

Noelia Carvajal Abellán

**¿QUÉ TIPO DE SUPLEMENTO PROTEICO ES ÓPTIMO PARA LA MEJORA
DEL RENDIMIENTO DEPORTIVO? UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA DE
ENSAYOS CLÍNICOS ALEATORIZADOS**

TRABAJO DE FIN DE GRADO

Dirigido por la Dra. Mònica Bulló Bonet

Grado de Nutrición Humana y Dietética



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Tarragona

2021

ABSTRACT

Objetivos: Dadas las contradicciones actuales sobre la suplementación, el objetivo es investigar sobre qué tipo de suplemento proteico mejora el rendimiento deportivo.

Diseño: Revisión sistemática.

Métodos: Se realizó una búsqueda bibliográfica hasta abril de 2021 y se incluyeron 18 artículos.

Resultados: Esta revisión no apoya mejoras en el rendimiento, ya sea a corto o largo plazo. Si que observó que el uso de estos suplementos conlleva a un aumento de la MM y una disminución de la MG.

Conclusiones: Los resultados de esta revisión no sustentan beneficios con el consumo de suplementos proteicos, desde los 15g hasta los 56g, en el rendimiento deportivo.

Palabras clave: Suplementación, proteínas, rendimiento deportivo.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo de proteínas es esencial después de realizar actividad física (AF) para maximizar la síntesis de proteínas, necesaria para hipertrofiar el músculo después del entrenamiento, factor determinante en el desarrollo de la masa muscular (MM). [1]

En el caso de Snijders y col. [2], demuestran dicha información únicamente con hombres jóvenes, dato que respalda Cermak y col. [3] y que añade que con sujetos mayores ocurre exactamente igual que en los jóvenes. Evidencia que apoya también Symons y col. [4] demostrando que el envejecimiento no contribuye a la reducción de la capacidad de síntesis proteica en el organismo, después de una ingesta rica en proteínas de alta calidad junto con entrenamientos de resistencia. [5]

La proteína de suero de leche ha ganado popularidad en los últimos años y se ha definido como óptima para la ganancia de fuerza muscular: por considerarse proteína de absorción rápida gracias a su fácil digestibilidad [6] y por promover una mayor acumulación de proteína en el musculo en comparación con proteínas de origen vegetal como la soja. [7] En contra de estos datos, también existe literatura que determina que la suplementación con proteína de suero de leche no aumenta el rendimiento deportivo después de 6 semanas de entrenamiento. [8]

Dadas las contradicciones proporcionadas sobre la suplementación con proteínas, el objetivo principal de esta revisión es investigar sobre qué tipo de suplemento proteico

mejora el rendimiento deportivo, definiendo como rendimiento la fuerza muscular (FM) durante las intervenciones establecidas, a largo o corto plazo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Búsqueda sistemática

Los artículos que se incluyen en esta revisión sistemática se identificaron en la base de datos PUBMED, desde el 5 de noviembre de 2020 hasta el 13 de abril de 2021, utilizando la siguiente estrategia de búsqueda: ("Whey Proteins"[Mesh]) OR ("Meat Proteins"[Mesh]) OR ("Caseins"[Mesh]) OR ("Plant Proteins"[Mesh]) OR ("Egg Proteins"[Mesh]) AND ("Muscle Strength"[Mesh]). La búsqueda se complementó añadiendo los siguientes filtros: artículos publicados en los últimos 10 años, realizados en humanos adultos de entre 19 y 44 años, cuyo texto fuera en inglés o en español.

2.2. Selección de estudios

Los estudios fueron seleccionados para su inclusión si cumplían con cada uno de los siguientes criterios: (a) utilizaron un diseño de ensayo controlado aleatorizado, (b) analizaron el efecto de la suplementación con proteínas con finalidad deportiva, (c) fueron accesibles a la totalidad de los artículos, (d) se utilizaron intervenciones en población sana, (e) intervinieron en población activa. Por lo tanto, se excluyeron los estudios de revisiones, metaanálisis; intervenciones en sarcopenia, desnutrición, patologías, población sedentaria; y textos no completos.

3. RESULTADOS

3.1. Estudios incluidos

De todos los artículos de la búsqueda, 18 (incluidos un total de 541 participantes) cumplieron con todos los criterios de inclusión y se incluyeron en la revisión. ([Figura 1](#), [Tabla 1](#)).

