
Efectos de la ingesta de proteínas en lesiones musculares

MODALIDAD: REVISIÓN

*Trabajo Final de Máster
Máster de Alimentación en la Actividad Física y el Deporte*

Autor: Sergi Cañete Martínez
Tutor: Pedro José González Matarín

Junio de 2022

Índice

Índice de tablas	3
Índice de figuras	4
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
1.1. Conceptualización de las lesiones musculares	7
1.2. Tipos y grados de lesiones musculares	7
1.2.1. Tipos de lesiones musculares	7
1.2.2. Grados de lesiones musculares	7
1.3. Pronóstico y fisiopatología de las lesiones musculares	8
1.3.1. Pronóstico de las lesiones musculares	8
1.3.2. Fisiopatología de las lesiones musculares	8
1.4. Diagnóstico de las lesiones musculares	9
1.5. Tratamiento	9
1.6. Importancia de las proteínas en la recuperación de lesiones	11
1.6.1. Conceptualización	11
1.6.2. Necesidades nutricionales	11
1.6.3. Fuentes alimentarias	11
2. Objetivos	13
2.1. Objetivo general	13
2.2. Objetivos específicos	13
2.3. Preguntas investigables	13
3. Metodología	14
4. Resultados	16
5. Discusión	26
6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación	28
7. Conclusiones	30
8. Bibliografía	31

Índice de tablas

Tabla 1. Cronología en pruebas complementarias para lesiones musculares	9
Tabla 2. Descripción de la estrategia de búsqueda	14
Tabla 3. Artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio de fuerza y/o resistencia	21
Tabla 4. Artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio aeróbico	24

Índice de figuras

Figura 1. Grados de lesiones musculares	8
Figura 2. Diagrama de flujo	15

Resumen

Introducción: las lesiones musculares son cambios anormales en la estructura de una parte del cuerpo producida por un daño externo o interno. Este tipo de lesiones son las más comunes entre los deportistas y la estructura muscular contiene el 40% de las proteínas del cuerpo humano, éstas pueden degradarse para obtener energía, otros componentes o porque pierden su funcionalidad cuando se dañan.

Objetivo: evaluar si un aumento en el consumo habitual de proteínas de una persona que padece una lesión muscular puede tener efectos beneficiosos.

Metodología: se realizó una búsqueda bibliográfica en dos bases de datos: PubMed y Scopus. Se incluyeron únicamente ensayos clínicos aleatorizados publicados en los últimos 10 años. De los 91 artículos encontrados, 48 cumplieron los criterios de inclusión. Finalmente, un total de 21 artículos fueron analizados.

Resultados: los sujetos con lesiones musculares derivadas del ejercicio consiguieron acelerar el número de células satélites musculoesqueléticas, reducir los niveles de creatina quinasa, el dolor muscular, los niveles de urea y la concentración de lactato en sangre. Además, obtuvieron una mejora en la composición corporal y un aumento en la fuerza muscular, en la masa musculoesquelética y en la capacidad antioxidante total.

Conclusiones: existe evidencia acerca de una intervención nutricional óptima para el manejo de pacientes con lesiones musculares a partir del séptimo día de lesión y en combinación con ejercicio, ya sea de fuerza y/o resistencia, o aeróbico. Por tanto, es necesario llevar a cabo estudios que se realicen des del primer día de la lesión.

Palabras clave: proteínas; lesiones musculares; ejercicio físico; nutrición.

Abstract

Introduction: muscle injuries are abnormal changes in the structure in a part of the body caused by external or internal damage. This type of injuries are the most common among athletes and the muscle structure contains 40% of the proteins of the human body, these can be degraded to obtain energy, other components or because they lose their functionality when they are damaged.

Objective: evaluate whether an increase in the usual protein consumption of a person suffering from a muscle injury can have beneficial effects.

Methodology: a bibliographic research was carried out in two databases: PubMed and Scopus. Only randomized clinical trials published in the last 10 years were included. Of the 91 articles founded, 48 accomplished the inclusion criteria. Finally, a total of 21 articles were analysed.

Results: participants with exercise-related muscle injuries were able to accelerate the number of musculoskeletal satellite cells, reduce creatine kinase levels, muscle pain, urea levels, and blood lactate concentration. In addition, they obtained an improvement in their body composition and an increase in their muscle strength, their musculoskeletal mass and their total antioxidant capacity.

Conclusions: there is evidence about an optimal nutritional intervention for the management of patients with muscle injuries from the seventh day of injury and in combination with exercise, whether strength and/or resistance, or aerobic. Therefore, it is necessary to carry out studies which are started from the first day of the injury.

Keywords: proteins; muscle injury; physical exercise; nutrition.

1. Introducción

1.1. Conceptualización de las lesiones musculares

Actualmente la cantidad de minutos que acumulan los deportistas a lo largo de una temporada es cada vez más alta respecto a la de décadas atrás. Debido al incesante aumento de competiciones, se incrementará la prevalencia de lesiones. La acumulación de la carga de trabajo es una de las principales causas de la aparición de lesiones musculares. El cambio anormal en la estructura de una parte del cuerpo producida por un daño externo o interno se define como lesión, y pueden ser óseas, musculares, articulares o ligamentosas. Las lesiones musculares son las que se producen en la estructura muscular de nuestro cuerpo (1).

1.2. Tipos y grados de lesiones musculares

1.2.1. Tipos de lesiones musculares

Las lesiones musculares más frecuentes en el deporte son (1):

- Contusión: aplastamiento de las fibras musculares debido a un traumatismo sobre el músculo.
- Calambre: contracción brusca, breve, involuntaria y, en general, dolorosa producida por una excesiva tensión en el tejido muscular.
- Contractura: contracción mantenida involuntaria debido a un mal gesto o a un traumatismo sobre el músculo.
- Distensión: desgarro de fibras musculares provocado por un estiramiento excesivo del tejido muscular.
- Rotura fibrilar o desgarro muscular: rotura de una o varias fibras del músculo.
- Rotura muscular: rotura completa del tejido muscular.

1.2.2. Grados de lesiones musculares

Las lesiones musculares son las más frecuentes entre los deportistas, éstas se clasifican según su gravedad en (2):

- Grado 0: contractura y/o DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) o más conocido como "agujetas".
- Grado 1: microrrotura fibrilar y/o elongación muscular.
- Grado 2: rotura fibrilar.
- Grado 3: rotura muscular.



Figura 1. Grados de lesiones musculares (2).

1.3. Pronóstico y fisiopatología de las lesiones musculares

1.3.1. Pronóstico de las lesiones musculares

La cantidad de fibras afectadas, la morfología del tejido, la funcionalidad y el tiempo de baja irán determinados en función de la gravedad de la lesión. En primer lugar, en las de grado 0 se produce una alteración funcional, una elevación de proteínas y enzimas, y el pronóstico es de 1 a 3 días de baja. Por lo que respecta a las de grado 1, se originan alteraciones en pocas fibras y hay una leve lesión del tejido conectivo, el tiempo de reposo es de 3 a 15 días. En cuanto a las de grado 2, existe una mayor afectación de fibras y de lesión en el tejido conectivo, apareciendo un hematoma, y el pronóstico es de 3 a 8 semanas. Finalmente, en las de grado 3 hay una rotura severa o desinserción completa, la funcionalidad de las fibras sin afectación es insuficiente, y hay que hacer reposo de 8 a 12 semanas (2).

1.3.2. Fisiopatología de las lesiones musculares

Fuerza, flexibilidad, velocidad, resistencia, entre otras, son capacidades que suelen afectarse cuando hay una lesión. Además, también puede producirse un aumento de la masa grasa, debido a la inactividad deportiva y, por tanto, al haber cambios en el gasto energético total diario (GETD) (3). Esto es la energía que el organismo consume, la cual hace que se deba prestar atención a los nutrientes que se ingieren, ya que una mala planificación durante la rehabilitación puede generar este incremento de grasa (4,5).

La recuperación de estas lesiones requiere de un tiempo de reposo. Estos períodos provocan la pérdida de músculo esquelético y la disminución de salud metabólica y capacidad funcional, sobre todo en las primeras etapas de desuso muscular (5). La pérdida de músculo por inactividad muscular se produce por una reducción en la síntesis de proteína muscular y en la “resistencia anabólica”, es decir, en la respuesta disminuida de la estimulación de la síntesis de proteína muscular por agentes anabólicos o “constructores de músculo” (6,7).

