que se han realizado de manera reciente(7–11), existe poca certeza y un escaso consenso científico del efecto que tiene, en un contexto de ejercicio físico, la administración de suplementos de proteína sobre la composición corporal(12). En algunos ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) se ha observado un aumento de la MLG y/o una reducción de la MG mayor en el grupo de suplementación proteica que en el grupo de placebo isocalórico, tanto en adultos jóvenes como en mayores(13–16); sin embargo; en otros muchos ECAs, no se evidencia tal mejora(17–22). Los resultados discrepantes se han atribuido a una frecuente disparidad en el diseño de los estudios, entre las que se incluye las diferencias en los reportes de ingesta calórica, en la ingesta proteica diaria, en la cantidad y fuente de la suplementación o en la supervisión de los programas de entrenamiento(12,23,24). Es especialmente remarcable el hecho de que, en muchos estudios, la ingesta calórica total no se reporte correctamente o no se iguale ente grupos de intervención, a pesar de que hay ensayos que han demostrado que la ingesta total de energía es un factor importante que afecta al cambio en la composición corporal, con o sin entrenamiento de fuerza(20,16)

Esto mismo se traslada a estudios de revisiones sistemáticas y metaanálisis donde, en algunos, existe un efecto positivo de los suplementos proteicos para mejorar el tamaño y la fuerza de la masa muscular (MM)(25–27), pero en otros, no se respalda tal efecto(28,29). Estas revisiones suelen incluir ECAs que mantienen los problemas de diseño anteriormente citados, por lo que es lógico que se traslade la misma controversia.

Por lo tanto, no parece haber una respuesta clara y basada en la evidencia científica de la eficacia de los suplementos de proteína sobre la composición corporal(30).

Si nos trasladamos al ámbito del deporte competitivo, el debate se encuentra, si cabe, aún más dividido. En una preparación física para la competición, los deportistas generalmente utilizan un planteamiento de ejercicio concurrente en el que mezclan el entrenamiento de fuerza con el de resistencia. La evidencia que relaciona el entrenamiento concurrente y la suplementación proteica con la composición corporal en una población sin patologías, se limita a escasos ECAs(31–35) y a una reciente revisión sistemática

y metaanálisis(36) en la que se concluye que, aunque durante un programa de entrenamiento concurrente la suplementación de proteínas puede favorecer la acumulación de masa magra y las ganancias de fuerza, es necesaria más investigación y unos reportes de ingesta más completos y exactos en futuros estudios.

Adicionalmente, existen otras cuestiones importantes en lo que respecta a la ingesta proteica y su relación con la composición corporal. Varios estudios indican que el efecto favorable de la suplementación puede deberse a la consecuencia directa de aumentar la cantidad diaria total de proteína ingerida por una persona. Según el Institute of Medicine (IOM), la cantidad diaria recomendada (CDR) de proteína representa la suma relativa de proteína de alta calidad necesaria para mantener el equilibrio de nitrógeno en el 97,5% de la población objetivo(37). Actualmente la CDR de proteína se sitúa en un valor de 0,8 gr/kg/día para adultos sanos y de 1 gr/kg/día para adolescentes(38).

En adolescentes, precisamente, debemos prestar especial atención ya que se trata de una población que puede requerir una mayor cantidad de proteína a causa del crecimiento y desarrollo corporal, desconociéndose la cantidad óptima para generar ganancias de MM relacionadas con el entrenamiento de fuerza(39). La evidencia en esta población es definitivamente escasa, por lo que requiere más investigación para establecer unas recomendaciones individualizadas.

Existen hipótesis por la cual una ingesta superior de proteínas a la CDR podría mejorar la retención de la MLG o favorecer la pérdida de la MG. Por ejemplo, los niveles de actividad física se reconocen como un posible modificador de los requerimientos proteicos(40). La CDR de proteína puede ser una pauta inadecuada e insuficiente a seguir, ya que puede haber una diferencia entre la ingesta de proteína necesaria para promover únicamente las necesidades básicas fisiológicas y las demandas para alcanzar un determinado rendimiento deportivo. Hasta el momento, hay líneas que defienden que el mayor requerimiento de proteínas en el deporte está relacionado con la mayor síntesis de proteínas necesaria para ayudar en el proceso de reparación y remodelación de las fibras del músculo esquelético dañadas durante una sesión de ejercicios de fuerza(41), sin embargo, no se dispone de evidencia suficiente para recomendar diferentes necesidades de proteínas en función de la práctica deportiva(37,42), aunque haya estudios que favorezcan esta hipótesis(43,44).

Adicionalmente, varios estudios apuntan que las proteínas de la dieta estimulan la termogénesis y la saciedad más que los hidratos de carbono o las grasas(45–48). En ese sentido, una mayor ingesta proteica, aumenta la saciedad a corto plazo y, como consecuencia, disminuye la ingesta de energía ad libitum(45). Uno de los posibles mecanismos que pueden implicar la reducción del apetito por las proteínas y los aminoácidos de la dieta, es el efecto que causan sobre los péptidos intestinales como la colecistoquinina y el péptido similar al glucagón-1, entre otros(46). Estos péptidos se producen y secretan principalmente en el tracto gastrointestinal y afectan al apetito, regulando el proceso digestivo y la señalización neural en el sistema nervioso central(46).

Con respecto al efecto en la termogénesis, el hecho de que la ingestión de proteínas alimentarias estimule el gasto energético en el período postprandial, es una tesis ya respaldada por la evidencia de manera sólida(47,48). En términos teóricos, el coste energético de digerir, absorber y metabolizar la proteína es más alto (20-30% del contenido energético del macronutriente ingerido) en comparación con los hidratos de carbono (5-10%) y la grasa (0-3%)(49).

Dada la falta de coherencia entre los estudios de suplementación proteica y composición corporal, el escaso número de ensayos evaluados con entrenamiento concurrente, la falta de reportes exactos de ingesta calórica y los datos limitados específicos para adolescentes, es importante realizar ensayos que pueda aportar evidencia sobre esta materia. Por lo tanto, diseñamos un estudio piloto con el objetivo de valorar los efectos en la composición corporal de suplementar con proteína post-entrenamiento a jóvenes competidores de patinaje en línea, deporte en el que se realizan entrenamientos de tipo concurrente y en el que el peso y su distribución compartimental, son claves para el correcto desarrollo del rendimiento.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

Participantes

Para la obtención de la muestra del presente estudio se hizo un llamamiento a los patinadores de la federación española de patinaje residentes en la ciudad de Zaragoza, por medio del seleccionador nacional español de patinaje Inline Freestyle. Se reclutó un total de siete participantes que cumplían los siguientes criterios de inclusión: ser un patinador en línea federado, estar activo en la competición, tener un mínimo de cinco años de entrenamiento regular de patinaje y un mínimo de 10 horas de entrenamiento semanal. Como criterio de exclusión se indicó que los participantes no podían tener ninguna patología relacionada con la digestión y absorción de proteínas dietéticas (p. ej. fenilcetonuria) o con la digestión de lácteos (intolerancia a la lactosa).

Consideraciones éticas

El proyecto fue aprobado por el Comité Ético de Estudios Clínicos de Aragón (CEICA) siguiendo los requisitos de la Ley 14/2007, de 3 de julio, de Investigación Biomédica y los principios éticos aplicables, con el número de registro del estudio PI21/242. Se informó a todos los participantes de los objetivos del estudio y se firmó el consentimiento informado de los participantes adultos y de los adolescentes y sus respectivos padres. Este estudio siguió la Declaración de Helsinki de principios éticos para la investigación médica en humanos de 2013(50).

Diseño del estudio

Los sujetos finalmente seleccionados participaron en un estudio piloto en el que siguieron un entrenamiento físico concurrente. Debido a la n, se decidió realizar un estudio en 2 fases:

- 1) Fase 1- control. Los participantes realizaron el entrenamiento concurrente y siguieron su dieta habitual sin suplementación de proteína durante cinco semanas.
- 2) Fase 2- intervención. En las siguientes cinco semanas, además de mantener el entrenamiento concurrente, se incluyó, tras los entrenamientos físicos, una intervención de suplementación proteica sumada a la dieta habitual.

Por lo tanto, hubo un período total de estudio de 10 semanas. Durante este periodo, los participantes acudieron al laboratorio para realizar mediciones de composición corporal y de rendimiento físico en tres ocasiones: en línea de base, en la semana 5 y en la semana 10 (Figura 1).