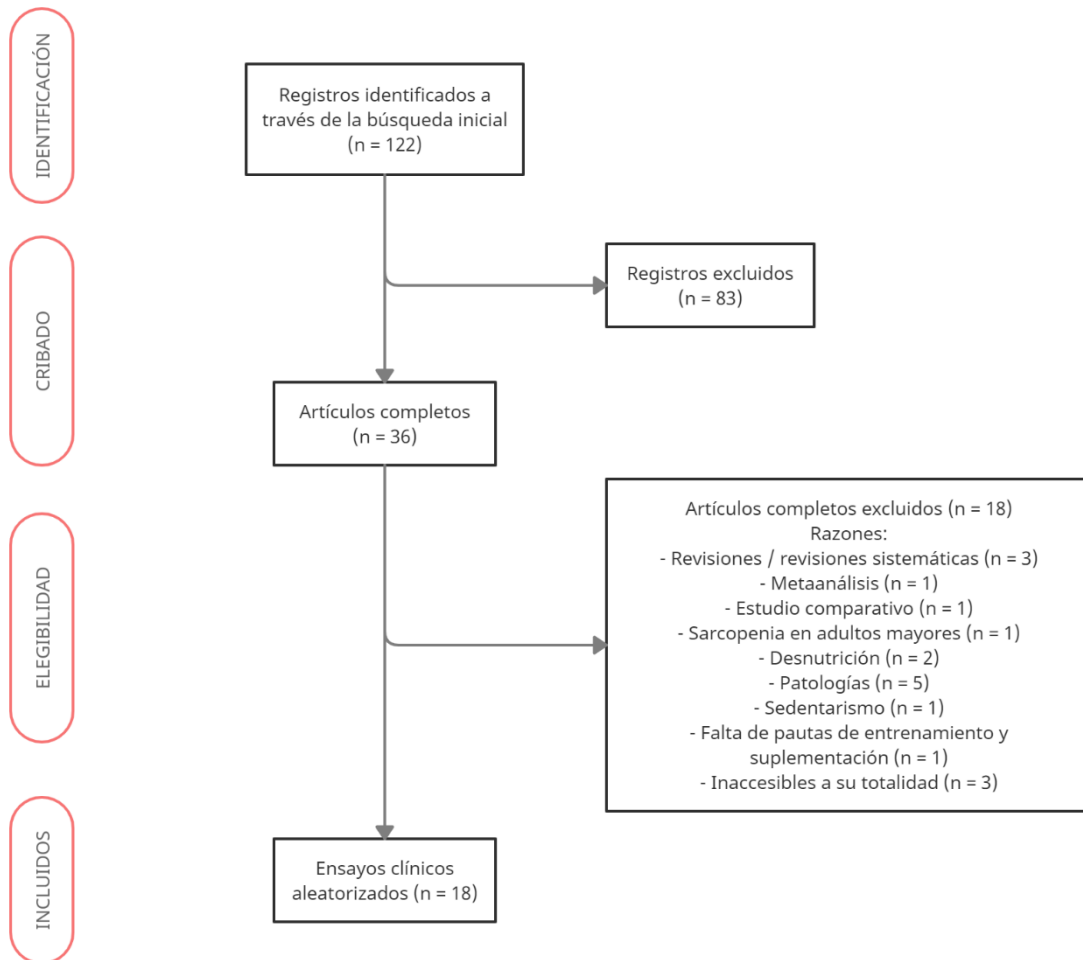


Figura 1

Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.

Estudio	Participantes y asignación	Duración	Protocolo de entrenamiento	Supl.	Mediciones	Resultados
Hulmi y col. [9]	86 (19 - 44 años, V) se dividieron en forma de doble ciego en tres grupos (PROT. n = 22, CH n = 21, PROT.+CH n = 25).	12 sem.	RT: Prensa de piernas bilateral, extensión de rodilla y flexión de rodilla; pecho y hombros, parte superior de la espalda, extensores y flexores del tronco y parte superior de los brazos. ST: por intensidad.	PROT. = 30g prot. de suero, 5g de lactosa. CH = maltodextrina (34,5g). PROT.+CH = 30g prot. de suero + 5g de lactosa + maltodextrina (34,5g).	- MM. - MG. - Tamaño del músculo. - Fuerza Máx. - Perfil de lípidos en sangre.	1. ↑ MM, tamaño músc. + fuerza independientemente de ingesta nutrientes. 2. PROT. = ↓MG en comparación CH. 3. ↑MM en PROT. > CH. 4. Sin diferencias significativas con PROT.+CH. 5. Tipo RT no tuvo efecto sobre las adaptaciones en respuesta a diferente supl.
Sharp y col. [10]	41 (18 - 30 años, V = 19, M = 22). ECA, doble ciego, paralelo y controlado. 4 grupos: WPC (whey), proteína bovina aislada (beef), proteína de pollo hidrolizada (Chx) y maltodextrina (control).	8 sem.	RT: 3 días / sem. La carga de resistencia para todas las sesiones se estableció en 7,5% de la MC. Protocolo idéntico entre grupos.	46g de la proteína respectiva.	- Carga volumétrica. - Composición corporal. - Fuerza Máx. - Potencia muscular. - Estado de recuperación.	1. Whey, beef y chx = ↑MM. No diferencias en control. 2. ↓MG todos los grupos de proteínas, pero no en control. 3. No diferencias en la fuerza.
Dudgeon y col. [11]	16 (21 – 28 años, V). Diseño de grupo emparejado y ciego simple. Divididos aleatoriamente en dos grupos: WHEY y CH.	8 sem.	4 días / sem. (Día 1: pecho / tríceps, día 2: piernas, día 3: hombros y día 4: espalda / bíceps)	WHEY = 56g CH = 56g	- Composición corporal. - TMB. - Resistencia muscular local.	1. Ambos grupos ↓ MC. 2. WHEY mantuvo TMB y CH ↓ TMB. 3. WHEY ↓ MG y CH =. 4. Ambos grupos = resistencia muscular.