1.4. Diagnóstico de las lesiones musculares

El tipo de lesión se puede determinar en la mayoría de casos a partir de la historia clínica y la exploración física. Por un lado, en la anamnesis es necesario recoger los antecedentes locales y generales, describir el momento lesional, y recoger la evolución inmediata. Por otro lado, en la exploración física se tiene que inspeccionar, palpar, solicitar la contracción activa del músculo afectado, primero con el músculo en estiramiento, más sensible en lesiones leves, y después contra resistencia manual, y valorar la flexibilidad analítica del músculo (8).

Las pruebas de imagen sirven para confirmar diagnósticos y emitir pronósticos de los días de baja ya que permiten saber el grado de lesión. La resonancia magnética es la prueba de elección ya que permite obtener imágenes más objetivas de la lesión, tiene mucha sensibilidad y es precisa al identificar la estructura afectada, mientras que la ecografía es un estudio dinámico que muestra una imagen completa de la condición muscular y permite complementar la exploración clínica, pudiendo seguir una evolución a lo largo de la lesión (9).

En roturas musculares es importante determinar si el músculo está parcial o totalmente desgarrado ya que el periodo de recuperación y la posibilidad de precisar cirugía son diferentes en ambos casos (9).

	Historia clínica	Exploración física	Ecografía	RM	Marcadores bioquímicos
Inmediato	X	X			
12 h		X	X		X
24 h		X	X	X	X
48 h		X	X		

Tabla 1. Cronología en pruebas complementarias para lesiones musculares (1).

1.5. Tratamiento

El consenso al que se ha llegado es que las lesiones musculares tienen que tener una movilización y funcionalidad precoz, sobre todo a partir del tercer día, ya que así se consigue aumentar la vascularización del tejido muscular comprometido y la regeneración de las fibras musculares, mejorar la fase final reparativa, evitando cicatrices fibrosas, y recuperar las características viscoelásticas y contráctiles del músculo, es decir, la funcionalidad global del músculo (10).

En la primera fase (24-72 horas) se aplica el protocolo RICE (reposo deportivo, hielo, compresión y elevación). La inmovilización puede prevenir retracciones y reducir el hematoma. El uso de la crioterapia disminuye el hematoma y la inflamación, y acelera la reparación. A pesar de reducir el flujo sanguíneo intramuscular, la compresión tiene un efecto antiinflamatorio muy potente. Es necesario combinarlas en intervalos de 15-20 minutos cada 3-4 horas (10,11).

En la segunda fase (3^r-5^o día) se realizará la activación muscular y el trabajo complementario. Si la primera fase se ha superado correctamente y sin complicaciones, se empezarán a hacer ejercicios isométricos gradualmente, teniendo en cuenta el grado de tolerancia al dolor, sin llegar a sobrepasar la sensación de molestia soportable (11).

El trabajo complementario engloba el trabajo sobre la estabilización y movilización de la cintura lumbopelviana, la terapia física, los estiramientos, y el mantenimiento cardiovascular. Para la estabilización y movilización de la cintura lumbopelviana se llevarán a cabo programas de ejercicios de core consiguiendo mejorar y prevenir las lesiones musculares del aparato locomotor (10-12).

La electroterapia de efecto analgésico y descontracturante con el objetivo de favorecer la refuncionalización muscular y la diatermia con efecto térmico y biológico a nivel celular para acelerar el metabolismo de las células y aliviar la inflamación serán las terapias físicas utilizadas (10).

Los estiramientos se realizan sin dolor, siguiendo la premisa de molestia soportable, pautas de 12 segundos de estiramiento y 12 segundos de reposo. El estiramiento de menos riesgo y aconsejable es el estiramiento activo (10,11).

Finalmente, para el mantenimiento cardiovascular de la musculatura no lesionada se hará piscina y bicicleta estática, mientras que para el músculo lesionado, se puede caminar a partir del 3^r día durante 30 minutos e ir aumentando 10 minutos diarios hasta empezar la carrera en la siguiente fase, siempre respetando el principio de llegar al dolor o molestia tolerable (11).

A partir del séptimo día no existe un tratamiento estándar consensuado y cada profesional va incorporando progresivamente más intensidad y complejidad a los ejercicios de incremento de la carrera continua, estiramientos y fortalecimiento muscular (isométrico, concéntrico y excéntrico) (12).

Las lesiones musculares tienen que ser tratadas de manera conservadora, pero hay unas indicaciones quirúrgicas generales muy consensuadas (12):

- Grado III, rotura total.
- Desinserción tendinosa parcial (>50%) o total.
- Grado II, con afectación de más del 50% del vientre muscular.
- Cuando hay hematoma intramuscular sin respuesta a la punción de aspiración.

1.6. Importancia de las proteínas en la recuperación de lesiones

1.6.1. Conceptualización

Las proteínas son moléculas formadas por aminoácidos los cuales están unidos por enlaces peptídicos y el organismo necesita para el crecimiento y mantenimiento de células y tejidos (13). Los músculos contienen el 40% de las proteínas del cuerpo humano, éstas pueden degradarse para obtener energía, otros componentes o porque pierden su funcionalidad cuando se dañan. Una vez sucede esto, el cuerpo vuelve a sintetizar proteínas nuevas para sustituir las que se degradan. Por tanto, existe una sustitución continua de proteínas en el cuerpo (14).

1.6.2. Necesidades nutricionales

Los deportistas tienen unos requerimientos energéticos superiores a la población sedentaria. En el caso de las proteínas sucede lo mismo ya que durante la realización de ejercicio se oxidan algunos aminoácidos y la necesidad de síntesis de proteínas es mayor para poder reparar el daño producido. En población sedentaria se estima unos 0'8 g/kg de peso al día, mientras que en deportistas hay un intervalo entre 1'2-2 g/kg de peso al día, en función del deporte que se practique (15,16).

1.6.3. Fuentes alimentarias

A nivel dietético, se pueden obtener proteínas a través de los alimentos de origen animal o vegetal. Las de origen animal se suelen encontrar en productos cárnicos, pescados, huevos y productos lácteos. Se trata de proteínas muy completas, ya que aportan los aminoácidos esenciales para el organismo, y de elevado valor biológico. Las de origen vegetal se suelen encontrar en cereales, legumbres, frutos secos y patatas. Estas proteínas suelen ser incompletas, ya que carecen de algunos de los aminoácidos esenciales, y menos digeribles, por lo general, que las de origen animal. Los cereales suelen ser deficientes en lisina, mientras que las que proceden de las leguminosas son deficientes en aminoácidos azufrados (17).

El objetivo de esta revisión ha sido averiguar si un aumento en el consumo habitual de proteínas de una persona que padece una lesión muscular puede tener efectos beneficiosos a la hora de llevar a cabo su consiguiente rehabilitación, ya sea disminuyendo los plazos de baja, evitando una pérdida de la masa o de la fuerza muscular. Se trata de un tema de actualidad ya que este tipo de lesiones son las más comunes entre los deportistas y sería interesante poder conseguir mejorar estos aspectos clave de su recuperación en base al tipo de alimentación que realizan y, de esta manera, poder aplicarlo también en gente común que padezca este tipo de lesiones. Esto abriría nuevas formas de afrontar la recuperación de una lesión muscular, ya que en los últimos años ha incrementado el interés por establecer un protocolo común. Sin embargo, existe falta de consenso una vez acabadas las primeras etapas de la rehabilitación en cuanto a intensidad y complejidad a los ejercicios de incremento de carrera continua, estiramientos y fortalecimiento muscular. Por tanto, puede ser de gran ayuda aplicar la nutrición como otra herramienta más a la hora de facilitar a la persona en cuestión su vuelta a la rutina, ya sea alguien que practique deporte o no.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

-Evaluar los efectos de la ingesta de proteínas en lesiones musculares.

2.2. Objetivos específicos

-Valorar el incremento del consumo de proteínas en la disminución del tiempo de recuperación de una lesión muscular.

-Comprobar si el incremento en la ingesta de proteínas evita una pérdida de masa muscular durante la recuperación de una lesión muscular.

-Determinar si el incremento en el consumo de proteínas consigue aumentar la fuerza muscular durante la recuperación de una lesión muscular.

2.3. Preguntas investigables

-¿En personas que padecen una lesión muscular, llevar a cabo un tratamiento fisioterapéutico junto a un incremento en el consumo de proteínas, comparado con solo realizar el tratamiento de fisioterapia, reduce el tiempo de recuperación?

-¿En pacientes lesionados muscularmente, la intervención conjunta de rehabilitación y aumento de la ingesta de proteínas, en comparación con sólo la realización de rehabilitación, evita la pérdida de masa muscular?