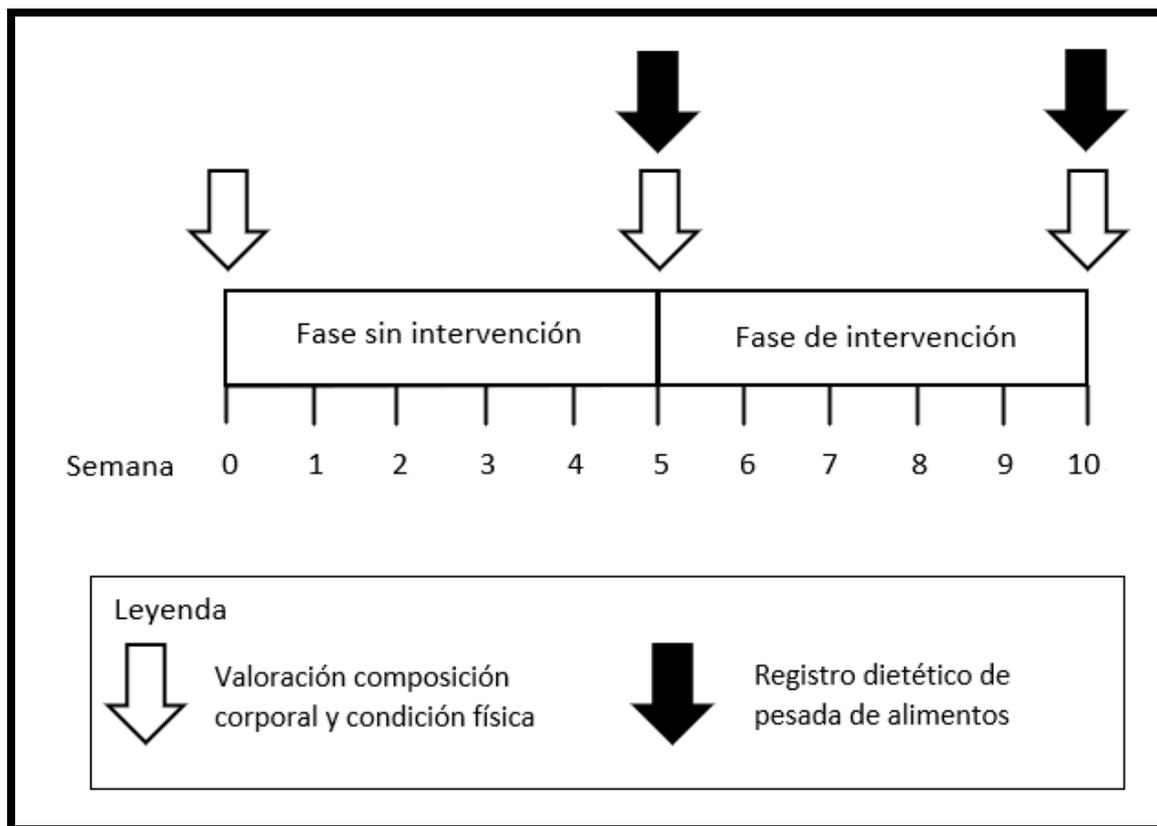


Figura 1. Línea de tiempo de las mediciones del estudio.

Programa de entrenamiento

El programa de entrenamiento consistió en un protocolo de naturaleza concurrente en el que se aunó un bloque de trabajo técnico-aeróbico con otro de fuerza muscular. El entrenamiento técnico aeróbico consistió en entrenamientos de series de duración similar a la competición, además del trabajo de mejora continua de los gestos deportivos. El entrenamiento de fuerza fue diseñado como un programa de cuerpo completo con foco principal en la parte inferior del cuerpo seguido en importancia por el trabajo de la zona central y, por último, el trabajo de la parte superior del cuerpo, englobado en un día a la semana. Se siguió un esquema de sobrecarga progresiva para facilitar aumentos de fuerza y MM. Los participantes completaron tantas repeticiones como pudieron en su serie final. Si llegaban al objetivo de repeticiones, se les asignaba una carga más alta para su próximo entrenamiento.

Cada sesión de entrenamiento se dividía en una parte técnica-aeróbica con un volumen asignado de aproximadamente 90 minutos y otra parte de fuerza con un volumen de 60 minutos, con un descanso entre bloques de grupo muscular de 90 segundos. La realización del programa fue supervisada presencialmente por el investigador de campo. A continuación, en la Tabla 1, se describe el programa de entrenamiento de fuerza.

<i>Día de la semana</i>	<i>Tipo de esfuerzo</i>	<i>Ejercicio</i>	<i>Series</i>	<i>Repeticiones</i>	<i>Grupo Muscular</i>
<i>Lunes</i>	Técnico-aeróbico	Series técnicas de esfuerzo similar a la competición	15	De 1´ a 3´	Todo el cuerpo
	Fuerza	“Arch Ups”	5	15	Lumbar
		“Standing Weighted Oblique Stretch”	5	5	Lumbar (Movilidad)
		Batería Calentamiento Tren Inferior	-	-	Tren inferior
		“Speed Skater Squat”	-	-	Tren inferior
		“Natural Leg Extension”	5	5	Tren inferior (Movilidad)
		Circuito Tren inferior	3	-	Tren inferior
<i>Miércoles</i>	Técnico-aeróbico	Series técnicas de esfuerzo similar a la competición	15	De 1´ a 3´	Todo el cuerpo
	Fuerza	Ground Rows	4	12	Tren superior posterior
		Banded T Pull	4	10	Tren superior posterior (Movilidad)
		Push-ups	5	15	Tren superior anterior (Fuerza)
		Xiaopeng Forward	5	5	Tren superior anterior (Movilidad)
		Circuito Tren inferior	3	-	Tren superior
<i>Viernes</i>	Técnico-aeróbico	Series técnicas de esfuerzo similar a la competición	15	De 1´ a 3´	Todo el cuerpo
	Fuerza	Hollow Body Hold	5	60´´	Abdominal
		Shoulder Bridge	5	10	Abdominal (Movilidad)
		Batería Calentamiento Tren Inferior	-	-	Tren inferior
		Hawaiian Squat	5	5	Tren inferior (Fuerza)
		Shoulder Bridge Leg Curl	5	5	Tren inferior (Movilidad)
		Circuito Tren inferior	3	-	Tren inferior
<i>Domingo</i>	Técnico-aeróbico	Libre			

Tabla 1. Estructura general del programa de entrenamiento.

Protocolo de suplementación

A los participantes se les administró una dosis de 30 gramos de proteína concentrada de suero (Harrison Sport Nutrition S.L, Granada, España) inmediatamente después del entrenamiento físico, 3 días por semana durante un total de 5 semanas. Cada dosis de proteína se mezcló con 250 ml de agua. Se escogió una fuente proteica de suero lácteo debido a que estudios de marcado isotópico sugieren que la tasa de digestión y el alto contenido de leucina de la proteína de suero son dos factores principales que impulsan la respuesta anabólica de la proteína después del ejercicio(51), además de considerarse para algunos autores como el estándar de oro en comparación con otras fuentes de proteínas de alta calidad(52,53).

Evaluación de la Composición corporal

La composición corporal (MLG y MG) se estimó mediante impedancia bioeléctrica, técnica que mide la oposición al flujo de una corriente eléctrica a través de los líquidos corporales contenidos fundamentalmente en los tejidos magro y graso(54). Tanto la medición de la masa corporal como la estimación de MLG y MG se llevó a cabo con el analizador de composición corporal multifrecuencia Tanita MC-780MA (Tanita Corp., Tokio, Japón). Este modelo de Tanita arroja datos de MM y % MM, por lo que se decidió incluir estos valores como variables de análisis, a pesar de que su uso no sea tan frecuente como la MLG. La altura se evaluó con un estadiómetro portátil con una capacidad máxima de 2,10 m y un margen de error de 1 mm (Seca, Hamburgo, Alemania). El Índice de masa corporal (IMC) también fue agregado al análisis estadístico ya que es un descriptivo habitual y un parámetro fácil de calcular. La información relativa al sujeto (edad, sexo y altura) se introdujo en el dispositivo y posteriormente se le indicó al participante que se pusiera en bipedestación descalzo sobre la unidad autónoma. Todas las mediciones del estudio fueron realizadas en las mismas condiciones experimentales para evitar cualquier condición de interferencia, incluyendo cuestiones como la hora de la medición o el estado de hidratación de los participantes, exponiéndoles de manera previa las instrucciones de cuanta cantidad de agua debían beber el día que se realizó la bioimpedancia.

Evaluación de parámetros de rendimiento

En el contexto de una valoración de la aptitud física durante la adolescencia, el “squat jump”(SJ) es una prueba de salto vertical ampliamente utilizada para evaluar la fuerza y la potencia de la musculatura de las extremidades inferiores(55). Para evaluar la condición muscular de los participantes, se realizó una prueba de SJ en la que ejecutaron un salto máximo a 90 grados de flexión de rodilla, despegando del suelo con ambos pies simultáneamente y aterrizando de la misma manera, sobre una superficie plana y con los pies separados por el ancho de los hombros. Para medir la altura, la velocidad y la potencia de dicho salto, se utilizó la app de smartphone "MyJump 2". Esta aplicación ha demostrado una alta

confiabilidad (ICC = 0.96) y una alta correlación con la medición de la altura del salto con la plataforma de fuerza ($r = 0.96$)(56).

Evaluación de la ingesta dietética

Para realizar la valoración de la ingesta nutricional, los participantes llevaron a cabo, en cada una de las fases del estudio, un registro de pesada de alimentos (RPA). Como muestra de ingesta habitual, en la última semana de las dos fases del estudio, se recogieron registros de tres días consecutivos (dos entre semana con y sin entrenamiento, y un día de fin de semana sin entrenamiento).