Joy y col. [12]	13 (18 – 25 años, V). Ensayo aleatorizado, doble ciego, controlado. Asignados a grupo NT o DT.	10 sem.	RT: dos mesociclos de 5 sem. (grupos musculares principales). ST: durante sem. 5: 1RM Durante sem. 10: 1RM de sem 5.	NT: 35g proteína de caseína por la noche y 35g de maltodextrina por el día. DT: 35 g de maltodextrina por la noche y 35g proteína de caseína por el día.	- Composición corporal. - Rendimiento.	1. Efecto principal significativo para PC, LST, ALST, BF%, CSA Y MT. No se observaron otros efectos para las variables de composición corporal. 2. Rendimiento: NS.
Reidy y col. [13]	58 (18 – 30 años, V). Doble ciego, asignados a 3 grupos: PB (n = 23), WHEY (n = 22) y MDP (n = 23).	22 sem.	ST: durante 3 días / sem.	PB = 25% proteína de soja, 25% whey y 50 % caseinato de sodio. WHEY = 100% suero. MDP = 100% maltodextrina. PB y WHEY = 22g prot. al día (leucina 2g PB y 2,31g WHEY).	- Testosterona. - Fuerza 1RM. - Espesor músc. extensores rodilla y mCSA. - PC. - MM. - MG.	1. PB y WHEY ↑ MM. 2. FM, mCSA y MT ↑ en todos. 3. Testosterona: NS. 4. PC mayor cambio en PB en comparación con MDP. 5. MG: NS.
Hamarsland y col. [14]	40 (29 +/-6 años, V y M). Doble ciego, fueron asignados al azar a uno de dos grupos (suero o leche) estratificados por sexo y MM.	12 sem.	ST: Sentadillas, press de piernas, extensiones de rodilla, press banca, remo sentado, pull-down con agarre cerrado y press de hombros.	Suero: 73g (20g prot.) Leche: 69g (19,3g prot.)	- FM. - Fatiga muscular. - Medidas de sangre. - [aa].	1. MM y FM ↑ sin diferencias entre grupos. 2. Fosforilación de p70S6K ↑ sin diferencias entre grupos. 3. [BCAA, EAA, aa totales] ↑. 4. [LEU, BCAA y EAA] ↑ en grupo suero.

Davies y col. [15]	16 (18 – 35 años, V). Diseño de grupo paralelo doble ciego, asignados por bloques (n = 8 / grupo) proteína de suero (WHEY) o control (CON).	7 días	RT: Sentadillas (70% 1RM). Repeticiones al fallo.	WHEY: 0,33g/Kg/día de proteína post ayuno nocturno. CON: formulación isonitrogenada de aa no esenciales.	- Síntesis de proteínas miofibrilares. - Recuperación muscular. - Rendimiento de RT.	1. Diferencias en myoFSR = NS. 2. WHEY no mejoró las repeticiones hasta el fallo en RT, ISq o recuperación de la altura CMJ. 3. ↑CK.
Xia y col. [16]	16 (19.7 +/- 1.1 años, V). Asignación de manera uniforme y estratificada en forma de doble ciego a grupo AVENA o grupo placebo.	19 días	Carrera en cinta rodante cuesta abajo con velocidad ascendente cada 3 min. hasta los 14km/h.	AVENA: 25g de proteína. PLA: maltodextrina.	- Daño muscular. - Inflamación. - Recuperación.	1. AVENA: ↓ dolor del músculo esquelético, ↓ [IL-6], CK, Mb y PCR. 2. AVENA: ↓ edema en extremidades. 3. AVENA: ↑ recuperación.
Fabre y col. [17]	31 (19 – 35 años, V). Doble ciego, asignados a prot. solubles en leche (n= 10), contenido medio prot. de caseína (n = 11) y contenido alto prot. de caseína (n = 10),	9 sem.	RT: 3 entrenamientos / sem.: sentadilla trasera, extensión de piernas y flexión de piernas, press de banca, extensión de tríceps, prensa inclinada con barra, prensa con mancuerna y rizos con mancuernas. Ajustando la intensidad de resistencia en consecuencia.	Las bebidas eran isoenergéticas (167kcal) compuestas por 20g de proteínas, 20g de carbohidratos y 0,5g de grasa. Variando según proteínas “rápidas o lentas” (100/0, 50/50, 20/80).	- [aa] - Composición corporal. - BF%. - Mejora muscular. - Resistencia / fatiga.	1. ↑ biodisponibilidad LEU. 2. MM, FM y fuerza isométrica ↑ todos los grupos. 3. Resistencia a la fatiga = NS en todos los grupos.
Hida y col. [18]	30 (18 – 22 años, M). Asignados a un grupo de prot. de clara de huevo	8 sem.	Pruebas de resistencia máxima de 1 repetición (flexión de piernas, extensión	PROT: 15g prot. de clara de huevo deshidratada.	- [aa] y metabolitos proteicos.	1. MM y 1RM ↑ en ambos grupos. 2. Urea y citrulina ↑ PROT.

