

Métodos de entrenamiento y aspectos nutricionales para el aumento de la masa muscular: una revisión sistemática

Javier Raya-González, Manuel Antonio Martínez Sánchez

Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad Isabel I. Burgos.

Recibido: 06.06.2019

Aceptado: 02.10.2019

Resumen

Introducción: El aumento de la masa muscular es uno de los principales retos de los entrenadores deportivos, ya sea para optimizar el rendimiento, por razones estéticas o para la mejora de la salud. Por ello, el objetivo de este trabajo fue analizar los métodos de entrenamiento y aspectos nutricionales de mayor importancia para el aumento de la masa muscular.

Material y método: Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos PubMed y Google Scholar usando los siguientes términos: "hypertrophy", "skeletal muscle", "strength" y "training"; y, por otro lado, "hypertrophy", "skeletal muscle" y "nutrition".

Resultados: Tras aplicar las estrategias de búsqueda, se obtuvieron un total de 322 artículos sobre métodos de entrenamiento y 269 respecto a estrategias nutricionales. Tras la lectura de título y resumen se eliminaron 238 y 212 artículos respectivamente. Finalmente, se seleccionaron 26 artículos sobre métodos de entrenamiento y 11 sobre estrategias nutricionales, los cuales cumplieron los criterios de inclusión, y fueron incluidos en esta revisión.

Conclusiones: Los resultados de este estudio sugieren la realización de un entrenamiento con cargas con las siguientes características: 3-5 series de 6-12 repeticiones realizadas en el rango de movimiento completo, con una intensidad cercana al fallo muscular (repeticiones en reserva de 0 a 2), con un volumen de entrenamiento semanal alto, y una frecuencia semanal de 3 días por grupo muscular, empleando varios ejercicios diferentes, combinando contracciones concéntricas y excéntricas, utilizando un foco atencional interno y con un descanso entre series de 2-3 minutos es el método más efectivo para el aumento de la masa muscular. Las estrategias nutricionales juegan un papel fundamental sobre el aumento de la masa muscular, siendo imprescindible un sobre aporte energético para que se produzca hipertrofia. Además, la ingesta de nutrientes como la proteína de suero de leche, la leucina y los ácidos grasos omega-3 favorecen la acreción proteica muscular.

Palabras clave:

Hipertrofia.
Entrenamiento con cargas.
Nutrición.

Training methods and nutritional considerations for the increase of muscle mass: a systematic review

Summary

Introduction: The increase of the muscle mass is one of the main challenges of the athletic trainers, either to optimize the performance, for esthetical reasons or for the health improvement. Therefore, the aim of this study was to analyse the training methods and nutritional aspects for the increase of muscle mass.

Material and method: A data search were conducted in PubMed and Google Scholar databases using the terms: "hypertrophy", "skeletal muscle", "strength" and "training"; on the other hand, "hypertrophy", "skeletal muscle" and "nutrition".

Results: After applying the search strategies, a total of 322 articles on training methods and 269 regarding nutritional strategies were obtained. After reading the title and abstract, 238 and 212 articles were eliminated, respectively. Finally, 26 articles on training methods and 11 on nutritional strategies were selected, which met the inclusion criteria and were included in this review.

Conclusions: The results of this study suggest carrying out a training with external loads with the following characteristics: 3-5 series of 6-12 repetitions, with an intensity close to muscle failure (repetitions in reserve of 0 to 2), with a high weekly training volume, and a weekly frequency of 3 days per muscle group, at full range of several different exercises, combining concentric and eccentric contractions, using an internal attentional focus, and with a rest between sets of 2-3 minutes. The nutritional strategies play a fundamental role on the increase of the muscular mass, being essential a high energetic contribution so that hypertrophy occurs. In addition, the intake of nutrients such as whey protein, leucine and omega-3 fatty acids favour muscle protein accretion.

Key words:

Hypertrophy.
Strength training. Nutrition.