Los participantes fueron instruidos en persona por un dietista-nutricionista sobre cómo completar el RPA. Antes de que comenzara el período de registro, se proporcionaron instrucciones completas sobre como pesar y registrar de manera correcta todos los alimentos y bebidas consumidos durante el periodo de evaluación. Se enfatizó en la necesidad de detalles y precisión, y se explicaron estrategias para manejar diversas situaciones, como la gestión de las sobras de los alimentos o de las comidas fuera del hogar habitual. Para el pesado de los alimentos se utilizaron balanzas digitales como instrumentos de medición. Para los platos mixtos, se pidió a los participantes que proporcionaran una receta utilizando pesos o medidas habituales del hogar, que describieran la composición de la comida en detalle.

Tras el procedimiento de registro, se calibró el valor calórico y de macronutrientes de los alimentos registrados por los participantes. Esta calibración se llevó a cabo mediante el uso del sistema de software de MyFitnessPal (MyFitnessPal, Inc .; Baltimore, MD, EE. UU.), previamente validado y que proporciona estimaciones precisas de la ingesta de energía y macronutrientes de los alimentos(57). Las variables de ingesta reportadas en las dos fases del estudio (kilocalorías (kcal), hidratos de carbono, grasas y proteínas), se compararon con los datos de metabolismo basal (MB) y gasto energético total (GET) de los participantes. Los requerimientos calóricos del MB y del GET, fueron calculados a través de la media de resultados de tres fórmulas diferentes: Harris-Benedict(58), Mifflin-St.Jeor(59) y Katch-McArdle(60). Para calcular los requerimientos teóricos de macronutrientes se utilizó, tanto en el MB como en el GET, una distribución de 55% del valor calórico total (VCT) de hidratos de carbono, un 25% del VCT de grasas y un 20% del VCT de proteínas.

Análisis estadístico

Para el análisis comparativo de las diferentes valoraciones de los participantes se llevó a cabo una prueba no paramétrica, ya que el tamaño de muestra era bajo ($n=7$) y no se debía suponer la normalidad de la misma. Por este motivo y con la finalidad de contrastar las hipótesis y los resultados de las diferentes valoraciones y fases del estudio, se utilizó la prueba de rangos y signos de Wilcoxon en las variables de

composición corporal (Peso (kg), MG (kg), MLG (kg), MM (kg) e IMC (kg/m²)), de condición física muscular (Altura de vuelo (cm), fuerza (N) y potencia del salto (W)) e ingesta dietética (valor calórico (kcal), hidratos de carbono (g), grasas (g) y proteínas (g)). Para analizar posibles relaciones entre variables, se realizaron análisis de correlación bivariada. Adicionalmente, el tamaño del efecto fue calculado para verificar la magnitud de las diferencias mediante la *r* para comparaciones no paramétricas, donde un valor de *r* puede ser pequeño (0.1-0.3), moderado (0.3-0.5) o grande (>0.5)(61). Se estableció un nivel de significación $p < 0.05$. El análisis de los datos fue realizado mediante la versión 25.0 del programa estadístico Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

4. RESULTADOS

Cambios en la composición corporal y en la condición física muscular

Los resultados de composición corporal y de condición física muscular se muestran en la tabla 2. Al terminar la fase de control (semana 5) no se observaron cambios significativos en ninguna de las variables de composición corporal ni de condición física respecto al inicio del estudio, sin embargo, cuando finalizó la fase de intervención (semana 10), la MG y el %MG disminuyeron más de un 15%, con un tamaño del efecto grande (ambas $p < 0,05$; $r = 0,63$); y la MLG y la MM aumentaron un 3,7% y el %MM un 3,4%, con tamaños del efecto grandes (todas $p < 0,05$; $r = 0,63$) respecto al fin de la fase de control. Esto no se tradujo en cambios significativos en el IMC.

En relación a la condición física muscular, no se encontraron diferencias significativas entre valoraciones ni en los porcentajes de cambio entre fases.

Tabla 2. Composición corporal, condición física y porcentaje de cambios entre fases de las diferentes valoraciones

	Semana 0 (Línea Base)	Semana 5 (Fin 1º Fase)	r Semana 0-5	Semana 10 (Fin 2º Fase)	r Semana 5-10	r Semana 0-10	% Cambio: Semanas 0-5 (Fase 1)	% Cambio: Semanas 5-10 (Fase 2)	r % cambio entre fases	% Cambio: Semanas 0-10
COMPOSICIÓN CORPORAL										
Peso (kg)	52,7 ± 6,1	53,1 ± 6,9	0,25	53,2 ± 6,7	0,11	0,34	0,66 ± 1,64	0,23 ± 1,30	0	0,88 ± 1,87
Masa grasa (kg)	12,2 ± 4,5	12,5 ± 5,3	0,16	11,1 ± 5,5*	0,63	0,34	0,35 ± 11,11	-15,89 ± 17,06§	0,63	-14,20 ± 23,38
Masa grasa (%)	22,9 ± 7,1	23,4 ± 8	0,09	20,6 ± 8,6 ^{*0,063}	0,63	0,50	-0,5 ± 10,76	-15,86 ± 16,94§	0,63	-14,95 ± 22,66
Masa libre de grasa (kg)	40,5 ± 5,4	40,6 ± 6	0,09	42,1 ± 6,2*†	0,63	0,63	0,13 ± 2,13	3,66 ± 1,70§	0,54	3,79 ± 2,38
Masa muscular (kg)	38,5 ± 5,2	38,6 ± 5,7	0,09	40 ± 5,9*†	0,63	0,63	0,18 ± 2,08	3,67 ± 1,69§	0,54	3,85 ± 2,39
Masa muscular (%)	73,1 ± 6,7	72,8 ± 7,6	0,16	75,4 ± 8,1 ^{*0,063}	0,63	0,50	-0,46 ± 2,29	3,44 ± 1,03§	0,63	2,98 ± 3,18
IMC (kg/m ²)	19,9 ± 2	20 ± 2,3	0,38	20 ± 2,2	0	0,32	0,84 ± 1,51	0,02 ± 1,26	0,23	0,86 ± 1,84
CONDICIÓN FÍSICA MUSCULAR										
Altura de salto (cm)	22,9 ± 5,7	23,9 ± 6,4	0,32	26 ± 6,3	0,40	0,45	5,29 ± 13,05	9,45 ± 15,13	0,14	15,45 ± 22,78
Fuerza de salto (N)	834 ± 147	848 ± 161	0,36	884 ± 161	0,40	0,45	1,70 ± 4,96	4,40 ± 6,37	0,27	6,20 ± 8,58
Potencia de salto (W)	890 ± 268	930 ± 300	0,36	1006 ± 301	0,40	0,45	4,82 ± 11,66	8,98 ± 14,47	0,14	14,34 ± 20,45

Todos los datos se presentan como medias ± valores de desviación estándar.

Abreviaturas: kg: kilogramos; cm: centímetros; N: newtons; W: watios

* Diferencias significativas con la semana 5 ($p < 0,05$).

† Diferencias significativas con la línea base ($p < 0,05$).

Los superíndices numéricos muestran las diferencias de fuerte tendencia con la línea base, sin llegar a significación estadística.

§ Diferencias significativas con el porcentaje de cambio de las semanas 0-5 ($p < 0,05$).

r = Tamaño del efecto.

Cambios en la ingesta dietética

El MB, el GET y la ingesta dietética diaria promedio de kcals, hidratos de carbono, grasas y proteínas durante las diferentes fases del estudio, así como el porcentaje de cambio entre fases se muestra en la tabla 3.

Cuando contrastamos la ingesta dietética control y de intervención, se observa una tendencia a la disminución de los gramos de ingesta de hidratos de carbono ($p=0.063$) y de grasa ($p=0.051$), con tamaños del efecto moderado-grande ($r=0,5$ y $r=0,52$; respectivamente).

Al comparar los valores de evaluación de ingesta dietética con los del MB, el aporte de la ingesta de hidratos de carbono es significativamente inferior a la correspondiente del MB solo en la fase de intervención ($p<0,05$; $r=0,63$), mientras que el aporte de la ingesta de la grasa es significativamente más alto que la del MB, únicamente en la fase control ($p<0,05$; $r=0,59$).

Si contrastamos la ingesta calórica de control y de intervención con los valores estimados del GET, podemos observar que en ambas fases los valores de consumo calórico total y de ingesta de hidratos de carbono son significativamente más bajos que los correspondientes al del GET (ambos $p<0,05$), con tamaños del efecto grandes ($r=0,63$). La ingesta proteica fue significativamente menor que la del GET, únicamente durante la fase de control ($p<0,05$; $r=0,59$).

Tabla 3. MB y GET de los participantes, ingesta dietética y porcentaje de cambios entre fases de las diferentes valoraciones

	MB	r MB- Fase 1	r MB- Fase 2	GET	r GET- Fase 1	r GET- Fase 2	Fase 1	Fase 2	r Fase1 - Fase 2	% Cambio Fase 1 – Fase 2
Consumo Calórico (kcals)	1351±161	-0,23	-0,18	2060±176*†	-0,63	-0,63	1483 ± 491	1264 ± 445	-0,36	-13,15 ± 21,58
Hidratos de carbono (g)	186±22†	-0,32	-0,63	283±24*†	-0,63	-0,63	160 ± 48	119 ± 41 ^{0,063}	-0,50	-23,59 ± 23,74
Grasa (g)	37±5*	-0,59	-0,41	57±5	-0,09	-0,32	59 ± 19	48 ± 17 ^{0,051}	-0,52	-16,77 ± 21,11
Proteína (g)	68±8	-0,05	-0,36	103±9*	-0,59	-0,41	71 ± 30	83 ± 26	-0,32	24,45 ± 35,92

Todos los datos se presentan como medias ± valores de desviación estándar.