	(PROT, n = 15) o grupo de carbohidratos (CH, n = 15).		de piernas, sentadillas y press de banca).	CH: 17,5g maltodextrina.	- Muestras de sangre. - Resistencia máxima 1RM.	3. PROT: ↑ ALT en comparación con CH. 4. Cambios en composición corporal o FM = NS.
Shirato y col. [19]	18 (19,2 ± 0,4 años, V). Asignación a HMB + WHEY (n = 6), HMB (n = 6) o WHEY (n = 6).	12 días	Ejercicio excéntrico del codo (Biodex System 3) con 6 repeticiones a esfuerzo máximo como una serie.	HMB: 3g/día. WHEY: 36,6g/día. HMB + WHEY: 3g HMB + 36,6g WHEY /día.	- CK y LDH. - Dolor muscular. - Fuerza muscular isométrica.	1. WHEY y HMB + WHEY: ↑ dolor muscular. 2. ↓ fuerza muscular sin interacción entre grupos. 3. CK y LDH ↑ sin interacción entre grupos.
Weisgarber y col. [20]	17 (19 – 28 años, V y M). Doble ciego, con grupo control (PLA, n = 8) y grupo PROT. (n = 9)	8 sem.	RT: 4 días / sem.: repeticiones hasta fatiga (10RM de cada ejercicio). Prensa de piernas, prensa de pecho, pull-down, press de hombros, extensión de piernas, flexión de rodilla, extensión de tríceps, curl de bíceps, prensa de pantorrillas.	PROT.: 0,3g/kg de proteína de suero (0,15g/kg de EAA) (Total: 26g prot. y 13g EAA a lo largo del día) PLA: 0,2g de maltodextrina + 0,1g/kg de sacarosa.	- Composición corporal. - FM.	1. ↑ MM extensores de rodilla, flexores de rodilla y flexores plantares del tobillo. 2. ↑ FM prensa de pecho. 1 y 2. NS entre grupos.
Saracino y col. [21]	32 (40 – 64 años, V). De forma semi-aleatoria, fueron asignados a hidrolizado de suero (WHEY, n = 8), aislado de proteína de suero (WI, n = 8), combinación de arroz y	72 horas	Ejercicio excéntrico.	40g prot. del suplemento asignado.	- Función muscular. - Marcadores de sangre. - Dolor muscular. -	1. FM = NS. 2. CK y IL-6 ↑ después de ejercicio. 3. Dolor muscular ↑. 4. Circunferencia del muslo =. 5. NS entre grupos.

	guisantes (RP, n = 8) o un placebo (PLA, n = 8).				Circunferencia del muslo.	
Hashimoto y col. [22]	31 (23 – 82 años, V y M). Asignados en dos grupos: el primero con ↓AF (n = 11) y el segundo con ↑AF (n = 20). Cada uno de estos grupos se dividió en supl. con caseína (n = 10 ↑AF y n = 7 ↓AF) o con soja (n = 10 ↑AF y n = 4 ↓AF).	30 días	Ejercicio excéntrico.	7,8g de caseína o soja cada día.	- VM y FM.	1. SOJA: ↑ VM en ↓AF en comparación a caseína. 2. ↑AF: VM = NS. 3. ↓AF: SOJA ↑ extensión de rodilla.
Hwang y col. [23]	20 (18 – 30 años, V). Doble ciego, asignados en dos grupos (PROT. y CH).	10 sem.	RT: press de banca, flexión lateral, press de hombros, remo sentado, encogimiento de hombros, flexiones de pecho, flexión de bíceps, flexión de tríceps, flexión abdominal, prensa de piernas, extensión de espalda, step-up, flexión de piernas, extensión de piernas, elevación de talón y abdominales (75% de 1RM). 3 periodos: RT, reentrenamiento posterior y desentrenamiento.	25g del suplemento asignado.	- MM. - MG. - CSA. - Fuerza y resistencia.	1. FM = NS entre grupos. 2. MM y MG = NS. 3. CSA = NS
Farnfield y col. [24]	31 (18 – 75 años, V). Asignados para WHEY o PLA.	12 sem.	RT y ST: prensa de piernas, press de banca, sentadilla, extensiones de pierna, press de hombros con mancuerna y	WHEY: 97% de suero (26,6g de aa).	- FM. - Fosforilación proteica.	1. ↑FM en todos los grupos. 2. WHEY: ↑ fosforilación proteica (sujetos jóvenes +

			abdominales (aumento progresivo de los pesos hasta alcanzar 80% de 1RM).			pronunciado VS sujetos mayores a lo largo de la intervención).
Naclerio y col. [25]	30 (18 – 40 años, V). Doble ciego, grupo paralelo y controlado, asignados en tres grupos: ternera (BEEF, n = 10), suero (WHEY, n = 10) y carbohidratos (CH, n = 10).	8 sem.	Salto vertical, press banca, sentadilla trasera, remo vertical, zancadas con mancuerna, press de hombro, saltos laterales, abdominales (aumentando peso progresivamente).	BEEF: 16,4g de prot. WHEY: 18g de prot. CH: 45g de carbohidratos.	- FM. - Composición corporal.	1. BEEF: ↑MM, ↑ ↑ circunferencia del brazo y muslo, ↑ ↑ bíceps, ↑ vasto interno y FM. 2. WHEY ↑↑ MM, grosor del vasto y FM.
Hoffman y col. [26]	15 (18 – 21 años, V). Doble ciego, asignados a SUPL. o PLA.	48 horas	Tests de 1RM (sentadilla, extensión de rodilla, peso muerto y zancadas).	SUPL: 42g de prot. (colágeno, suero, caseína + 250mg BCAA y 2g CH). PLA: 14,9g maltodextrina.	- FM. - Marcadores de sangre. - Análisis bioquímico y hormonal.	1. PLA: ↓FM VS SUPL. 2. Hormonas = NS. 3. CK: ↑ PLA y SUPL. 4. Cortisol: ↑ PLA y SUPL.