Correspondencia: Javier Raya-González

E-mail: rayagonzalezjavier@gmail.com

Introducción

Actualmente, el aumento de la masa muscular es un objetivo perseguido por millones de personas en todo el mundo, desde culturistas, que buscan optimizar su composición corporal por razones estéticas, hasta halterófilos o deportistas cuyo objetivo es mejorar su rendimiento deportivo¹. Además, este aumento de la masa muscular también se ha buscado con fines saludables, principalmente para evitar la sarcopenia y los problemas derivados de ésta². Por todo ello, el aumento efectivo de la masa muscular se ha convertido en uno de los principales retos de los educadores deportivos.

Esta necesidad ha generado un aumento del interés por conocer los factores que conducen al aumento de la masa muscular¹. En este sentido, parece haber un consenso generalizado sobre cuáles son los factores determinantes del crecimiento muscular, entre los que se han identificado la tensión mecánica, el estrés metabólico y el daño muscular como los aspectos fundamentales que deben producirse durante un entrenamiento con cargas para generar el aumento de la masa muscular³.

Por otro lado, existe cierta controversia sobre cuáles son los métodos de entrenamiento más adecuados para optimizar de manera efectiva el aumento de la masa muscular en los diferentes contextos deportivos y poblacionales⁴. En esta línea, se han estudiado los efectos de la modulación de diferentes parámetros del entrenamiento, como son la intensidad y volumen de entrenamiento o los periodos de descanso y el tipo de contracción utilizada, aunque sin obtener resultados concluyentes¹. A pesar de ello, se ha observado que uno de los aspectos fundamentales para generar el incremento muscular es realizar los programas de entrenamiento hasta el fallo muscular, sin importar la carga utilizada⁵. Sin embargo, son necesarios más estudios que confirmen esta teoría, además de aplicarlos en diferentes poblaciones.

Estudios previos han demostrado que, junto con el entrenamiento, las estrategias nutricionales son fundamentales para optimizar el incremento de la masa muscular. En este sentido, el balance energético parece jugar un papel fundamental, siendo imprescindible generar situaciones de ingesta hipocalórica en los deportistas que pretenden incrementar su masa muscular⁶. En este sentido, tiene gran importancia la ingesta de proteínas, aunque no está del todo claro cuál es la cantidad mínima recomendada para este objetivo^{7,8}. Adicionalmente, se ha establecido que la incorporación de suplementación pre y post entrenamiento puede ayudar a la hipertrofia muscular, principalmente basada en leucina o aminoácidos ramificados⁹. A pesar de todo, no están del todo claros los principios nutricionales y ayudas ergogénicas ideales para optimización del proceso de aumento de la masa muscular.

Por ello, el objetivo de la presente revisión es analizar los métodos de entrenamiento y aspectos nutricionales de mayor importancia para el aumento de la masa muscular.

Material y método

Con el propósito de dar respuesta al objetivo del presente estudio, se realizó una revisión de la literatura de acuerdo con las líneas de recomendación para revisiones sistemáticas y meta-análisis PRISMA¹⁰. La búsqueda bibliográfica se llevó a cabo en los buscadores y bases de datos PubMed y Google Scholar, para la cual se emplearon, por un lado,