-¿En sujetos con una lesión muscular, la combinación de un tratamiento conservador y un consumo superior al habitual de proteínas, en comparación con sólo la aplicación del tratamiento conservador, consigue un aumento de la fuerza muscular?

3. Metodología

El trabajo se centró en la realización de una revisión sistemática sobre la relación entre las lesiones musculares y la ingesta de proteínas en el proceso de recuperación.

Esta revisión bibliográfica se desarrolló realizando una búsqueda en las siguientes bases de datos: PubMed y Scopus.

La búsqueda bibliográfica se diseñó siguiendo la guía PRISMA (Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-analyses).

En la fase de extracción de datos se procedió a realizar dos fases de cribado.

En la primera fase, siguiendo el diagrama de flujo PRISMA (figura 3), se evaluaron los títulos y/o resúmenes de los 91 artículos encontrados en las bases de datos. En esta fase de cribado se eliminaron 43 artículos que no cumplían los criterios de inclusión, quedando un total de 48 artículos a evaluar.

En la segunda fase se hizo una lectura de los 48 artículos restantes. En esta fase de cribado se eliminaron 25 artículos que no cumplían los criterios de inclusión, quedando un total de 23 artículos restantes, los cuales se utilizaron para realizar el trabajo.

En la tabla 2 se describen los aspectos determinantes que definieron la estrategia de búsqueda:

BASE DE DATOS	PALABRAS DE BÚSQUEDA Y OPERADORES BOOLEANOS	FILTROS	ARTÍCULOS
PubMed	"muscle injury" AND "protein supplementation" OR "protein intake"	-Tipo de estudio: "Randomized Control Trial (RCT)" -Año de publicación: últimos 10 años -Idioma: inglés -Población: raza humana	-Encontrados: N = 64 -Eliminados a partir de título y/o resumen: 27 -Seleccionados: 37
Scopus	"muscle injury" AND "protein supplementation" OR "protein intake"	-Tipo de estudio: "Randomized Control Trial (RCT)" -Año de publicación: últimos 10 años -Idioma: inglés -Población: raza humana	-Encontrados: N = 27 -Eliminados a partir de título y/o resumen: 16 -Seleccionados: 11

Tabla 2. Descripción de la estrategia de búsqueda.

Los criterios utilizados para la búsqueda y selección de artículos son:

-Criterios de inclusión:

- Estudios en personas con lesiones musculares.
- Investigaciones realizadas en población adulta.
- Artículos publicados en inglés.
- Artículos publicados en los últimos 10 años.

-Criterios de exclusión:

- Estudios realizados en sujetos que no presenten lesiones musculares.
- Investigaciones con nutrientes que no sean proteínas.
- Publicaciones sin texto completo.

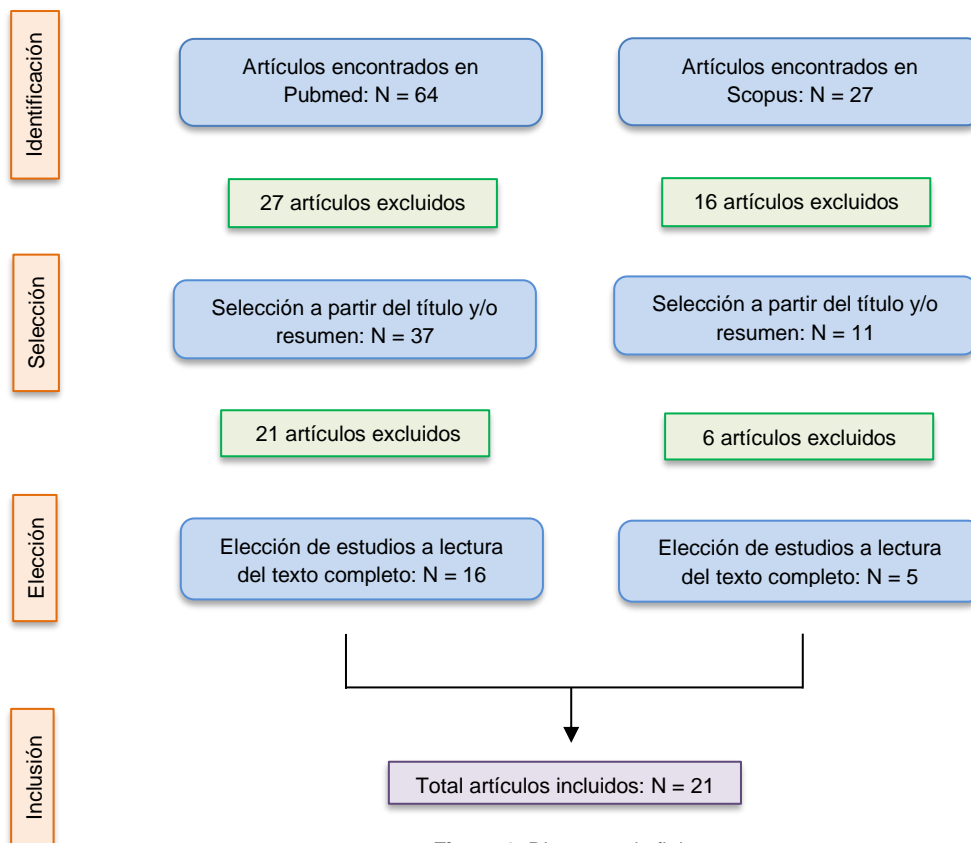


Figura 2. Diagrama de flujo.

4. Resultados

De los 48 estudios seleccionados para ser revisados mediante un análisis del texto completo, se acabaron incluyendo 21 artículos en la revisión. De los 21 estudios, 11 fueron sobre el efecto de la ingesta de proteínas en el ejercicio de fuerza y/o resistencia, y los otros 10 sobre el ejercicio aeróbico.

4.1. Ingesta de proteínas y ejercicio de fuerza y/o resistencia

En un estudio realizado por Farup et al. (18) se investigó el efecto de la suplementación con proteína de suero de leche hidrolizada después del ejercicio excéntrico sobre la acumulación de células satélite musculoesqueléticas. Para ello, se dividió a un grupo de sujetos jóvenes sanos en dos: uno de ejercicio excéntrico junto a proteína de suero hidrolizada y otro de ejercicio excéntrico con un isocalórico. Se observó un aumento en el número de células satélite del musculoesquelético, claves en el proceso de regeneración postejercicio, en el grupo de proteína de suero de leche hidrolizada.

En un estudio realizado por Shirato et al. (19) se examinó los efectos de la ingestión combinada de β -hidroxi- β -metilbutirato y proteína de suero de la leche sobre la fuerza y el daño muscular después de realizar ejercicios excéntricos. Para ello, se dividió a un grupo de hombres desentrenados en tres: uno de ejercicio excéntrico junto a β -hidroxi- β -metilbutirato y proteína de suero de leche, otro de ejercicio excéntrico con β -hidroxi- β -metilbutirato y otro de ejercicio excéntrico combinado con proteína de suero de la leche. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Ives et al. (20) se buscó determinar si la suplementación combinada de proteínas y antioxidantes mejora el dolor y la función muscular postejercicio sobre la ingesta de proteína sola. Para ello, se dividió a un grupo de hombres universitarios en dos: uno de ejercicio excéntrico y mezcla de proteínas y antioxidantes y otro de ejercicio excéntrico junto a proteínas. Se observó una disminución en el dolor muscular, lo que facilitará la recuperación de la función muscular, en el grupo de proteínas y antioxidantes.

En un estudio realizado por West et al. (21) se determinó si la ingesta de proteína de suero de la leche mejora el balance neto de proteínas de todo el cuerpo y la después del ejercicio de resistencia. Para ello, se dividió a un grupo de hombres entrenados en dos: uno de ejercicio de resistencia con proteínas de suero de la leche y otro de ejercicio de resistencia junto a carbohidratos. Se observó un aumento en el balance muscular neto en el grupo con proteína de suero de la leche.

En un estudio realizado por Brown et al. (22) se buscó demostrar si es cierto que la proteína de suero de la leche hidrolizada mejora el daño muscular inducido por el ejercicio y la recuperación en mujeres después de realizar ejercicios de resistencia. Para ello, se dividió a un grupo de mujeres activas en dos: uno de ejercicios de resistencia con proteínas de suero de la leche y otro de ejercicios de resistencia junto con carbohidratos. Se observó una reducción en los efectos adversos sobre el daño muscular inducido por el ejercicio en el grupo de proteína de suero de la leche.