Abreviaturas: Supl.= Suplemento / suplementación, SUP= Grupo suplementado, PLA= Grupo placebo, Col= Colaboradores, V= Varones, M= Mujeres, PROT.= Grupo de proteínas, CH= Grupo de carbohidratos, Sem.= Semana, RT= Entrenamiento de resistencia, ST= Entrenamiento de fuerza, Prot.= Proteína / proteico, MM= Masa magra, MG= Masa grasa, MC= Masa corporal, Máx.= Máximo/a, Músc.= Músculo / muscular, ECA= Ensayo clínico aleatorizado, TMB= Tasa metabólica basal, FM= Fuerza muscular, NT= Grupo Noche, DT= Grupo Día, RM= Repetición máxima, PC= Peso corporal, LST= Tejido magro blando, ALST= LST apendicular, BF%= Porcentaje de grasa corporal, CSA= Área sección transversal, MT= Espesor muscular, NS= No significativo, PB = Grupo soja + lácteos, MDP= Grupo maltodextrina, mCSA= Área de sección transversal de miofibras, aa= Aminoácidos, BCAA= Aminoácidos de cadena ramificada, EAA= Aminoácidos esenciales, LEU= Leucina, myoFSR= Tasa Sintética Fraccional miofibrilar, ISq= Sentadilla isométrica voluntaria, CMJ= Salto con contramovimiento, CK= Creatina quinasa, IL-6= Interleucina 6, Mb= Mioglobina, PCR= Proteína C reactiva, ALT= Alanina aminotransferasa, HMB= β-hidroxi-β-metilbutirato, LDH= Lactato deshidrogenasa, AF= Actividad física, VM= Volumen muscular, ↑: aumento, ↓: reducción.

Tabla 1

Principales características de los estudios.

3.2. Participantes y características

De todos los estudios incluidos en esta revisión, la mayoría (n=13) incluyeron sujetos masculinos exclusivamente. Solamente uno [18] analizó sujetos femeninos y cuatro [10, 14, 20, 22] intervinieron a ambos sexos.

Todos los artículos seleccionados comprenden participantes de entre 18 y 40 años aproximadamente, excepto tres [21, 22, 24] que examinaron a sujetos tanto jóvenes como a adultos mayores (hasta los 75 años).

La duración de las intervenciones varió de 48h hasta 22 semanas.

Doce estudios [10, 11, 13, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24, 25, 26] monitorizaron la intervención con grupos control, de los cuales ocho [10, 11, 13, 16, 18, 23, 25, 26] usaron maltodextrina/ carbohidratos (CH) como control. Uno de ellos [20] mezcló CH + sacarosa, otro [15] usó una formulación isonitrogenada de aminoácidos (aa) no esenciales y dos [21, 24] no especifican qué sustancia se usa como control a la intervención. Cinco [12, 14, 17, 19, 22] llevaron a cabo la intervención con grupos de proteína exclusivamente y uno [9] utilizó 3 grupos formados por proteínas, CH y proteínas + CH. La cantidad de la suplementación se identificó en todos los estudios a excepción de uno [23]. La intervención se complementó con ejercicios de resistencia (RT) y/o fuerza (ST) en todos los estudios menos en tres [19, 21, 22].

En cuanto al gramaje de la suplementación utilizada, a excepción de un estudio [22], en el que la ingesta de proteínas asignadas fue de 7,8g para caseínas o soja, las ingestas durante las intervenciones oscilaron entre los 15 y los 56g de proteínas. Y los valores de CH entre los 14.9 y los 56g. En tan solo uno [17], se tuvo en cuenta la ingestión de grasas (0.5g).

3.3. Efectos sobre la composición corporal

Todos los estudios incluidos midieron la composición corporal menos cinco [15, 16, 19, 24, 26]. No se observaron diferencias significativas en cambios de composición corporal en 3 artículos [12, 21, 23], uno de ellos [21] basó su medición en la circunferencia de muslo y otro [23] basó la medición en masa muscular o masa libre de grasa (MM), masa grasa (MG) y área de sección transversal (CSA).

3.4. Efectos sobre el rendimiento

De los estudios que definen los ejercicios completados por los participantes, diez [9, 11, 12, 14, 17, 18, 20, 23, 24, 25] analizaron la fuerza máxima tanto de las extremidades inferiores como de las superiores. De estos, cuatro [9, 14, 17, 24] encontraron aumentos

en la fuerza máxima de los ejercicios sin diferencias entre grupos suplementados o no y en dos [20, 25] se encontraron la fuerza máxima aumentada en los grupos suplementados a base de proteínas. En uno de ellos [11], se encontró que la fuerza máxima se mantuvo en el grupo suplementado con proteína de suero y en cambio en el grupo con CH una notable reducción (extremidades inferiores). Los tres restantes [12, 18, 23], no encontraron diferencias significativas en este ítem.

Dos estudios [15, 26] evaluaron los cambios de FM en las extremidades inferiores exclusivamente. Solo uno [26] encontró diferencias significativas en el aumento de fuerza máxima en el caso del grupo suplementado.

De los seis restantes, tres [10, 13, 16] no definieron los ejercicios realizados y los otros 3 [19, 11, 22] evaluaron ejercicios excéntricos. De ninguno se obtienen resultados significativos en el cambio de fuerza a excepción de uno [19] que analizó una disminución en el grupo suplementado.