Abreviaturas: MB: metabolismo basal ; GET: gasto energético total; kcals: kilocalorías; g: gramos.

* Diferencias significativas con la 1ª fase ($p < 0.05$).

† Diferencias significativas con la 2ª fase 5 ($p < 0.05$).

r = Tamaño del efecto.

Los superíndices numéricos muestran las diferencias de fuerte tendencia con la 1ª fase, sin llegar a significación estadística.

Correlaciones entre ingesta dietética, composición corporal y condición física muscular

Los resultados de las correlaciones entre la ingesta dietética, composición corporal y condición física muscular iniciales (semana 0) se muestran en la tabla 4. Todas las variables de ingesta (kcal, hidratos de carbono, grasas y proteínas) correlacionan de manera inversa con el porcentaje de MG y de manera directa con el porcentaje de MM. Adicionalmente, los hidratos de carbono correlacionan inversamente con la MG, y las proteínas positivamente con la potencia del salto.

Tabla 4. Correlaciones bivariadas entre ingesta dietética, composición corporal y condición física muscular iniciales (Semana 0).

		Masa Grasa	% Masa Grasa	Masa Libre de Grasa	Masa Muscular	% Masa Muscular	IMC	Salto (Cm)	Saltos (N)	Saltos (W)
Kcals	Pearson	-0,726	-,794*	0,510	0,510	,795*	-0,375	,837*	0,524	0,709
	Valor-p	0,065	0,033	0,243	0,242	0,033	0,407	0,019	0,227	0,074
Hidratos de carbono	Pearson	-,764*	-,810*	0,427	0,427	,810*	-0,458	,822*	0,413	0,641
	Valor-p	0,046	0,027	0,340	0,339	0,027	0,301	0,023	0,357	0,121
Grasas	Pearson	-0,675	-,765*	0,525	0,525	,769*	-0,324	,815*	0,463	0,666
	Valor-p	0,096	0,045	0,227	0,226	0,044	0,479	0,026	0,295	0,102
Proteínas	Pearson	-0,753	-,837*	0,604	0,605	,837*	-0,392	,885*	0,683	,822*
	Valor-p	0,051	0,019	0,151	0,150	0,019	0,385	0,008	0,091	0,023

Los resultados de correlaciones del porcentaje de cambio entre fase 1 y 2 para valores de ingesta dietética, composición corporal y condición física muscular se muestran en la tabla 5. No existe ninguna correlación significativa entre las variables estudiadas y su cambio porcentual durante la fase de intervención (semana 5-10).

Tabla 5. Correlaciones bivariadas del porcentaje de cambio entre fase 1 y 2 para valores de ingesta dietética, composición corporal y condición física muscular

		Masa Grasa	% Masa Grasa	Masa Libre de Grasa	Masa Muscular	% Masa Muscular	IMC	Salto (Cm)	Saltos (N)	Saltos (W)
Kcals	Pearson	0,315	0,063	0,030	0,497	0,510	0,425	0,402	-0,160	-0,111
	Valor-p	0,491	0,893	0,948	0,257	0,242	0,342	0,371	0,731	0,812
Hidratos de carbono	Pearson	0,612	0,117	0,069	0,654	0,661	0,280	0,672	0,387	0,387
	Valor-p	0,144	0,803	0,883	0,111	0,106	0,544	0,098	0,392	0,391
Grasas	Pearson	-0,135	0,003	0,004	0,208	0,235	0,547	-0,049	-0,488	-0,482
	Valor-p	0,773	0,995	0,994	0,654	0,612	0,204	0,917	0,267	0,273
Proteínas	Pearson	-0,237	0,344	0,349	-0,115	-0,096	0,138	-0,133	-0,310	-0,276
	Valor-p	0,608	0,450	0,443	0,807	0,837	0,768	0,776	0,499	0,550

5. DISCUSIÓN

El hallazgo principal de nuestro estudio fue que un protocolo de suplementación de proteína de suero en una población de patinadores jóvenes competitivos mejora la composición corporal sin cambios significativos en el peso corporal y en la condición física muscular. Adicionalmente, hemos podido observar que la ingesta calórica es inferior al GET para este grupo de deportistas.

Composición corporal

Si revisamos los pocos estudios con un diseño similar al nuestro y que incluyen un programa de entrenamiento concurrente y suplementación proteica, la mayoría reportan un efecto moderado en la reducción de la MG(33,35,62) y/o en el aumento en la MLG(32,33,62) en comparación con el placebo isocalórico, habiendo también algún autor que no observa diferencias significativa entre grupos(63). El fundamento por el cual una mayor ingesta proteica ha podido desembocar en una mejora de la composición corporal se podría tratar de explicar a través de varias posibles vías descritas en la literatura hasta la fecha.

En relación a la pérdida de MG, resulta plausible que la suplementación proteica haya podido tener un mayor efecto en la termogénesis inducida por la dieta y como consecuencia directa, en el aumento del gasto calórico. Este mecanismo, ya ha sido constatado en varios ensayos clínicos en humanos(64–66). El efecto saciante de las proteínas también ha podido desempeñar un papel clave debido a que, concretamente las proteínas a partir del suero de la leche, parecen ser eficaces para aumentar la secreción de los péptidos intestinales, que reducen el apetito e inducen la saciedad(67). Esta acción sobre el apetito parece encajar con la disminución de la ingesta observada en hidratos de carbono y grasas en nuestro estudio, aunque no podemos descartar un efecto sumatorio de las dos vías descritas (termogénesis y saciedad).

Con respecto a la ganancia de MLG, es muy probable que la suplementación proteica haya tenido un papel de reducción del daño muscular y su posterior recuperación estructural, teniendo en consideración que son las proteínas de la dieta el principal sustrato para mantener o aumentar el músculo esquelético(68). Estos resultados son de gran importancia para la muestra tratada en el presente estudio, ya que en deportes estéticos, como el patinaje en línea, el deportista suele obtener puntuaciones más altas cuando su masa corporal y su biotipo se ajustan a un ideal corporal concreto(69); por lo tanto, la composición de los tejidos del cuerpo afecta directamente al rendimiento. De manera paralela, un aumento de la MLG y un descenso de la MG, también puede desembocar en diversos beneficios para la salud a largo plazo incluyendo la disminución de factores de riesgo cardiovascular, la mejora en la presión arterial y una mayor sensibilidad a la insulina, entre otros(70).

Condición física muscular

Para la condición física muscular, valorada a través del test de SJ, aunque no se encontraron diferencias significativas entre fases, si observamos un tamaño del efecto moderado ($r=0,4$). Al revisar la evidencia en relación al incremento de la altura de vuelo en el salto vertical y la suplementación proteica, podemos observar cómo en un contexto de entrenamiento de fuerza puro, se han reportado mejoras significativas en el salto(71,72). No obstante, en estudios de entrenamiento concurrente o en los que se utiliza un enfoque de entrenamiento técnico-deportivo, los resultados, aun siendo positivos, no fueron significativos(35,73). Esto, probablemente, fue debido a que en los programas de entrenamiento concurrente no había suficiente protagonismo del trabajo de fuerza.

En nuestro estudio, un aumento significativo de la MM durante la fase de intervención, no se traduce en una mejora significativa de la condición física muscular. Esta cuestión parece ser una tendencia repetida en los ensayos de suplementación proteica y ejercicio, donde se reportan diferencias en la masa libre de grasa, pero no en marcadores de fuerza muscular(33,74,75). Las explicaciones a este fenómeno se deben, entre otras cuestiones, a posibles limitaciones en la duración de la intervención. Se ha descrito que es necesario un estímulo de entrenamiento de al menos 8 semanas de duración con progresiones apropiadas en intensidad, frecuencia y duración antes de que ocurran cambios medibles en la fuerza, el fenotipo y la función de esa MM que está siendo formada de nuevo(76). Otra posible razón es la definida por Volek y cols.(77), por la que restringir la medida de la fuerza a un movimiento específico (en nuestro caso, el SJ) puede no ser la mejor manera de representar las ganancias funcionales en la masa magra, lo cual es lógico y forma parte de las limitaciones propias de las valoraciones indirectas.

Ingesta dietética

Uno de los objetivos de nuestro estudio fue el de observar el impacto que tenía el aumento de la ingesta proteica en el resto de macronutrientes y kcals. Los resultados no mostraron diferencias significativas entre las variables de ingesta entre la fase de control y la de intervención, pero el consumo de hidratos de carbono y de grasas disminuyeron de forma sustancial mostrando tendencia hacia la diferencia de significación estadística ($p=0.063$ y $p=0.051$, respectivamente). Por ello, resulta muy factible deducir que un aumento de la ingesta proteica hubiese podido desplazar la ingesta de otros macronutrientes y disminuir el consumo calórico total, tal y como se ha reportado en estudios similares(13,73). Esto apunta en la dirección de una de las principales hipótesis de nuestro trabajo: la suplementación proteica modifica la ingesta general, mediante mecanismos anteriormente descritos, como la saciedad y el aumento de la termogénesis inducida por la dieta, mejorando de forma final la composición corporal. Se trata de un hallazgo importante que podría ser de aplicación en poblaciones que pretendan manejar estrategias nutricionales para limitar la ingesta calórica, aunque se requiere de más investigación al respecto, concretamente enfocada a dichos grupos de población.