En un estudio realizado por Roberts et al. (23) se investigó el efecto del contenido total de proteína en la dieta en la recuperación de ejercicios de resistencia. Para ello, se dividió a un grupo de sujetos entrenados en dos: uno de ejercicios de resistencia con una ingesta moderada de proteína y otro de ejercicios de resistencia junto a una ingesta alta de proteína. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Philpott et al. (24) se examinó la influencia de los ácidos grasos poliinsaturados en los marcadores fisiológicos de recuperación después del ejercicio excéntrico. Para ello, se dividió a un grupo de futbolistas de élite en tres: uno de ejercicio excéntrico junto a ácidos grasos poliinsaturados, otro de ejercicio excéntrico combinado con proteína de suero de la leche, leucina y carbohidratos y otro de ejercicio excéntrico con carbohidratos. Se observó una reducción de los marcadores de daño muscular en el grupo con ácidos grasos poliinsaturados.

En un estudio realizado por Nabuco et al. (25) se investigó los efectos de la proteína de suero de la leche sobre la masa, la fuerza muscular y la capacidad funcional después de realizar ejercicios de resistencia. Para ello, se dividió a un grupo de mujeres mayores en tres: ejercicio de resistencia con proteína de suero de la leche antes y placebo después, otro de ejercicio de resistencia junto a placebo antes y proteína de suero de la leche después y otro de ejercicio de resistencia combinado con placebo antes y después. Se observó un aumento en la masa, en la fuerza muscular y en la capacidad funcional en los grupos con proteína de suero de la leche.

En un estudio realizado por Nieman et al. (26) se comparó los efectos de la proteína de guisante, de suero de la leche y del agua sobre el daño muscular, la inflamación, las “agujetas” y el rendimiento al realizar ejercicio excéntrico. Para ello, se dividió a un grupo de hombres desentrenados en tres: uno de ejercicio excéntrico y proteína de guisante, otro de ejercicio excéntrico junto con proteína de suero de la leche y otro de ejercicio excéntrico con agua. Se observó una reducción de los marcadores de daño muscular en el grupo de proteínas de suero de la leche y, algo menor, en el de guisante.

En un estudio realizado por Clifford et al. (27) se examinó si una dieta rica en proteínas después de un ejercicio extenuante puede alterar los marcadores de daño muscular e inflamación en adultos. Para ello, se dividió a un grupo de hombres y mujeres en dos: uno de ejercicios extenuantes con una ingesta alta de proteína y otro de ejercicios extenuantes junto a una ingesta moderada de proteína. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Hilkens et al. (28) se evaluó el impacto de la suplementación con proteína de suero de leche en la recuperación de la función muscular y el dolor muscular después del ejercicio excéntrico. Para ello, se dividió a un grupo de hombres activos en dos: uno de ejercicio excéntrico junto a proteína de suero de la leche y otro de ejercicio excéntrico combinando con un isocalórico como placebo. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

Autores y año de publicación	Grupos	Intervención	Criterios diagnósticos/ Variables analizadas	Resultados	Conclusiones
Farup et al. 2014 (18)	N = 24 Sujetos jóvenes sanos -G1: Ejercicio excéntrico + Proteína de suero de la leche -G2: Ejercicio excéntrico + Isocalórico	-G1: 25 g Proteína postejercicio -G2: 25 g Isocalórico postejercicio Evaluaciones antes, 24h, 48h y 168h después	-Fibras musculares: Biopsia muscular -Creatina quinasa: Análisis de sangre	Mejoras significativas en G1 en el número de células satélite del musculo esquelético y en los niveles de creatina quinasa ($p < 0'05$)	La ingesta de proteínas de suero hidrolizadas consigue acelerar el número de células satélites musculo esqueléticas encargadas de la remodelación muscular
Shirato et al. 2016 (19)	N = 18 Hombres desentrenados -G1: Ejercicio excéntrico + β -hidroxi- β -metilbutirato y Proteína de suero de la leche -G2: Ejercicio excéntrico + β -hidroxi- β -metilbutirato -G3: Ejercicio excéntrico + Proteína de suero de la leche	-G1: 3 g/día β -hidroxi- β -metilbutirato y 36'6 g/día Proteína -G2: 3 g/día β -hidroxi- β -metilbutirato -G3: 36'6 g/día Proteína Evaluaciones antes, 1, 2, 3 y 5 días después	-Fuerza muscular: Dinamómetro -Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Concentración de lactato y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Resultados similares en la fuerza y el dolor muscular, en la concentración de lactato y en los niveles de creatina quinasa ($p > 0'05$)	El consumo con β -hidroxi- β -metilbutirato junto a proteínas de suero tiene efectos similares a su ingesta por separado a la hora de conseguir aumentar la fuerza muscular y disminuir el dolor muscular postejercicio
Ives et al. 2017 (20)	N = 60 Sujetos jóvenes sanos -G1: Ejercicio excéntrico + Proteína y Antioxidantes -G2: Ejercicio excéntrico + Proteínas -G3: Ejercicio excéntrico + Carbohidratos	-G1: 31 g Proteína y Antioxidantes postejercicio -G2: 31 g Proteína postejercicio -G3: 31 g Carbohidratos postejercicio Evaluaciones antes, 0h, 1h, 2h, 6h y 24 después	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Fuerza muscular: Dinamómetro -Movilidad: Goniómetro	Mejoras significativas en G1 en el dolor muscular ($p < 0'05$)	La suplementación con proteínas junto a antioxidantes consigue disminuir el dolor muscular postejercicio, facilitando la recuperación
West et al. 2017 (21)	N = 21 Hombres entrenados -G1: Ejercicio de resistencia + Proteína de suero de la leche -G2: Ejercicio de resistencia + Carbohidratos	-G1: 25 g Proteína postejercicio -G2: 25 g Carbohidratos postejercicio Evaluaciones antes, 0h, 10h y 24h después	-Urea: Análisis de orina	Mejoras significativas en G1 en los niveles de urea ($p < 0'05$)	La ingesta de proteína de suero de la leche consigue mejorar el anabolismo del cuerpo, y puede mejorar la recuperación aguda
Brown et al. 2017 (22)	N = 20 Mujeres activas -G1: Ejercicio de resistencia + Proteína de suero de la leche -G2: Ejercicio de resistencia + Carbohidratos	-G1: 70 g Proteína postejercicio -G2: 70 g Carbohidratos postejercicio Evaluaciones antes, 24h, 48h y 72h después	Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Creatina quinasa: Análisis de sangre	Mejoras significativas en G1 en el dolor muscular y en los niveles de creatina quinasa ($p < 0'05$)	El consumo de proteína de suero de la leche consigue reducir los síntomas negativos del ejercicio y mejora la recuperación muscular

Roberts et al. 2017 (23)	N = 14 Sujetos entrenados -G1: Ejercicios de resistencia + Proteína moderada -G2: Ejercicios de resistencia + Proteína alta	-G1: 1'8 g/kg Proteína al día -G2: 2'9 g/kg Proteína al día Evaluaciones antes y después, durante 10 días	-Composición corporal: Análisis de impedancia bioeléctrica (BIA) -Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Creatina quinasa y factor de necrosis tumoral-alfa: Análisis de sangre	Resultados similares en la composición corporal, el dolor muscular, la creatina quinasa y el factor de necrosis tumoral-alfa ($p > 0'05$)	La suplementación de proteínas en mayor cantidad del habitual no consigue beneficios en la recuperación muscular
Philpott et al. 2018 (24)	N = 30 Sujetos jóvenes sanos -G1: Ejercicio excéntrico + Ácidos grasos polinsaturados, Proteína, Leucina y Carbohidratos -G2: Ejercicio excéntrico + Proteína, Leucina y Carbohidratos -G3: Ejercicio excéntrico + Carbohidratos	-G1: 1'5 g Ácidos grasos polinsaturados, 15 g Proteína, 1'8 g Leucina y 20 g Carbohidratos postejercicio -G2: 15 g Proteína, 1'8 g Leucina y 20 g Carbohidratos postejercicio -G3: 24 g Carbohidratos postejercicio Evaluaciones antes y 72h después	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Creatina quinasa: Análisis de sangre	Mejoras significativas en G1 en el dolor muscular y en los niveles de creatina quinasa ($p < 0'05$)	La ingesta de ácidos grasos polinsaturados con proteínas, leucina y carbohidratos consigue mejorar el dolor muscular postejercicio y los niveles de creatina quinasa, facilitando la recuperación
Nabuco et al. 2018 (25)	N = 70 Mujeres mayores -G1: Ejercicio de resistencia + Proteína de suero de la leche antes y Placebo después -G2: Ejercicio de resistencia + Placebo antes y Proteína de suero de la leche después -G3: Ejercicio de resistencia + Placebo antes y después	-G1: 35 g Proteína antes y 35 g Placebo después -G2: 35 g Placebo antes y 35 g Proteína después -G3: 35 g Placebo antes y después Evaluaciones antes y después durante 12 semanas	-Composición corporal: Densitometría ósea -Fuerza muscular: 1-RM Test -Capacidad funcional: Prueba Test de caminar 10 m (10 MW) y Test de levantarse de la posición de sentado (RSP)	Mejoras significativas en G1 en la composición corporal, la fuerza muscular y los test funcionales ($p < 0'05$)	El consumo con proteínas de suero de la leche consigue mejorar los aspectos claves de la recuperación muscular
Nieman et al. 2020 (26)	N = 92 Hombres desentrenados -G1: Ejercicio excéntrico + Proteína de guisante -G2: Ejercicio excéntrico + Proteína de suero de la leche -G3: Ejercicio excéntrico + Agua	-G1: 0'9 g/kg Proteína postejercicio -G2: 0'9 g/kg Proteína postejercicio -G3: Agua Evaluaciones antes, 1, 2, 3, 4 y 5 días después	-Concentración de lactato y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Mejoras significativas en G1 en la concentración de lactato y en los niveles de creatina quinasa ($p < 0'05$)	La suplementación de proteínas de suero de la leche reduce los marcadores de daño muscular, consiguiendo una mejora en la recuperación muscular