3.5. Efectos sobre otros parámetros

Siete artículos [13, 15, 16, 18, 19, 21, 26] analizaron además diferentes parámetros hematológicos:

1. La testosterona [13] sin cambios significativos.
2. La creatina quinasa (CK) aumentó en los grupos suplementados (suero, arroz + guisantes y combinación de proteínas) de 3 intervenciones [15, 21, 26], disminuyó en el grupo suplementado con avena [16] y aumentó pero no mostró diferencias significativas entre grupos (HMB= β -hidroxi- β -metilbutirato, suero y combinado= HMB + suero) [19].
3. La mioglobina (Mb) y la proteína C reactiva (PCR) disminuyeron en el grupo avena [16].
4. La urea y la citrulina aumentaron en el grupo suplementado a base de proteína [18].
5. El lactato deshidrogenasa (LDH) aumentó en todos los grupos (HMB, suero y combinado= HMB + suero) [19].
6. La interleucina 6 (IL-6) aumentó sin diferencias entre grupo suplementado (avena, suero y arroz + guisantes) y no suplementado (placebo) [16, 21].
7. El cortisol aumentó sin diferencias significativas entre grupo suplementado (combinación de proteínas) y grupo placebo [16].

4. DISCUSIÓN

El propósito de esta revisión fue investigar qué tipo de suplemento es óptimo para el rendimiento deportivo, sin concretar si la ingesta eficaz sería previa o posterior al entrenamiento, o si combinados con otros nutrientes o no serían más útiles a nivel de fuerza muscular.

Los orígenes más comunes de estos suplementos proteicos suelen ser: animal o vegetal, siendo la proteína de origen vegetal inferior en cuanto a propiedades anabólicas se refiere, en comparación con la de origen animal. Esta diferencia puede atribuirse a una distinta digestión de las proteínas, cinética de absorción y/o composición de aa [6].

La suplementación a base de proteínas podría ser una herramienta eficaz para el aumento de fuerza y masa muscular combinada con ejercicios de resistencia en adultos sanos, sin embargo, un aporte de más de 1,6g / kg de peso corporal al día, no demuestra obtener cambios en la composición corporal en cuanto a la reducción de MG se refiere [27]. Esta revisión muestra que, la suplementación con proteínas aumenta el volumen corporal: reduce MG y aumenta MM, aunque, no se observan mejoras en el rendimiento deportivo (fuerza muscular) y no se diferencia entre distintos tipos de proteínas.

Existe literatura actual que demuestra diferentes beneficios en cuanto a FM y supuesta mejora del rendimiento deportivo, teniendo en cuenta que la mejora del rendimiento deportivo está sujeta a la condición física de los sujetos [28]. Por consiguiente, los hallazgos de esta revisión refiere mejoras en el rendimiento, ya sea a corto o largo plazo. Por lo tanto, complica la resolución de la hipótesis principal de la revisión: la obtención de información con tal de encontrar el suplemento de naturaleza proteica que aporta beneficios al rendimiento deportivo.

La mayoría de los artículos estudiados destacan un aumento en la masa muscular, sin diferencias significativas con los grupos control a base de CH, como es el caso de Hulmi y col. [9]. En el caso de los estudios que se han llevado a cabo con suero, podría ser a causa de que durante la intervención, 1) la estimulación de la MM de los principales grupos musculares ha sido constante y consecuentemente ha llevado a un aumento de la MM en ambos casos 2) la duración de las intervenciones (la más larga con 22 semanas) no ha sido concluyente para poder obtener diferencias entre grupos suplementados a base de proteínas o con CH.

En el caso de la caseína, obtenemos cuatro artículos de los dieciocho estudiados, que introducen esta proteína [12, 17, 22, 26]. Cuatro estudios que añadieron la caseína a las intervenciones de forma muy distinta y por lo tanto, hace que no se puedan sacar

conclusiones al respecto. En la intervención de Joy y col. [12], se investigó la caseína según su efecto en el organismo en distintos momentos del día. Fabre y col. [17] dirigieron su intervención según la digestibilidad de 3 preparados de proteínas combinadas (rápidas = más contenido de suero, o lentas = más contenido en caseínas). Hashimoto y col. [22], dividió a los sujetos en: poco entrenados y entrenados, además de comparar la caseína con la soja (la cual obtuvo más beneficios en cuanto a FM y MM), y de medir los parámetros a partir de ejercicio excéntrico. Hoffman y col. [26], dirigieron una muestra muy pequeña y la intervención duró 48 horas aproximadamente, además de combinar diferentes proteínas a parte de la caseína. Lo único relevante para esta revisión sobre el estudio de Hoffman es que la FM se vio reducida en el grupo placebo en comparación con el suplementado.

Hida y col. [18], apostaron por la comparación entre la proteína de la clara de huevo y la maltodextrina en el caso del grupo control, aparte de intervenir exclusivamente a mujeres. A parte de aumento en los parámetros sanguíneos por parte del grupo suplementado, no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la MM y la FM. Se atribuye 1) a la falta de seguimiento dietético y la falta de limitaciones para la actividad física y 2) a la corta duración del estudio (8 semanas).

Xia y col. [16] intervino con 25g de proteína de avena versus maltodextrina para el grupo placebo. Teniendo en cuenta que la duración del estudio fue de 19 días, la $n = 16$, el protocolo de entrenamiento fue de carrera de velocidad únicamente y que los resultados obtenidos en cuanto a la disminución del daño muscular, los factores de inflamación y la posterior recuperación fueron positivos para el grupo suplementado con avena, los resultados no son concluyentes para esta revisión.