De manera adicional, los resultados de las correlaciones nos indican que la proteína es el macronutriente más relevante a la hora explicar un menor porcentaje de MG (Pearson:-0,837; $p<0,05$) y mayor porcentaje de MM (Pearson:+0,837; $p<0,05$) en los participantes. Por ello, a pesar de disminuir el consumo calórico, de hidratos de carbono y grasas durante la ingesta de intervención, corregir el consumo proteico pudo haberse traducido en un balance positivo de cambio de composición corporal, compensando el impacto del déficit energético. En relación a este hallazgo, varios son los metaanálisis que han incluido observaciones de un efecto de la proteína dietética en la pérdida de MG(78,79); sin embargo, tanto en estos estudios como en el nuestro, es necesario reconocer el impacto de cambiar los patrones de ingesta del resto de macronutrientes.

Teniendo en cuenta que los participantes partían de una diferencia remarcable de su ingesta calórica respecto a su GET, resulta probable que si subieran el consumo calórico podrían mejorar la composición corporal. De esta manera, hubiera sido posible un efecto sinérgico por el cual un consumo calórico adecuado, junto a una mejor distribución de macronutrientes inducida por la suplementación proteica, podría haber mejorado más, si cabe, los resultados obtenidos. Estudios de intervención similares con programas de entrenamientos concurrentes y suplementación proteica han observado que la ingesta adicional y adecuada tanto de kcals como de hidratos de carbono podrían optimizar el rendimiento de fuerza y ser beneficiosa para aumentar la MLG(80,81).

Siguiendo esta línea, sería interesante incluir en futuros estudios una tercera fase donde se aumentasen las kcals y en los participantes hasta igualar su GET para observar los resultados, así como contrastar con el resto de fases el tamaño del efecto de cada variable. Esta inclusión de una fase extra podría, no solo aumentar el rendimiento de los participantes, sino que podría repercutir positivamente en su salud, evitando situaciones sensibles como la baja disponibilidad energética. La baja disponibilidad energética se ha descrito como un consumo habitual de kcals insuficientes para apoyar el gasto de energía del ejercicio y, de manera reciente, se han reportado altos casos de prevalencia entre deportistas jóvenes(82,83). Por ello, conviene prestar especial atención al consumo calórico total, con el objetivo de prevenir posibles consecuencias en la salud como alteraciones endocrinas y metabólicas, supresión del eje reproductivo o trastornos mentales(84).

Las correlaciones de los cambios entre fases de las variables estudiadas indican que las modificaciones en la ingesta no correlacionaron significativamente con los cambios en la composición corporal y en la condición física. Esta cuestión no quita valor a la intervención ni a los resultados, pero pone de manifiesto que no es prudente asociar la mejora de la composición corporal únicamente a las variaciones dietéticas que se llevaron a cabo durante la fase de intervención; sobre todo, si tenemos en cuenta que este estudio tiene un diseño piloto, con un tamaño de muestra pequeño y cuyos objetivos son los de determinar la aceptabilidad y eficacia del protocolo de estudio para, posteriormente, extrapolarlo a una posible futura investigación de mayor magnitud.

Balance energético

Un punto importante del presente estudio fue el remarcable déficit energético en el que se encontraban los participantes, estimado en un 28% durante la fase de control y en un 38,6% durante la de intervención, respecto al GET. En este sentido, Longland y cols(33) observaron cómo, en jóvenes con sobrepeso que realizaron un programa combinado de ejercicio de alta intensidad y de alta ingesta proteica, a pesar de tener un déficit energético del 40%, no solo disminuyeron su MG, sino que aumentaron su MLG. En nuestro estudio y, remarcando el hecho de que se trata de una población deportista y sin sobrepeso, se muestran resultados similares, ya que hubo una disminución de la MG (-1,4 kg; $p < 0,05$) y un aumento la MLG(+1,4 kg; $p < 0,05$) durante la fase de intervención con un déficit energético muy parecido (38,6%) al estudio de Longland y cols (40%).

Por otro lado, es necesario mencionar la situación descrita durante la fase de control, en la que no hubo diferencias significativas en la MG entre el inicio y el final de la fase, a pesar de estar en un entorno de déficit energético. Sorprende que la muestra tenga un IMC normal ($19,9 \pm 2$) manteniendo una ingesta habitual tan por debajo de su GET. Sobre esta cuestión, la evidencia refiere posibles causas atribuibles a los participantes como puede ser una disminución en la tasa metabólica, asociada con reducciones crónicas en la ingesta de alimentos. Sabemos que la disminución del gasto energético se explica en gran parte por la pérdida de tejidos magros y grasos que consumen oxígeno(85), pero este no es el caso de los participantes, ya que la descripción de su composición corporal no está alineada con la pérdida de dichos tejidos. Lo que sí parece adaptarse más a al contexto de los participantes es una situación ya descrita previamente en la literatura que se caracteriza por una disminución de la actividad metabólica media y específica de las células corporales, tras un periodo sostenido de déficit energético(86). Se trata de una termogénesis adaptativa que no guarda relación con los cambios en el peso corporal y la composición corporal(87,88) y que puede tardar semanas en desarrollarse(89), por lo que no se considera una adaptación inmediata. En los experimentos clásicos de Minnesota de Ancel Keys y cols.(90), ya se describían datos de caídas del 35% en la tasa metabólica basal de manera independiente de los cambios en la MLG(90). En estos experimentos, las dietas eran definidas como dieta de semi-inanición, atribuidas a una cantidad de 800 kcals diarias, muy cercano al consumo calórico de los participantes que más déficit energético mostraron de nuestro estudio. Dicho escenario podría haber marcado una disminución de la tasa metabólica basal de parte de la muestra y por consecuencia, haber podido sobreestimar su GET.

Por otra parte, también existe la posibilidad, no solo de haber sobreestimado su GET, sino de haber infraestimado su ingesta calórica. No hay que olvidar que nuestro diseño es un piloto en el que decidimos poner un límite al número de registros dietéticos recogidos durante el periodo de investigación. Si bien, el método escogido de RPA destaca por su precisión(91), también tiene la desventaja de requerir un esfuerzo remarcable por parte del participante y del investigador,

proporcional al número de registros recogidos. Tomamos una muestra de tres días para cada fase del estudio lo que correspondió a un total de 42 registros completos en los que los participantes debieron pesar y apuntar con minuciosidad todo lo ingerido durante los días registrados y, posteriormente, el investigador principal debió calibrar los alimentos uno a uno para valorar su información nutricional. Estos procesos tienden a consumir tiempo, son laboriosos y costosos de implementar, por lo que se trata de una desventaja a tener en cuenta(92). Definitivamente hubiera sido más preciso hacer registros semanales, pero es muy posible que eso hubiera sobrepasado los recursos del estudio. No obstante, a pesar del margen de error, los registros tienen la suficiente validez como para arrojar datos cercanos a la ingesta real de los participantes(93).

Con respecto a la MLG, el hecho de que los participantes, durante la fase de intervención, hayan podido mejorar sus valores con un déficit energético importante, se trata de una situación evidenciada por antecedentes en la literatura, y plausible a nivel biológico. Pese a que el déficit energético probablemente reduzca la síntesis de proteína muscular basal(94), estudios previos han demostrado que dicha reducción puede restaurarse y compensarse mediante una combinación de entrenamiento y aumento de la ingesta proteica(95), particularmente con la proteína de suero(96), que fue la fuente de proteína suplementaria utilizada en nuestro estudio. Resulta verosímil que, durante la fase de control, el aporte proteico fuera insuficiente para aumentar la MLG, dificultando la recuperación estructural de la MM, a diferencia de la segunda fase donde la ingesta proteica era más adecuada para dicho objetivo.

A pesar de esto, no podemos aseverar con certeza si la ingesta proteica era realmente insuficiente en la fase de control y óptima en la de intervención. Actualmente las recomendaciones oficiales de ingesta diaria de proteínas del IOM(37) son ampliamente aceptadas por la comunidad científica, pero existen líneas de evidencia que defienden que el método para establecer las recomendaciones actuales es inadecuado y podría inducir a error(97). Estimaciones derivadas de estudios del método alternativo de indicación de oxidación de aminoácidos (IAAO) apuntan que la CDR de proteína en población adulta y no deportista debería estar cerca de 1,2 gr/kg/día(98) y en el caso de adolescentes activos, sus requerimientos con el método IAAO solo se encuentran disponibles en estudios muy primarios, que arrojan datos de 1,48 gr/kg/día y de 1,78 gr/kg/día, para chicas y chicos, respectivamente(99). Sin embargo, los estudios de recomendaciones de ingesta proteica basadas en el método IAAO y las discusiones sobre el valor de requerimientos son controvertidas(100) y, aunque merezca la pena mencionarlos, debemos ser cautelosos, utilizando a nuestro favor la evidencia más sólida hasta el momento, que en este caso parte de la recomendación del IOM, y su correspondiente guía de práctica clínica que recomienda 0,85 g/kg/día para adolescentes no activos(37). Para los requerimientos en deportistas, los autores defienden en esta guía que los datos disponibles no apoyan la conclusión de que el requerimiento de proteínas para los individuos que realizan entrenamiento de fuerza o de resistencia sea mayor que el de los sujetos que no hacen ejercicio. Si bien es cierto que dicha revisión toma estudios

con más de 20 años de antigüedad y con diversas limitaciones (muestras pequeñas(101), desigualdad de kcal entre grupos(102)), las recomendaciones alternativas actuales no están exentas de fallos metodológicos importantes y conflictos de interés(103–105), por lo que debemos ser cautos a la hora de recomendar una ingesta proteica concreta.