Clifford et al. 2020 (27)	N = 18 Mujeres y hombres -G1: Ejercicios de resistencia + Proteína moderada -G2: Ejercicios de resistencia + Proteína alta	-G1: 1'25 g/kg Proteína al día -G2: 2'5 g/kg Proteína al día Evaluaciones antes, 24h y 48h después	-Motivación y rendimiento: Cuestionario -Fuerza muscular: Dinamómetro -Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Concentración de lactato y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Resultados similares en la motivación, la fuerza y dolor muscular, la concentración de lactato y creatina quinasa ($p > 0'05$)	La ingesta de proteínas en mayor cantidad del habitual no consigue beneficios en la recuperación muscular
Hilkens et al. 2021 (28)	N = 21 Hombres activos -G1: Ejercicio excéntrico + Proteína de suero de la leche -G2: Ejercicio excéntrico + Isocalórico	-G1: 60 g/día Proteína -G2: 60 g/día Isocalórico Evaluaciones antes, 0h, 3h, 24h, 48h y 72h después	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Proteína C reactiva y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Resultados similares en dolor muscular, niveles de proteína C reactiva y de creatina quinasa ($p > 0'05$)	El consumo de proteínas de suero no consigue acelerar la recuperación de la función muscular ni mitiga el dolor muscular y la inflamación

Tabla 3. Artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio de fuerza y/o resistencia.

4.2. Ingesta de proteínas y ejercicio aeróbico

En un estudio realizado por Hansen et al. (29) se examinó el efecto de la ingesta de proteína de suero de la leche hidrolizada antes y después de las sesiones de carrera. Para ello, se dividió a un grupo de corredores profesionales en dos: uno de carrera junto a proteínas y carbohidratos y otro de carrera con carbohidratos. Se observó una mejora en el rendimiento y en la reducción de los marcadores de daño muscular en el grupo de proteínas junto a carbohidratos.

En un estudio realizado por Doering et al. (30) se determinó el efecto de una alimentación con proteínas superior a la recomendada contra el daño muscular inducido por el ejercicio. Para ello, se dividió a un grupo de triatletas de élite en dos: uno de carrera con una ingesta moderada de proteína y otro de carrera junto a una ingesta alta de proteína. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Eddens et al. (31) se investigó el efecto de la suplementación con proteínas contra el daño muscular inducido por el ejercicio. Para ello, se dividió a un grupo de hombres ciclistas entrenados en tres: uno de sesiones de ciclismo junto a proteínas hidrolizadas, otro de sesiones de ciclismo combinado con un isocalórico como placebo y otro de sesiones de ciclismo con un placebo bajo en calorías. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Xia et al. (32) se investigó el papel de la proteína de avena contra el daño muscular inducido por el ejercicio, la inflamación posterior y la pérdida de rendimiento inducida por correr cuesta abajo. Para ello, se dividió a un grupo de estudiantes desentrenados en dos: uno de carrera combinado con proteína de avena y otro de carrera con un placebo. Se observó una reducción en los efectos adversos sobre la fuerza muscular, una mejora en el rango de movilidad de la rodilla, en el salto vertical y, por tanto, en la recuperación postejercicio en el grupo con proteína de avena.

En un estudio realizado por Abbott et al. (33) se examinó si el consumo de proteínas de caseína mejora la recuperación después de un partido de fútbol en jugadores profesionales. Para ello, se dividió a un grupo de 10 futbolistas profesionales en dos: partido junto a proteínas de caseína y otro de partido con carbohidratos. Se observó una disminución en el dolor muscular, lo que facilitará la recuperación de la función muscular, en el grupo de proteínas de caseína.

En un estudio realizado por Larsen et al. (34) se investigó los efectos de la proteína de suero de la leche ingerida antes de dormir después de una carrera de resistencia. Para ello, se dividió a un grupo de corredores entrenados en dos: uno de carrera combinado con proteínas y otro de carrera junto a carbohidratos. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Mjøs et al. (35) se examinó el efecto de la suplementación con proteína marina hidrolizada junto a proteína de suero y carbohidratos en la recuperación a corto plazo después de realizar ejercicio de alta intensidad, en comparación con la ingesta de proteína de suero y carbohidratos solos. Para ello, se dividió a un grupo de hombres ciclistas de mediana edad en dos: uno de sesiones de ciclismo junto a la ingesta de proteína marina hidrolizada, proteína de suero y carbohidratos y otro de sesiones de ciclismo combinado con proteína de suero y carbohidratos. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por McKinlay et al. (36) se examinó el efecto del consumo de proteína de suero de la leche sobre el daño muscular, las citoquinas inflamatorias y el rendimiento después de realizar natación a intervalos de alta intensidad (HIIS). Para ello, se dividió a un grupo de nadadores adolescentes en tres: uno de natación y proteína de suero de la leche, otro de natación junto a carbohidratos y otro de natación con agua. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Ten Haaf et al. (37) se evaluó si un protocolo de suplementación con proteínas podría atenuar el dolor muscular inducido por la carrera y otros marcadores de daño muscular en comparación con la suplementación con placebo isocalórico. Para ello, se dividió a un grupo de hombres corredores amateurs en dos: uno de carrera junto a proteínas provenientes de la leche y otro de carrera con un isocalórico como placebo. Se observó que no habían cambios entre los grupos.

En un estudio realizado por Kritikos et al. (38) se comparó los efectos de suplementar con proteína de soja contra los de la proteína del suero de la leche en el rendimiento, el daño muscular y las respuestas redox después del entrenamiento de velocidad-resistencia en jugadores de fútbol. Para ello, se dividió a un grupo de hombres futbolistas en tres: uno de entrenamiento y proteína de soja, otro de entrenamiento y proteína de suero de la leche y otro de entrenamiento e isocalórico como placebo. Se observó una mejora en el dolor muscular de inicio tardío o “agujetas”, en la creatina quinasa y en la capacidad antioxidante total, mientras que el glutatión disminuyó en el grupo de proteína de soja y en el de proteína de suero de la leche.