Señalando algunas limitaciones, se incluye el pequeño tamaño de la muestra por parte de un gran número de intervenciones; la falta de concreción de la forma de administración de los suplementos, el tipo y las cantidades, el protocolo de entrenamiento, el seguimiento de los abordajes dietéticos correspondientes; y el amplio intervalo de edades seleccionadas.

Algunas de las fortalezas de esta revisión son la cantidad de artículos escogidos a observar y la selección de estudios clínicos aleatorizados, que dan un mayor grado de evidencia científica en comparación con los estudios observacionales.

Las investigaciones futuras deberían concretar y seguir demostrando que la proteína de suero de leche (whey) aporta beneficios en el rendimiento deportivo, tal y como refleja otra literatura.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados no sustentan beneficios con el consumo de suplementos a base de proteínas en el rendimiento deportivo. Si que observó que el uso de estos suplementos conlleva a un aumento de la MM y una disminución de la MG, por lo tanto, no se ha podido demostrar qué tipo de proteína es óptima para una mejora del rendimiento en cuanto a fuerza muscular se refiere y debería confirmarse en estudios futuros.

REFERENCIAS

- [1] N A Burd, JE Tang, D R Moore, S M Phillips . Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. J Appl Physiol [Internet]. 2009;106 (5):1692-701. doi: 10.1152/jappphysiol.91351.2008.
- [2] T Snijders, P T Res, J S J Smeets, S van Vliet, J van Kranenburg, K Maase, AK Kies, LB Verdijk, LJ C van Loon. Protein Ingestion before Sleep Increases Muscle Mass and Strength Gains during Prolonged Resistance-Type Exercise Training in Healthy Young Men. J Nutr [Internet]. 2015;145 (6):1178-84. doi: 10.3945/jn.114.208371.
- [3] NM Cermak, PT Res, LC P G M de Groot, WH M Saris, LJ C van Loon. Protein supplementation augments the adaptive response of skeletal muscle to resistance-type exercise training: a meta-analysis. Am J Clin Nutr [Internet]. 2012; 96 (6) :1454-64. doi: 10.3945/ajcn.112.037556.
- [4] T B Symons, S E Schutzler, T L Cocke, DL Chinkes, RR Wolfe, D Paddon-Jones. Aging does not impair the anabolic response to a protein-rich meal. Am J Clin Nutr [Internet]. 2007; 86 (2) :451-6. doi: 10.1093/ajcn/86.2.451.
- [5] T. B Symons, M. Sheffield-Moore, M.M. Mamerow, R.R. Wolfe, D. Paddon-Jones. The anabolic response to resistance exercise and a protein-rich meal is not diminished by age. J Nutr Health Aging [Internet]. 2011; 15(5): 376–381. doi: 10.1007/s12603-010-0319-z.
- [6] S. Van Vliet, NA Burd, LJC van Loon. The Skeletal Muscle Anabolic Response to Plant- versus Animal-Based Protein Consumption. J. Nutr [Internet]. 2015; 145 : 1981–1991. doi: 10.3945 / jn.114.204305.
- [7] N A Burd, JE Tang, D R Moore, S M Phillips. Exercise training and protein metabolism: influences of contraction, protein intake, and sex-based differences. J Appl Physiol [Internet]. 2009;106 (5):1692-701. doi: 10.1152/jappphysiol.91351.2008.

- [8] SC Forbes, G J Bell. Whey protein isolate or concentrate combined with concurrent training does not augment performance, cardiorespiratory fitness, or strength adaptations. *J Sports Med Phys Fitness* [Internet]. 2020; 60 (6) :832-840. doi: 10.23736/S0022-4707.20.10314-1.
- [9] JJ Hulmi, M Laakso, AA Mero, K Häkkinen, JP Ahtiainen, H Peltonen. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet] 2015; 12:48. doi: 10.1186/s12970-015-0109-4.
- [10] MH Sharp, RP Lowery, KA Shields, JR Lane, JI Gris, JM Partl, DW Hayes, GJ Wilson, CA Hollmer, JR Minivich JM Wilson. The Effects of Beef, Chicken, or Whey Protein After Workout on Body Composition and Muscle Performance. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2018; 32(8):2233-2242. doi: 10.1519/JSC.0000000000001936.
- [11] WD Dudgeon, EP Kelley, TP Scheett. Effect of Whey Protein in Conjunction With a Caloric-Restricted Diet and Resistance Training. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2017; 31(5):1353-1361. doi: 10.1519/JSC.0000000000001196.
- [12] JM Joy, RM Vogel, KS Broughton, U Kudla, NY Kerr, JM Davison, R EC Wildman, NM DiMarco. Daytime and nighttime casein supplements similarly increase muscle size and strength in response to resistance training earlier in the day: a preliminary investigation. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2018;15;15(1):24. doi: 10.1186/s12970-018-0228-9.
- [13] P T Reidy, MS Borack, MM Markofski, JM Dickinson, R R Deer, S H Husaini, D K Walker, J Igbinigie, SM. Robertson, M B Cope, R Mukherjea, JM. Hall-Porter, K Jennings, E Volpi, BB. Rasmussen. Protein Supplementation Has Minimal Effects on Muscle Adaptations during Resistance Exercise Training in Young Men: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *J Nutr* [Internet]. 2016; 146(9):1660-9. doi: 10.3945/jn.116.231803.
- [14] H Hamarsland, V Handegard, M Kåshagen, HB Benestad, T Raastad. No Difference between Spray Dried Milk and Native Whey Supplementation with Strength Training. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2019;51(1):75-83. doi: 10.1249/MSS.0000000000001758.
- [15] R W Davies, J J Bass, BP Carson, C Norton, M Kozior, D J. Wilkinson, MS Brook, P J. Atherton, K Smith, PM Jakeman. The Effect of Whey Protein Supplementation on Myofibrillar Protein Synthesis and Performance Recovery in Resistance-Trained Men. *Nutrients* [Internet]. 2020; 12(3):845. doi: 10.3390/nu12030845.