En futuros estudios sería recomendable incluir una medida del balance de nitrógeno para establecer si los participantes estaban o no consumiendo suficiente proteína, así como introducir marcadores séricos de daño muscular, con el objetivo de tener más información sobre el impacto de la suplementación en la recuperación muscular y su posible aumento de la MM.

Aplicaciones prácticas

Al tratarse de un estudio piloto, una de las principales aplicaciones prácticas ha sido la de establecer la base para próximos ensayos en los que se subsanen posibles limitaciones, por ejemplo, aumentando la cantidad de registros dietéticos para corregir la estimación de la ingesta dietética, incluir mediciones directas de MB o extender el tiempo de intervención para probar con mayor certeza los posibles cambios en la condición física muscular. Nuestro estudio fue novedoso en observar el efecto que causa la ingesta de diferente proporción de macronutrientes en la composición corporal y la condición física muscular en jóvenes deportistas. En este sentido, queda patente un claro efecto beneficioso de la suplementación proteica en la composición corporal para una disciplina deportiva en la que la distribución de los compartimentos del cuerpo es crucial para el rendimiento, a través de mecanismos como ingestas más equilibradas en macronutrientes o mejoras en la recuperación muscular. Por otra parte, el hallazgo de un déficit energético marcado en los participantes ha sido crucial para realizar un análisis profundo de la descripción de su composición corporal y las variaciones de la misma en el tiempo. De este modo se podrá, no solo mejorar el desempeño de deportistas de similares características, sino corregir patrones dietéticos inadecuados con los que puedan mejorar su salud y prevenir posibles deficiencias nutricionales.

6. LIMITACIONES Y FORTALEZAS DEL ESTUDIO

En primer lugar, nuestro estudio no tuvo un grupo de control, debido a que se trataba de una muestra a conveniencia muy concreta con una $n=7$ y, si finalmente lo hubiéramos incluido, no habiésemos tenido potencia estadística suficiente. Adicionalmente, entendimos que era una intervención visiblemente beneficiosa y que debíamos hacerla a todos los participantes. Sabemos que la falta de grupo control conlleva al estudio a un mayor riesgo de sufrir determinados sesgos, sin embargo, nos ha permitido tener mayor control sobre la muestra, teniendo, por ejemplo, una supervisión más directa del protocolo de actividad física, lo cual es una de las fortalezas del presente estudio.

Tal y como pusimos de manifiesto en la descripción de los antecedentes, existía una falta de registros dietéticos en los estudios de intervención de suplementación proteica, ya que en muchos de ellos no se hacía un control calórico ni de macronutrientes. En este sentido, y a pesar de las limitaciones logísticas, pudimos llevar a cabo un registro bastante riguroso de la ingesta dietética que nos ayudó a establecer posibles relaciones entre el resto de variables medidas durante el estudio. Sin embargo, es importante resaltar que el MB y el GET se obtuvieron mediante una estimación de fórmulas. Hubiera sido más exacto realizar pruebas de calorimetría.

Por último, cabe destacar que podríamos haber diseñado un estudio más largo, siendo posible que 5 semanas de intervención fueran insuficientes para crear cambios significativos en la condición física muscular, no así la composición corporal, para la que sí se obtuvieron resultados estables.

Debido a estas razones los hallazgos deben tratarse como preliminares teniendo en cuenta que cuestiones como el tamaño de la muestra y el tiempo de intervención, podrían haber afectado a los resultados.

Líneas futuras

Debido a que los participantes se encontraron en un déficit energético importante a lo largo de la investigación, en futuros estudios sería interesante corregir la ingesta dietética mediante una tercera fase en la que el balance energético sea igual o cercano a 0, y posteriormente, comprobar el efecto en las variables de composición corporal y condición física muscular. De manera adicional, incluir medidas del balance de nitrógeno podría aportar una información muy útil sobre los resultados del estudio, así como incluir marcadores de daño muscular para evidenciar con mayor exactitud los efectos observados en la remodelación de la MM.

No debemos olvidar que el presente estudio es un piloto y aunque los resultados se inclinan a favor de la suplementación proteica, se necesitan estudios adicionales, con una muestra mayor y más homogénea, que incluyan un grupo control. De esta manera sería posible constatar los resultados obtenidos y dar una mayor solidez conforme a la evidencia actual.

7. CONCLUSIONES

Los hallazgos de este estudio indican que, en jóvenes deportistas que realizan un entrenamiento concurrente, la suplementación con proteínas puede ser una estrategia eficaz para mejorar la composición corporal, disminuyendo la MG y aumentando la MM. No ocurre lo mismo con la condición física muscular donde existen mejoras, pero no significativas, probablemente debido a un protagonismo insuficiente del ejercicio de fuerza.

Adicionalmente, se sugiere que el aumento de la ingesta proteica puede jugar un papel importante en la ingesta dietética general, desplazando el consumo de los otros macronutrientes y disminuyendo la ingesta calórica, además de tener una función clave en la remodelación de la MM. Este tipo de cuestiones explicarían como la suplementación puede ayudar a mejorar los valores de composición corporal, incluso cuando los deportistas se encuentran en un déficit energético.

Como resultado preliminar, los resultados obtenidos pueden ayudar a aclarar el camino de la futura investigación en torno a la suplementación proteica, dejando de manifiesto que son necesarios diseños con mediciones más exactas, que incluyan nuevos marcadores que aporten información adicional y con un mayor tamaño de muestra. De esta manera, podremos manejar unas estrategias más eficaces con los deportistas, esperando mejorar su rendimiento y principalmente, su salud.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. Reitelseder S, Agergaard J, Doessing S, Helmark IC, Lund P, Kristensen NB, et al. Whey and casein labeled with L-[1-13C] leucine and muscle protein synthesis: effect of resistance exercise and protein ingestion. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2011;300(1):E231-42.
2. Farnfield MM, Breen L, Carey KA, Garnham A, Cameron-Smith D. Activation of mTOR signalling in young and old human skeletal muscle in response to combined resistance exercise and whey protein ingestion. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2012;37(1):21-30.
3. Biolo G, Tipton KD, Klein S, Wolfe RR. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*. 1997;273(1):E122-9.
4. Miller PE, Alexander DD, Perez V. Effects of whey protein and resistance exercise on body composition: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Journal of the American College of Nutrition*. 2014;33(2):163-75.
5. Lee DH, Keum N, Hu FB, Orav EJ, Rimm EB, Willett WC, et al. Predicted lean body mass, fat mass, and all cause and cause specific mortality in men: prospective US cohort study. *bmj*. 2018;362.
6. Liang X, Chen X, Li J, Yan M, Yang Y. Study on body composition and its correlation with obesity: A Cohort Study in 5121 Chinese Han participants. *Medicine*. 2018;97(21).
7. Duarte NM, Cruz AL, Silva DC, Cruz GM. Intake of whey isolate supplement and muscle mass gains in young healthy adults when combined with resistance training: a blinded randomized clinical trial (pilot study). *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2019;60(1):75-84.
8. Valenzuela PL, Mata F, Morales JS, Castillo-García A, Lucia A. Does beef protein supplementation improve body composition and exercise performance? A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Nutrients*. 2019;11(6):1429.
9. Antonio J, Candow DG, Forbes SC, Ormsbee MJ, Saracino PG, Roberts J. Effects of dietary protein on body composition in exercising individuals. *Nutrients*. 2020;12(6):1890.
10. Haghghat N, Ashtary-Larky D, Bagheri R, Mahmoodi M, Rajaei M, Alipour M, et al. The effect of 12 weeks of euenergetic high-protein diet in regulating appetite and body composition of women with normal-weight obesity: a randomised controlled trial. *British Journal of Nutrition*. 2020;124(10):1044-51.
11. Atherton C, McNaughton LR, Close GL, Sparks A. Post-exercise provision of 40 g of protein during whole body resistance training further augments strength adaptations in elderly males. *Research in Sports Medicine*. 2020;28(4):469-83.
12. Reidy PT, Borack MS, Markofski MM, Dickinson JM, Deer RR, Husaini SH, et al. Protein supplementation has minimal effects on muscle adaptations during resistance exercise training in young men: a double-blind randomized clinical trial. *The Journal of nutrition*. 2016;146(9):1660-9.
13. Hulmi JJ, Laakso M, Mero AA, Häkkinen K, Ahtiainen JP, Peltonen H. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2015;12(1):1-13.