Autores y año de publicación	Grupos	Intervención	Criterios diagnósticos/ Variables analizadas	Resultados	Conclusiones
Hansen et al. 2015 (29)	N = 18 Corredores profesionales -G1: Carrera + Proteína y Carbohidratos -G2: Carrera + Carbohidratos	-G1: 1'5 g/día Proteína y Carbohidratos durante la carrera -G2: 1'5 g/día Carbohidratos durante la carrera Evaluaciones antes y 7 días después	-Motivación y rendimiento: Cuestionario -Concentración de lactato y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Mejoras significativas en G1 en el rendimiento, la concentración de lactato y en los niveles de creatina quinasa ($p < 0'05$)	La suplementación con proteínas y carbohidratos consigue mejorar el rendimiento y los marcadores que producen el dolor muscular, por tanto, acelera la recuperación
Doering et al. 2017 (30)	N = 8 Triatletas de élite -G1: Carrera + Proteína moderada -G2: Carrera + Proteína alta	-G1: 0'3 g/kg Proteína después de la carrera -G2: 0'6 g/kg Proteína después de la carrera Evaluaciones antes y después	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Fuerza muscular: Dinamómetro	Resultados similares en el dolor y la fuerza muscular ($p > 0'05$)	La ingesta de proteínas en mayor cantidad del habitual no consigue beneficios en la recuperación muscular
Eddens et al. 2017 (31)	N = 24 Hombres ciclistas entrenados -G1: Ciclismo + Proteína -G2: Ciclismo + Isocalórico -G3: Ciclismo + Bajo en calorías	-G1: 20 g Proteínas después del Ciclismo -G2: 20 g Isocalórico después del Ciclismo -G3: 20 g Bajo en calorías después del Ciclismo Evaluaciones antes, 24h, 48h, y 72h postejercicio	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Proteína C reactiva y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Resultados similares en dolor muscular, niveles de proteína C reactiva y de creatina quinasa ($p > 0'05$)	El consumo de proteínas no consigue acelerar la recuperación muscular
Xia et al. 2018 (32)	N = 33 Estudiantes desentrenados -G1: Carrera + Proteína de avena -G2: Carrera + Isocalórico	-G1: 25 g Proteínas 14 días antes y 4 días después -G2: 25 g Isocalórico 14 días antes y 4 días después Evaluaciones antes y 19 días después	-Fuerza muscular: 1-RM Test -Movilidad: Goniómetro	Mejoras significativas en G1 en fuerza muscular ($p < 0'05$)	La suplementación de proteína de avena consigue aliviar los efectos negativos del ejercicio, facilitando la recuperación
Abbott et al. 2019 (33)	N = 10 Hombres futbolistas profesionales -G1: Partido + Proteína de caseína -G2: Partido + Carbohidratos	-G1: 40 g Proteínas de caseína después del partido -G2: 40 g Carbohidratos después del partido Evaluaciones antes, 12h, 36h y 60h después	-Fuerza muscular: Dinamómetro -Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Ánimo: Brief Assessment of Mood (BAM+)	Mejoras significativas en G1 en el dolor muscular ($p < 0'05$)	La ingesta de proteínas de caseína consigue mitigar el dolor muscular post partido, por tanto, acelera la recuperación

Larsen et al. 2019 (34)	N = 32 Corredores entrenados -G1: Carrera + Proteína -G2: Carrera + Carbohidratos	-G1: 0'5 g/kg Proteínas antes de dormir -G2: 0'5 g/kg Carbohidratos antes de dormir Evaluaciones por la mañana, 1, 4, 7 y 8 días después	-Concentración de lactato, Creatina quinasa y mioglobina: Análisis de sangre	Resultados similares en la concentración de lactato, creatina quinasa y mioglobina (p > 0'05)	El consumo de proteínas no consigue mejorar el aumento de los marcadores circulatorios de dolor muscular, así pues, no acelera la recuperación
Mjøs et al. 2019 (35)	N = 14 Hombres sanos -G1: Ciclismo + Proteína marina hidrolizada, Proteína de suero de la leche y Carbohidratos -G2: Ciclismo + Proteína de suero de la leche y Carbohidratos	-G1: 50 g Proteína marina hidrolizada, Proteína de suero de la leche y Carbohidratos después del Ciclismo -G2: 50 g Proteína de suero de la leche y Carbohidratos después del Ciclismo Evaluaciones antes y 4h después	-Fatiga: Escala de Borg -Frecuencia cardíaca: Monitores de frecuencia cardíaca -Frecuencia respiratoria: Monitores de frecuencia respiratoria -Concentración de lactato y glucosa: Análisis de sangre	Resultados similares en fatiga, frecuencia cardíaca, frecuencia respiratoria, concentración de lactato en sangre y glucosa (p > 0'05)	La suplementación de proteínas marinas hidrolizadas no consigue efectos en la recuperación a corto plazo
McKinlay et al. 2020 (36)	N = 54 Nadadores adolescentes -G1: Natación + Proteína de suero de la leche -G2: Natación + Carbohidratos -G3: Natación + Agua	-G1: 15 g/día Proteína -G2: 150 g/día Carbohidratos -G3: Agua Evaluaciones antes, 5h, 8h y 24h después	-Dolor muscular: Escala Visual Analógica (EVA) -Interleucina-6, interleucina-10, Creatina quinasa y factor de necrosis tumoral-alfa: Análisis de sangre	Resultados similares en el dolor muscular, los niveles de interleucina-6, interleucina-10, creatina quinasa y factor de necrosis tumoral-alfa (p > 0'05)	La ingesta de proteínas de suero de la leche no consigue acelerar la recuperación muscular respecto al consumo de carbohidratos o agua
Ten Haaf et al. 2021 (37)	N = 323 Hombres corredores amateurs -G1: Carrera + Proteína -G2: Carrera + Carbohidratos	-G1: 20 g Proteínas después de la carrera -G2: 20 g Carbohidratos después de la carrera Evaluaciones antes, 24h, 48h y 72h después	-Dolor muscular: Brief Pain Inventory (BPI) -Concentración de lactato y Creatina quinasa: Análisis de sangre	Resultados similares en el dolor muscular, en la concentración de lactato y en los niveles de creatina quinasa (p > 0'05)	El consumo de proteínas no consigue reducir el dolor muscular u otros marcadores postejercicio
Kritikos et al. 2021 (38)	N = 10 Hombres futbolistas -G1: Entrenamiento + Proteína de soja -G2: Entrenamiento + Proteína de suero de la leche -G3: Entrenamiento + Isocalórico	-G1: 1'5 g/kg Proteína de soja -G2: 1'5 g/kg Proteína de suero de la leche -G3: 0'8-1 g/kg Isocalórico 2 sesiones Evaluaciones antes y después durante 24 días	-Actividad de campo: Sistema de posicionamiento global -Frecuencia cardíaca: Monitores de frecuencia cardíaca	Mejoras significativas en G1 y G2 en el dolor muscular de inicio tardío o "agujetas", en la creatina quinasa, la capacidad antioxidante total y los carbonilos de proteínas (p < 0'05)	La suplementación proteínas de soja o de suero de la leche consigue reducir el deterioro del rendimiento sin afectar el daño muscular inducido y los marcadores de estado redox

Tabla 4. Artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio aeróbico.

5. Discusión

Esta revisión ha tenido el objetivo principal de evaluar los efectos de la ingesta de proteínas en lesiones musculares. Se han incluido 21 artículos, 11 de ellos tratan sobre su uso en el ejercicio de fuerza y/o resistencia, y los otros 10 en el ejercicio aeróbico.

Los estudios analizan el efecto de la ingesta de proteínas en lesiones producidas por el ejercicio. Tal y como se ha mencionado anteriormente, una vez superada la primera semana de lesión no hay un tratamiento estandarizado y se va incorporando progresivamente más intensidad y complejidad a los ejercicios, en función del profesional (12). Por tanto, el hecho de saber si se obtienen mejores respuestas a nivel muscular con un incremento en la ingesta de proteínas con un tipo de ejercicio u otro, puede facilitar la recuperación.

Con respecto a los estudios analizados sobre la ingesta de proteínas en la realización de ejercicio de fuerza y/o resistencia describen que pacientes con lesiones musculares conseguían acelerar el número de células satélites musculoesqueléticas encargadas de la remodelación muscular (18). También reducían los niveles de creatina quinasa (18, 22, 24, 26), el dolor muscular (20, 22, 24), los niveles de urea (21) y la concentración de lactato en sangre (26). Además, se obtuvo una mejora en la composición corporal y un aumento en la fuerza muscular (25).

El resto de estudios analizados no encuentran mejoras a la hora de consumir una cantidad de proteínas superior a la habitual en sujetos que padecían lesiones musculares provocadas por el ejercicio de fuerza y/o resistencia (19, 23, 27, 28).

En cuanto a los estudios analizados sobre la ingesta de proteínas en la realización de ejercicio aeróbico describen que pacientes con lesiones musculares conseguían una mejora en el rendimiento (29). También reducían la concentración de lactato en sangre (29), los niveles de creatina quinasa (29, 38) y el dolor muscular (33, 38). Además, se aumentaba la fuerza muscular (32) y la capacidad antioxidante total (38).

El resto de estudios analizados no encuentran mejoras a la hora de consumir una cantidad de proteínas superior a la habitual en sujetos que padecían lesiones musculares provocadas por el ejercicio aeróbico (30, 31, 34, 35, 36, 37).