- [16] Z Xia, JM Cholewa, D Dardevet, T Huang, Y Zhao, H Shang, Y Yang, X Ding, C Zhang, H Wang, S Liu, Q Su, N E Zanchi. Effects of oat protein supplementation on skeletal muscle damage, inflammation and performance recovery following downhill running in untrained collegiate men. *Food Funct* [Internet]. 2018; 9(9):4720-4729. doi: 10.1039/c8fo00786a.
- [17] M Fabre, C Hausswirth, E Tiollier, O Molle, J Louis, A Durguerian, N Neveux, X Bigard. Effects of Postexercise Protein Intake on Muscle Mass and Strength During Resistance Training: Is There an Optimal Ratio Between Fast and Slow Proteins?. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2017; 27 (5):448-457. doi: 10.1123/ijsnem.2016-0333.
- [18] A Hida, Y Hasegawa, Y Mekata, M Usuda, Y Masuda, H Kawano, Y Kawano. Effects of egg white protein supplementation on muscle strength and serum free amino acid concentrations. *Nutrients* [Internet]. 2012; 4(10): 1504-17. doi: 10.3390/nu4101504.
- [19] M Shirato, Y Tsuchiya, T Sato, S Hamano, T Gushiken, N Kimura, E Ochi. 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* [Internet]. 2016; 13:7. doi: 10.1186/s12970-016-0119-x.
- [20] K D Weisgarber, D G Candow, E SM Vogt. Whey protein before and during resistance exercise has no effect on muscle mass and strength in untrained young adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2012; 22 (6):463-9. doi: 10.1123/ijsnem.22.6.463.
- [21] PG. Saracino, H E Saylor, BR Hanna, RC Hickner, J-S Kim, MJ Ormsbee. Effects of Pre-Sleep Whey vs. Plant-Based Protein Consumption on Muscle Recovery Following Damaging Morning Exercise. *Nutrients* [Internet]. 2020; 12 (7):2049. doi: 10.3390/nu12072049.
- [22] R Hashimoto, A Sakai, M Murayama, A Ochi, T Abe, K Hirasaka, A Ohno, S Teshima-Kondo, H Yanagawa, N Yasui, M Inatsugi, D Doi, M Takeda, R Mukai, J Terao, T Nikawa. Effects of dietary soy protein on skeletal muscle volume and strength in humans with various physical activities. *J Med Invest* [Internet]. 2015; 62(3-4):177-83. doi: 10.2152/jmi.62.177.
- [23] P S Hwang, T L Andre, SK. McKinley-Barnard, F E M Marroquín, J J Gann, J J Song, D S Willoughby. Resistance Training-Induced Elevations in Muscular Strength in Trained Men Are Maintained After 2 Weeks of Detraining and Not Differentially Affected by Whey Protein Supplementation. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2017; 31 (4):869-881. doi: 10.1519/JSC.0000000000001807.

- [24] M M Farnfield, L Breen, KA Carey, A Garnham, D Cameron-Smith. Activation of mTOR signalling in young and old human skeletal muscle in response to combined resistance exercise and whey protein ingestion. *Appl Physiol Nutr Metab* [Internet]. 2012; 37(1):21-30. doi: 10.1139/h11-132.
- [25] F Naclerio, M Seijo, E Larumbe-Zabala, C P Earnest. Carbohydrates Alone or Mixing With Beef or Whey Protein Promote Similar Training Outcomes in Resistance Training Males: A Double-Blind, Randomized Controlled Clinical Trial. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2017; 27 (5):408-420. doi: 10.1123/ijsnem.2017-0003.
- [26] JR Hoffman, NA Ratamess, C P Tranchina, S L Rashti, J Kang, A D Faigenbaum. Effect of a proprietary protein supplement on recovery indices following resistance exercise in strength/power athletes. *Amino Acids* [Internet]. 2010; 38 (3):771-8. doi: 10.1007/s00726-009-0283-2.
- [27] RW Morton, KT Murphy, SR McKellar, BJ Schoenfeld, M Henselmans, E Helms, AA Aragon, MC Devries, L Banfield , JW Krieger, y col. A systematic review, meta-analysis and meta-regression of the effect of protein supplementation on resistance training-induced gains in muscle mass and strength in healthy adults. *Br. J. Sports Med* [Internet]. 2018; 52 : 376–384. doi: 10.1136 / bjsports-2017-097608.
- [28] S M Pasiakos, TM McLellan, H R Lieberman. The effects of protein supplements on muscle mass, strength, and aerobic and anaerobic power in healthy adults: a systematic review. *Sports Med* [Internet]. 2015;45 (1):111-31. doi: 10.1007/s40279-014-0242-2.