14. Longland TM, Oikawa SY, Mitchell CJ, Devries MC, Phillips SM. 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. *The American journal of clinical nutrition*. 2016;103(3):738-46.
15. Mettler S, Mitchell N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42(2):326-37.
16. Layman DK, Evans E, Baum JI, Seyler J, Erickson DJ, Boileau RA. Dietary protein and exercise have additive effects on body composition during weight loss in adult women. *The Journal of nutrition*. 2005;135(8):1903-10.
17. Lambourne K, Washburn R, Lee J, Betts JL, Thomas D, Smith B, et al. A 6-month trial of resistance training with milk supplementation in adolescents: effects on body composition. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(4):344-56.
18. Herda AA, Herda TJ, Costa PB, Ryan ED, Stout JR, Cramer JT. Muscle performance, size, and safety responses after eight weeks of resistance training and protein supplementation: a randomized, double-blinded, placebo-controlled clinical trial. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2013;27(11):3091-100.
19. Fabre M, Hausswirth C, Tiollier E, Molle O, Louis J, Durguerian A, et al. Effects of Postexercise protein intake on muscle mass and strength during resistance training: is there an optimal ratio between fast and slow proteins? *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2017;27(5):448-57.
20. Rozenek R, Ward P, Long S, Garhammer J. Effects of high-calorie supplements on body composition and muscular strength following resistance training. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 2002;42(3):340-7.
21. Bembem MG, Witten MS, Carter JM, Eliot KA, Knehans AW, Bembem DA. The effects of supplementation with creatine and protein on muscle strength following a traditional resistance training program in middle-aged and older men. *The journal of nutrition, health & aging*. 2010;14(2):155-9.
22. Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J, Falvo MJ, Faigenbaum AD. Effect of protein intake on strength, body composition and endocrine changes in strength/power athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2006;3(2):1-7.
23. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. 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. *British journal of sports medicine*. 2018;52(6):376-84.
24. Phillips SM, Tang JE, Moore DR. The role of milk-and soy-based protein in support of muscle protein synthesis and muscle protein accretion in young and elderly persons. *Journal of the American College of Nutrition*. 2009;28(4):343-54.
25. Wirth J, Hillesheim E, Brennan L. The Role of Protein Intake and its Timing on Body Composition and Muscle Function in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *The Journal of nutrition*. 2020;150(6):1443-60.
26. Cermak NM, Res PT, de Groot LC, Saris WH, van Loon LJ. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. *The American journal of clinical nutrition*. 2012;96(6):1454-64.

27. Pasiakos SM, McLellan TM, Lieberman HR. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Medicine*. 2015;45(1):111-31.
28. Schoenfeld BJ, Aragon AA, Krieger JW. The effect of protein timing on muscle strength and hypertrophy: a meta-analysis. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2013;10(1):1-13.
29. Armendariz-Anguiano AL, Jiménez-Cruz A, Bacardi-Gascón M, Pérez-Morales ME. Effectivity in the use of protein supplements in resistance training: systematic review. *Archivos latinoamericanos de nutricion*. 2010;60(2):113-8.
30. Morton RW, Murphy KT, McKellar SR, Schoenfeld BJ, Henselmans M, Helms E, et al. 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. *British journal of sports medicine*. 2018;52(6):376-84.
31. McAdam JS, McGinnis KD, Beck DT, Haun CT, Romero MA, Mumford PW, et al. Effect of whey protein supplementation on physical performance and body composition in army initial entry training soldiers. *Nutrients*. 2018;10(9):1248.
32. Ormsbee MJ, Willingham BD, Marchant T, Binkley TL, Specker BL, Vukovich MD. Protein supplementation during a 6-month concurrent training program: effect on body composition and muscular strength in sedentary individuals. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(6):619-28.
33. Longland TM, Oikawa SY, Mitchell CJ, Devries MC, Phillips SM. 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. *The American journal of clinical nutrition*. 2016;103(3):738-46.
34. Walker TB, Smith J, Herrera M, Lebegue B, Pinchak A, Fischer J. The influence of 8 weeks of whey-protein and leucine supplementation on physical and cognitive performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2010;20(5):409-17.
35. Taylor LW, Wilborn C, Roberts MD, White A, Dugan K. Eight weeks of pre-and postexercise whey protein supplementation increases lean body mass and improves performance in Division III collegiate female basketball players. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;41(3):249-54.
36. Chapman S, Chung HC, Rawcliffe AJ, Izard R, Smith L, Roberts JD. Does Protein Supplementation Support Adaptations to Arduous Concurrent Exercise Training? A Systematic Review and Meta-Analysis with Military Based Applications. *Nutrients*. 2021;13(5):1416.
37. Lupton JR, Brooks JA, Butte NF, Caballero B, Flatt JP, Fried SK. Dietary reference intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, cholesterol, protein, and amino acids. National Academy Press: Washington, DC, USA. 2002;5:589-768.
38. Otten J, Hellwig J, Meyers LD. Dietary reference intakes: the essential reference for dietary planning and assessment. National Academy Press, Washington; 2006.
39. Lambourne K, Washburn R, Lee J, Betts JL, Thomas D, Smith B, et al. A 6-month trial of resistance training with milk supplementation in adolescents: effects on body composition. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2013;23(4):344-56.
40. Scrimshaw NS, Schurch B. Protein-energy interactions. IDECG; 1991.

41. Hoffman JR, Ratamess NA, Kang J, Falvo MJ, Faigenbaum AD. Effect of protein intake on strength, body composition and endocrine changes in strength/power athletes. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2006;3(2):1-7.
42. McKenna CF, Salvador AF, Hughes RL, Scaroni SE, Alamilla RA, Askow AT, et al. Higher protein intake during resistance training does not potentiate strength, but modulates gut microbiota, in middle-aged adults: a randomized control trial. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2021;320(5):E900-13.
43. Bosse JD, Dixon BM. Dietary protein to maximize resistance training: a review and examination of protein spread and change theories. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2012;9(1):1-11.
44. Phillips SM, Van Loon LJ. Dietary protein for athletes: from requirements to optimum adaptation. *Food, Nutrition and Sports Performance III*. 2013;37-46.
45. Pal S, Ellis V. The acute effects of four protein meals on insulin, glucose, appetite and energy intake in lean men. *British journal of nutrition*. 2010;104(8):1241-8.
46. Mollahosseini M, Shab-Bidar S, Rahimi MH, Djafarian K. Effect of whey protein supplementation on long and short term appetite: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clinical nutrition ESPEN*. 2017;20:34-40.
47. Acheson KJ, Blondel-Lubrano A, Oguey-Araymon S, Beaumont M, Emady-Azar S, Ammon-Zufferey C, et al. Protein choices targeting thermogenesis and metabolism-. *The American journal of clinical nutrition*. 2011;93(3):525-34.
48. Veldhorst M, Smeets A, Soenen S, Hochstenbach-Waelen A, Hursel R, Diepvens K, et al. Protein-induced satiety: effects and mechanisms of different proteins. *Physiology & behavior*. 2008;94(2):300-7.
49. van Baak MA. Meal-induced activation of the sympathetic nervous system and its cardiovascular and thermogenic effects in man. *Physiology & behavior*. 2008;94(2):178-86.
50. World Medical Association. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*. 27 de noviembre de 2013;310(20):2191-4.
51. Devries MC, Phillips SM. Supplemental protein in support of muscle mass and health: advantage whey. *Journal of food science*. 2015;80(S1):A8-15.
52. Burd NA, Yang Y, Moore DR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Phillips SM. Greater stimulation of myofibrillar protein synthesis with ingestion of whey protein isolate v. micellar casein at rest and after resistance exercise in elderly men. *British Journal of Nutrition*. septiembre de 2012;108(6):958-62.
53. Wilkinson SB, Tarnopolsky MA, MacDonald MJ, MacDonald JR, Armstrong D, Phillips SM. Consumption of fluid skim milk promotes greater muscle protein accretion after resistance exercise than does consumption of an isonitrogenous and isoenergetic soy-protein beverage. *The American Journal of Clinical Nutrition*. 1 de abril de 2007;85(4):1031-40.
54. Tovar-Galvez MI, González-Jiménez E, Martí-García C, Schmidt-RioValle J. Composición corporal en escolares: comparación entre métodos antropométricos simples e impedancia bioeléctrica. *Endocrinología, Diabetes y Nutrición*. 2017;64(8):424-31.