Una de las principales fortalezas de este estudio es que el hecho de obtener mejoras a nivel muscular con el ejercicio de fuerza y/o resistencia o con el ejercicio aeróbico, hace que podamos pensar que la ingesta de proteínas conseguirá una mejora en aquellos pacientes que se estén recuperando de una lesión muscular, independientemente de la fase en la que se encuentren, ya que conseguirán todos los beneficios previamente comentados. Además, se verán potenciados estos efectos a partir del séptimo día de lesión, ya que se podrá combinar con ejercicio de moderada intensidad. Sin embargo, los resultados son con ejercicio, por tanto, se extrapola que sería igual de beneficioso desde el primer día de tratamiento cuando realmente los resultados de los estudios servirían para la fase final de la rehabilitación, a partir del séptimo día, cuando ya se realiza ejercicio moderado. Por tanto, es necesario realizar estudios con personas que estén lesionadas pero todavía se encuentren en una fase muy temprana, en la que todavía no realicen ejercicio, incluso si puede ser, desde el día siguiente a la lesión. De esta manera se conseguirá determinar si esta nueva hipótesis es cierta o, por el contrario, los resultados obtenidos no son aplicables desde el primer día de lesión.

En cuanto a las limitaciones de la revisión realizada, habría que tener en cuenta que una muestra estadística inferior a 30 participantes se considera pequeña, y en 4 de los 11 artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio de fuerza y/o resistencia se trata de una muestra grande (20, 24, 25, 26). Así pues, la mayoría de artículos tienen una muestra pequeña y, con una mayor, los resultados podrían ser diferentes. De hecho, de los 7 artículos que tienen una muestra inferior a 30, es decir, una muestra pequeña, se encuentran los 4 estudios que no han encontrado mejoras. Del mismo modo, en 4 de los 10 artículos sobre ingesta de proteínas y ejercicio aeróbico se trata de una muestra grande (32, 34, 36, 37). Por consiguiente, la mayoría de artículos tienen una muestra pequeña y, como en el caso de los artículos sobre ejercicio de fuerza y/o resistencia, una muestra más grande podría variar los resultados. Por todos estos motivos, es necesario hacer estudios con muestras mayores, ya que permitirán conseguir resultados más exactos y fiables. Además de la limitación en cuanto a la muestra, la ingesta de proteínas que aplica cada estudio es diferente, es decir, en uno se suplementa a los participantes con 20 g al día, en otro estudio con 40 g al día, y así en todos los estudios. En cambio, se debería tener en cuenta que cada persona tiene un peso determinado, y una ingesta fija para cada persona no tendrá el mismo efecto, ya que a una persona de 80 kg que ingiera 20 g no le afectará igual que a una de 60 kg. Por ende, lo que debería hacerse es concretar una cantidad en función del peso, es decir, ingerir X g/kg al día de proteínas. Con esto se conseguiría que tuviese el mismo resultado en todos los participantes.

6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

Una vez expuestos los resultados de la revisión bibliográfica sobre el efecto de las proteínas en las lesiones musculares, quedan ciertas preguntas susceptibles de ser respondidas en el futuro y que pueden dilucidar, de manera más amplia, los interrogantes existentes en el tema de interés.

Las preguntas son las siguientes:

¿Qué efectos sobre la recuperación muscular tendría la ingesta continuada de proteínas en personas con lesiones musculares?

¿Evita el consumo regular de proteínas la pérdida de masa muscular en personas con lesiones musculares?

¿Pueden desarrollar mayor fuerza muscular aquellos sujetos con lesiones musculares que realizan la ingesta de suplementos nutricionales proteicos?

Estas preguntas investigables derivadas del estudio realizado son de elevado interés en la práctica clínica ya que ayudarían a acelerar el proceso de recuperación desde el primer día, consiguiendo que la persona obtenga mejores resultados a nivel muscular.

6.1. Diseño y tipo de estudio o intervención

Se llevará a cabo un ensayo clínico aleatorizado para evaluar el efecto de una ingesta superior a la habitual en futbolistas con lesiones musculares.

Se dividirá de manera aleatoria en dos grupos de 15 a un equipo de fútbol de unos 30 jugadores. Cuando se produzca una lesión muscular en uno de los grupos, se combinará el tratamiento de fisioterapia junto a una ingesta de proteínas superior a la que realizan habitualmente, unos 2 g/kg al día (Grupo 1), mientras que en el momento en que padezcan una lesión muscular los jugadores del otro grupo, realizarán la rehabilitación sin tener en cuenta su alimentación (Grupo 2).

El estudio incluirá una valoración diaria hasta conseguir la recuperación completa, es decir, el primer día de entrenamiento completo. Se evaluará la masa muscular, la fuerza muscular, los marcadores musculares (creatina quinasa y concentración de lactato) y el dolor de los participantes.

La duración total del estudio será de una temporada, unos 9-10 meses.

6.2. Población diana

Los criterios de inclusión serán ser mayor de edad, formar parte del equipo y padecer una lesión muscular durante la temporada.

El criterio de exclusión será sufrir cualquier tipo de lesión que no sea muscular.

6.3. Sistema de recogida de datos

Los datos se recogerán diariamente y hasta que se complete un entrenamiento de la siguiente manera: masa muscular midiendo el volumen de la extremidad del músculo afectado hasta 3 veces, fuerza muscular haciendo 3 repeticiones sin llegar a producir molestias en el músculo lesionado, marcadores musculares a partir de análisis de sangre y dolor a partir de la escala visual analógica (EVA).

6.4. Variables de estudio

Evaluaremos 4 variables: masa muscular, fuerza muscular, marcadores musculares (creatina quinasa y concentración de lactato) y dolor.

6.5. Estrategia de análisis de datos

Los datos obtenidos serán analizados estadísticamente mediante el uso del programa IBM SPSS Statistics, versión 25.

Teniendo en cuenta de que se tratan de variables cuantitativas (numéricas), se calcularán medidas de tendencia central y de dispersión, es decir, las medias, las desviaciones estándares, y los valores mínimos y máximos, y se analizarán con la prueba U de Mann-Whitney o la prueba t.

6.6. Consideraciones éticas

Todos los participantes serán informados sobre el estudio y se les solicitará su consentimiento por escrito.

El protocolo de estudio deberá ser aprobado por la junta directiva del club y se realizará siguiendo los principios y normas de la Declaración de Helsinki.

7. Conclusiones

Las lesiones musculares son las más frecuentes entre los deportistas y la acumulación de la carga de trabajo es una de las principales causas de su aparición. Además, debido al incesante aumento de pruebas, aumentará su prevalencia ya que la cantidad de tiempo que acumulan los deportistas durante una temporada es cada vez mayor respecto a años anteriores. El hecho de poder acelerar el proceso de recuperación y disponer del jugador lo más rápido posible, hace que resulte imperativo buscar nuevas formas de actuar ante este tipo de lesiones.

Sabiendo que durante los períodos de recuperación hay un tiempo de reposo donde se experimenta la pérdida de músculo esquelético y la disminución de salud metabólica y capacidad funcional, debido a una reducción en la síntesis de proteína muscular y en la “resistencia anabólica”, utilizar un macronutriente como la proteína, para que el cuerpo vuelve a sintetizar nuevas y sustituir las que se degradan, puede facilitar el proceso de rehabilitación de una lesión muscular.

La presente revisión concluye que existe evidencia para recomendar la suplementación con proteínas en personas con lesiones musculares una vez alcanzado el séptimo día de lesión, momento en el que se empiezan a realizar ejercicios de fuerza y/o resistencia o ejercicio aeróbico. Sin embargo, sería necesario poder aplicar esta suplementación desde el primer día de lesión ya que es en las primeras etapas cuando existe un mayor desuso muscular y, consiguientemente se produce una pérdida de fuerza y masa muscular todavía más grande.

Teniendo en cuenta los estudios encontrados hasta la fecha, parece cierto que consumir una mayor cantidad de proteínas durante una lesión muscular acelera el proceso de recuperación y consigue aumentar la fuerza y la masa muscular. Esto significaría poder disponer de una herramienta más a la hora de recuperar a una persona de una lesión muscular. Todo y con eso, el hecho de no establecer una pauta individualizada a cada caso, hace que resulte más inespecífico.

Por tanto, a pesar de los resultados obtenidos, es necesario seguir investigando para adaptar a cada caso una pauta individual que permita conseguir los beneficios que se han observado hasta ahora y que además se determine que tienen los mismos efectos desde el momento en que se produce la lesión, ya que permitirá trabajar a nivel nutricional con una mayor rapidez y eficacia.