55. Petrigna L, Karsten B, Marcolin G, Paoli A, D'Antona G, Palma A, et al. A review of countermovement and squat jump testing methods in the context of public health examination in adolescence: reliability and feasibility of current testing procedures. *Frontiers in Physiology*. 2019;10:1384.
56. Haynes T, Bishop C, Antrobus M, Brazier J. The validity and reliability of the My Jump 2 app for measuring the reactive strength index and drop jump performance. *The Journal of sports medicine and physical fitness*. 2019;
57. Evenepoel C, Clevers E, Deroover L, Van Loo W, Matthys C, Verbeke K. Accuracy of Nutrient Calculations Using the Consumer-Focused Online App MyFitnessPal: Validation Study. *Journal of medical Internet research*. 2020;22(10):e18237.
58. Harris JA, Benedict FG. A biometric study of basal metabolism in man. Carnegie institution of Washington; 1919.
59. Mifflin MD, St Jeor ST, Hill LA, Scott BJ, Daugherty SA, Koh YO. A new predictive equation for resting energy expenditure in healthy individuals. *The American journal of clinical nutrition*. 1990;51(2):241-7.
60. McArdle WD, Katch FI, Katch VL. *Exercise physiology: nutrition, energy, and human performance*. Lippincott Williams & Wilkins; 2010.
61. Field A. *Discovering statistics using IBM SPSS statistics*. sage; 2013.
62. McAdam JS, McGinnis KD, Beck DT, Haun CT, Romero MA, Mumford PW, et al. Effect of whey protein supplementation on physical performance and body composition in army initial entry training soldiers. *Nutrients*. 2018;10(9):1248.
63. Walker TB, Smith J, Herrera M, Lebegue B, Pinchak A, Fischer J. The influence of 8 weeks of whey-protein and leucine supplementation on physical and cognitive performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2010;20(5):409-17.
64. Tappy L, Jéquier E, Acheson K. Thermic effect of infused amino acids in healthy humans and in subjects with insulin resistance. *The American journal of clinical nutrition*. 1993;57(6):912-6.
65. Acheson KJ, Ravussin E, Wahren J, Jequier E. Thermic effect of glucose in man. Obligatory and facultative thermogenesis. *The Journal of clinical investigation*. 1984;74(5):1572-80.
66. Schwartz RS, Ravussin E, Massari M, O'Connell M, Robbins DC. The thermic effect of carbohydrate versus fat feeding in man. *Metabolism*. 1985;34(3):285-93.
67. Sousa GT, Lira FS, Rosa JC, de Oliveira EP, Oyama LM, Santos RV, et al. Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: a review. *Lipids in health and disease*. 2012;11(1):1-9.
68. Hector AJ, Phillips SM. Protein recommendations for weight loss in elite athletes: A focus on body composition and performance. *International journal of sport nutrition and exercise metabolism*. 2018;28(2):170-7.
69. Ackland TR, Lohman TG, Sundgot-Borgen J, Maughan RJ, Meyer NL, Stewart AD, et al. Current status of body composition assessment in sport. *Sports medicine*. 2012;42(3):227-49.
70. Turocy PS, DePalma BF, Horswill CA, Laquale KM, Martin TJ, Perry AC, et al. National athletic trainers' association position statement: safe weight loss and maintenance practices in sport and exercise. *Journal of athletic training*. 2011;46(3):322-36.

71. Wilborn CD, Taylor LW, Outlaw J, Williams L, Campbell B, Foster CA, et al. The effects of pre-and post-exercise whey vs. casein protein consumption on body composition and performance measures in collegiate female athletes. *Journal of sports science & medicine*. 2013;12(1):74.
72. Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK, Crameri RM, Verlaan G, Kjær M, et al. The effect of resistance training combined with timed ingestion of protein on muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism*. 2005;54(2):151-6.
73. Brown AF, Welsh T, Panton LB, Moffatt RJ, Ormsbee MJ. Higher-protein intake improves body composition index in female collegiate dancers. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2020;45(5):547-54.
74. Rankin JW, Goldman LP, Puglisi MJ, Nickols-Richardson SM, Earthman CP, Gwazdauskas FC. Effect of post-exercise supplement consumption on adaptations to resistance training. *Journal of the American College of Nutrition*. 2004;23(4):322-30.
75. Vieillevoye S, Poortmans JR, Duchateau J, Carpentier A. Effects of a combined essential amino acids/carbohydrate supplementation on muscle mass, architecture and maximal strength following heavy-load training. *European journal of applied physiology*. 2010;110(3):479-88.
76. Pasiakos SM, McLellan TM, Lieberman HR. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Medicine*. 2015;45(1):111-31.
77. Volek JS, Volk BM, Gómez AL, Kunces LJ, Kupchak BR, Freidenreich DJ, et al. Whey protein supplementation during resistance training augments lean body mass. *Journal of the American College of Nutrition*. 2013;32(2):122-35.
78. Wycherley TP, Moran LJ, Clifton PM, Noakes M, Brinkworth GD. Effects of energy-restricted high-protein, low-fat compared with standard-protein, low-fat diets: a meta-analysis of randomized controlled trials. *The American journal of clinical nutrition*. 2012;96(6):1281-98.
79. Krieger JW, Sitren HS, Daniels MJ, Langkamp-Henken B. Effects of variation in protein and carbohydrate intake on body mass and composition during energy restriction: a meta-regression. *The American journal of clinical nutrition*. 2006;83(2):260-74.
80. Margolis LM, Pasiakos SM, Karl JP, Rood JC, Cable SJ, Williams KW, et al. Differential effects of military training on fat-free mass and plasma amino acid adaptations in men and women. *Nutrients*. 2012;4(12):2035-46.
81. Bergström J, Hermansen L, Hultman E, Saltin B. Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta physiologica scandinavica*. 1967;71(2-3):140-50.
82. Logue DM, Madigan SM, Melin A, Delahunt E, Heinen M, Donnell S-JM, et al. Low energy availability in athletes 2020: An updated narrative review of prevalence, risk, within-day energy balance, knowledge, and impact on sports performance. *Nutrients*. 2020;12(3):835.
83. Magee MK, Lockard BL, Zabriskie HA, Schaefer AQ, Luedke JA, Erickson JL, et al. Prevalence of Low Energy Availability in Collegiate Women Soccer Athletes. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*. 2020;5(4):96.
84. Wasserfurth P, Palmowski J, Hahn A, Krüger K. Reasons for and consequences of low energy Availability in female and male athletes: social environment, adaptations, and prevention. *Sports medicine-open*. 2020;6(1):1-14.

85. Müller MJ, Bosy-Westphal A. Adaptive thermogenesis with weight loss in humans. *Obesity*. 2013;21(2):218-28.
86. Taylor HL, Keys A, HYLANDER C, MEYERHOFF H, TAYLOR R. Adapting to caloric restriction. *Science*. 1950;112(Aug. 25):215-8.
87. Rosenbaum M, Leibel RL. Adaptive thermogenesis in humans. *International journal of obesity*. 2010;34(1):S47-55.
88. Leibel RL, Rosenbaum M, Hirsch J. Changes in energy expenditure resulting from altered body weight. *New England Journal of Medicine*. 1995;332(10):621-8.
89. Dulloo AG, Seydoux J, Jacquet J. Adaptive thermogenesis and uncoupling proteins: a reappraisal of their roles in fat metabolism and energy balance. *Physiology & behavior*. 2004;83(4):587-602.
90. Keys A, Brožek J, Henschel A, Mickelsen O, Taylor HL. *The biology of human starvation*. (2 vols). 1950;
91. Ortega RM, Pérez-Rodrigo C, López-Sobaler AM. Dietary assessment methods: dietary records. *Nutricion hospitalaria*. 2015;31(3):38-45.
92. Shim J-S, Oh K, Kim HC. Dietary assessment methods in epidemiologic studies. *Epidemiology and health*. 2014;36.
93. Thompson FE, Subar AF. Dietary assessment methodology. *Nutrition in the Prevention and Treatment of Disease*. 2017;5-48.
94. Pasiakos SM, Vislocky LM, Carbone JW, Altieri N, Konopelski K, Freake HC, et al. Acute energy deprivation affects skeletal muscle protein synthesis and associated intracellular signaling proteins in physically active adults. *The Journal of nutrition*. 2010;140(4):745-51.
95. Areta JL, Burke LM, Camera DM, West DW, Crawshay S, Moore DR, et al. Reduced resting skeletal muscle protein synthesis is rescued by resistance exercise and protein ingestion following short-term energy deficit. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*. 2014;
96. Hector AJ, Marcotte GR, Churchward-Venne TA, Murphy CH, Breen L, von Allmen M, et al. Whey protein supplementation preserves postprandial myofibrillar protein synthesis during short-term energy restriction in overweight and obese adults. *The Journal of nutrition*. 2015;145(2):246-52.
97. Young VR. Nutritional balance studies: indicators of human requirements or of adaptive mechanisms? *The Journal of nutrition*. 1986;116(4):700-3.
98. Elango R, Ball RO, Pencharz PB. Individual amino acid requirements in humans: an update. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*. 2008;11(1):34-9.
99. Brooks J. *Amino Acid Metabolism and Protein Requirements in Active, Adolescent Males Using the Indicator Amino Acid Oxidation (IAAO) Technique [PhD Thesis]*. University of Toronto (Canada); 2017.
100. Millward DJ, Jackson AA. Protein requirements and the indicator amino acid oxidation method. *The American journal of clinical nutrition*. 2012;95(6):1498-501.

101. Lemon PW, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, Atkinson SA. Protein requirements and muscle mass/strength changes during intensive training in novice bodybuilders. *Journal of Applied physiology*. 1992;73(2):767-75.
102. Meredith CN, Zackin MJ, Frontera WR, Evans WJ. Dietary protein requirements and body protein metabolism in endurance-trained men. *Journal of Applied Physiology*. 1989;66(6):2850-6.
103. Antonio J. High-protein diets in trained individuals. *Research in Sports Medicine*. 2019;27(2):195-203.
104. Jäger R, Kerksick CM, Campbell BI, Cribb PJ, Wells SD, Skwiat TM, et al. International society of sports nutrition position stand: protein and exercise. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*. 2017;14(1):1-25.
105. Phillips SM, Chevalier S, Leidy HJ. Protein “requirements” beyond the RDA: implications for optimizing health. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*. 2016;41(5):565-72.