8. Bibliografía

1. Mueller-Wohlfahrt HW, Haensel L, Mithoefer K, et al. Terminology and classification of muscle injuries in sport: The Munich consensus statement. *Br J Sports Med.* 2013;47(6):342-350.
2. Servicios Médicos del Fútbol Club Barcelona. Guía de Práctica Clínica de las lesiones musculares. Epidemiología, diagnóstico, tratamiento y prevención. *Apunts Med Esport.* 2009;44(164):179-203
3. Biolo GF, Agostini B, Simunic M, Sturma L, Torelli JC, Preiser G, et al. Positive energy balance is associated with accelerated muscle atrophy and increased erythrocyte glutathione turnover during 5 wk of bed rest. *Am J Clin Nutr.* 2008;88(4):950-8.
4. 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. *J Nutr.* 2010;140(4):745-751.
5. Magne H, Savary-Auzeloux I, Remond D, Dardevet D. Nutritional strategies to counteract muscle atrophy caused by disuse and to improve recovery. *Nutr Res Rev.* 2013;26(2): 149-165.
6. Breen L, Stokes KA, Churchward-Venne TA, Moore DR, Baker SK, Smith K, et al. Two weeks of reduced activity decreases leg lean mass and induces “anabolic resistance” of myofibrillar protein synthesis in healthy elderly. *The J Clin Endocrinol Metab.* 2013;98(6): 2604-2612.
7. Glover EI, Phillips SM, Oates BR, Tang JE, Tarnopolsky MA, Selby A, et al. Immobilization induces anabolic resistance in human myofibrillar protein synthesis with low and high dose amino acid infusion. *J Physiol.* 2008;586(24): 6049-6061.
8. Verrall GM, Slavotinek JP, Barnes FG, Fon GT, Esterman A. Assessment of physical examination and magnetic resonance imaging findings of hamstring injuries as predictors of recurrent injury. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2006;36(48): 215-24.

9. Guerrero M, Guiu-Comadevall M, Cadefau JA, Parra J, Balius R, Estruch A, et al. Fast and slow myosins as markers of muscle injury. *Br J Sports Med.* 2008;42(7): 581-4.
10. Järvinen TA, Järvinen TL, Kääriäinen M, Aärimaa V, Vaittinen S, Kalimo H, et al. Muscle injuries: optimizing recovery. *Best Pract Res Clin Rheumatol.* 2007;21(2): 317-31.
11. Järvinen T A, Järvinen TL, Kääriäinen M, Kalimo H, Järvinen M. Muscle injuries: biology and treatment. *Am J Sports Med.* 2005;33(5): 745-764.
12. Orchard J, Best TM, Verrall GM. Return to play following muscle strains. *Clin J Sport Med.* 2005;15(6): 436-441.
13. Mettler S, Mitchelland N, Tipton KD. Increased protein intake reduces lean body mass loss during weight loss in athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2010;42(2): 326-337.
14. Moore DR, Churchward-Venne TA, Witard O, Breen L, Burd NA, Tipton KD, et al. Protein ingestion to stimulate myo brillar protein synthesis requires greater relative protein intakes in healthy older versus younger men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2014;70(1): 57-62.
15. Paddon-Jones D, Shefeld-Moore M, Urban RJ, Sanford AP, Aarsland A, Wolfe RR, et al. Essential amino acid and carbohydrate supplementation ameliorates muscle protein loss in humans during 28 days bedrest. *J Clin Endocrinol Metab.* 2004;89(9): 4351-4358.
16. Tipton, KD. Nutritional support for exercise-induced injuries. *Sports Med.* 2015;45(1):S93-S104.
17. O'Hearn, A. Can a carnivore diet provide all essential nutrients? *Curr Opin Endocrinol Diabetes Obes.* 2020;27(5): 312-316.
18. Farup J, Rahbek SK, Knudsen IS, de Paoli F, Mackey AL, Vissing K. Whey protein supplementation accelerates satellite cell proliferation during recovery from eccentric exercise. *Amino Acids.* 2014;46(11):2503-2516.

19. Shirato M, Tsuchiya Y, Sato T, et al. Effects of combined β -hydroxy- β -methylbutyrate (HMB) and whey protein ingestion on symptoms of eccentric exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr.* 2016;13:7.
20. Ives SJ, Bloom S, Matias A, et al. Effects of a combined protein and antioxidant supplement on recovery of muscle function and soreness following eccentric exercise. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:21.
21. West DWD, Abou Sawan S, Mazzulla M, Williamson E, Moore DR. Whey Protein Supplementation Enhances Whole Body Protein Metabolism and Performance Recovery after Resistance Exercise: A Double-Blind Crossover Study. *Nutrients.* 2017;9(7):735.
22. Brown MA, Stevenson EJ, Howatson G. Whey protein hydrolysate supplementation accelerates recovery from exercise-induced muscle damage in females. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2018;43(4):324-330.
23. Roberts J, Zinchenko A, Suckling C, Smith L, Johnstone J, Henselmans M. The short-term effect of high versus moderate protein intake on recovery after strength training in resistance-trained individuals. *J Int Soc Sports Nutr.* 2017;14:44.
24. Philpott JD, Donnelly C, Walshe IH, et al. Adding Fish Oil to Whey Protein, Leucine, and Carbohydrate Over a Six-Week Supplementation Period Attenuates Muscle Soreness Following Eccentric Exercise in Competitive Soccer Players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2018;28(1):26-36.
25. Nabuco HCG, Tomeleri CM, Sugihara Junior P, et al. Effects of Whey Protein Supplementation Pre- or Post-Resistance Training on Muscle Mass, Muscular Strength, and Functional Capacity in Pre-Conditioned Older Women: A Randomized Clinical Trial. *Nutrients.* 2018;10(5):563.
26. Nieman DC, Zwetsloot KA, Simonson AJ, et al. Effects of Whey and Pea Protein Supplementation on Post-Eccentric Exercise Muscle Damage: A Randomized Trial. *Nutrients.* 2020;12(8):2382.

27. Clifford T, Hayes EJ, Scragg JH, et al. The Effects of a High-Protein Diet on Markers of Muscle Damage Following Exercise in Active Older Adults: A Randomized, Controlled Trial. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2020;30(5):323-329.
28. Hilkens L, De Bock J, Kretzers J, Kardinaal A, Floris-Vollenbroek E G, Scholtens P, Horstman A, van Loon L, van Dijk JW. Whey protein supplementation does not accelerate recovery from a single bout of eccentric exercise. *J Sports Sci.* 2021; 39(3):322-331.
29. Hansen M, Bangsbo J, Jensen J, Bibby BM, Madsen K. Effect of whey protein hydrolysate on performance and recovery of top-class orienteering runners. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2015;25(2):97-109.
30. Doering TM, Reaburn PR, Borges NR, Cox GR, Jenkins DG. The Effect of Higher Than Recommended Protein Feedings Post-Exercise on Recovery Following Downhill Running in Masters Triathletes. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2017;27(1):76-82.
31. Eddens L, Browne S, Stevenson EJ, Sanderson B, van Someren K, Howatson G. The efficacy of protein supplementation during recovery from muscle-damaging concurrent exercise. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2017;42(7):716-724.
32. Xia Z, Cholewa JM, Dardevet D, Huang T, Zhao Y, Shang H, Yang Y, Ding X, Zhang C, Wang H, et al. Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men. *Food Func.* 2018;9(9): 4720-4729.
33. Abbott W, Brett A, Cockburn E, Clifford T. Presleep Casein Protein Ingestion: Acceleration of Functional Recovery in Professional Soccer Players. *Int J Sports Physiol Perform.* 2019;14(3):385-391.
34. Larsen MS, Clausen D, Jørgensen AA, Mikkelsen UR, Hansen M. Presleep Protein Supplementation Does Not Improve Recovery During Consecutive Days of Intense Endurance Training: A Randomized Controlled Trial. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2019;29(4):426-434.

35. Mjøs I, Thorsen E, Hausken T, et al. The effect of low dose marine protein hydrolysates on short-term recovery after high intensity performance cycling: A double-blinded crossover study. *J Int Soc Sports Nutr.* 2019;16(1):48.
36. McKinlay BJ, Theocharidis A, Adebero T, et al. Effects of Post-Exercise Whey Protein Consumption on Recovery Indices in Adolescent Swimmers. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):7761.
37. Ten Haaf DSM, Flipsen MA, Horstman AMH, et al. The Effect of Protein Supplementation versus Carbohydrate Supplementation on Muscle Damage Markers and Soreness Following a 15-km Road Race: A Double-Blind Randomized Controlled Trial. *Nutrients.* 2021;13(3):858.
38. Kritikos S, Papanikolaou K, Draganidis D, Poullos A, Georgakouli K, Tsimeas P, Tzatzakis T, Batsilas D, Batrakoulis A, Deli C K, et al. Effect of whey vs. soy protein supplementation on recovery kinetics following speed endurance training in competitive male soccer players: A randomized controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr.* 2021;18(1): 23.