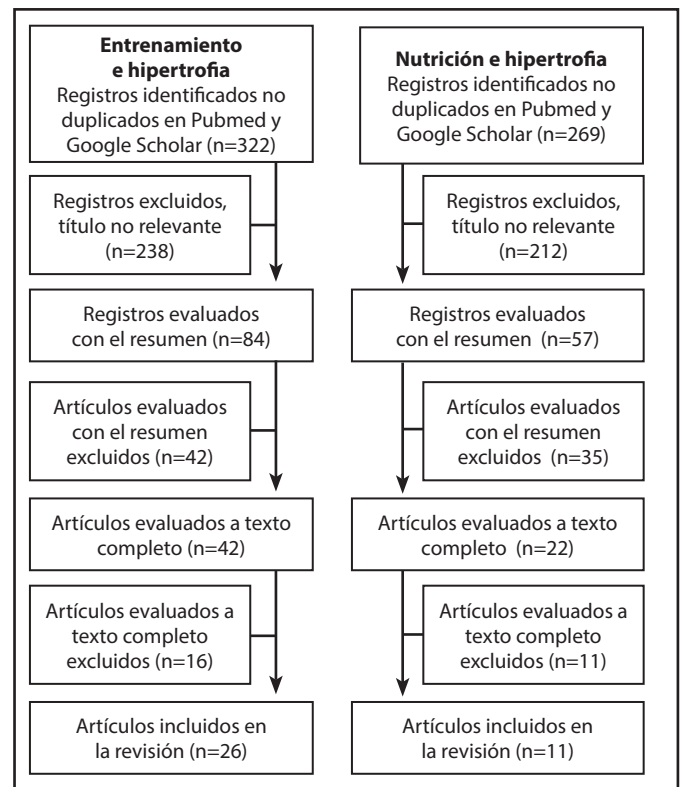
los términos "hypertrophy", "skeletal muscle", "strength" y "training", y por otro, "hypertrophy", "skeletal muscle" y "nutrition". Una vez que los artículos fueron elegidos se analizaron las referencias incluidas en los mismos, para identificar artículos susceptibles de ser incluidos en la revisión. Los criterios de inclusión utilizados fueron: (a) estudios en los que se analizó el impacto del entrenamiento y la nutrición en la hipertrofia muscular, (b) artículos publicados hace menos de 15 años, y (c) artículos publicados en revistas internacionales de impacto (*Journal Citation Report*). Los criterios de exclusión utilizados fueron: (a) estar escritos en otro idioma que no sea inglés, (b) artículos en los cuales la muestra no son seres humanos sanos, (c) artículos en los que la hipertrofia tratada no sea del músculo esquelético, (d) artículos donde se combinara el entrenamiento o la nutrición con el consumo de esteroides anabólicos u otras sustancias ilegales, (e) artículos que no realizaran una valoración pre-post.

Resultados

Métodos de entrenamiento

Un total de 322 resultados respondieron a la estrategia de búsqueda inicial en cuanto a entrenamiento e hipertrofia, una vez que se aplicaron los filtros anteriormente descritos. Tras la lectura de los títulos se eliminaron 238 artículos, por estar repetidos o no ajustarse a la temática analizada, y tras la lectura de los resúmenes se eliminaron 42. Los 42 restantes se leyeron a texto completo y 16 de ellos fueron eliminados, quedando así 26 artículos al finalizar el proceso de selección (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de flujo que describe el procedimiento de la revisión sistemática.



Los 26 trabajos escogidos fueron leídos y analizados en profundidad para realizar la revisión sistemática sobre los métodos de entrenamiento para el aumento de la masa muscular. La revisión estuvo compuesta por un total de 772 sujetos, con una media de 29 participantes por estudio. En 22 de los estudios incluidos, la muestra estuvo formada por hombres, en uno de ellos por mujeres, mientras que en los 3 restantes la formaron tanto hombres como por mujeres. En cuanto a las variables del entrenamiento, se estudió la carga de entrenamiento (4 artículos), intensidad

(3 artículos), el volumen semanal (1 artículo), el número de series por ejercicio (2 artículos), la frecuencia (4 artículos), el descanso entre series (2 artículos), el tipo de entrenamiento (2 artículos), el orden de los ejercicios (2 artículos), acción muscular (1 artículo), tipo de ejercicio (3 artículos), foco atencional (1 artículo) y el rango de movimiento (1 artículo). Por último, la media de duración de los programas de intervención fue de 10 a 12 semanas, siendo de 6 meses el programa de mayor duración y de 6 semanas el de menor duración (Tabla 1).

Tabla 1. Métodos de entrenamiento para el incremento de la masa muscular.

Estudio	Variable	Muestra	Intervención	Resultados
Holm <i>et al.</i> (2008)	Carga	n=12 jóvenes varones no entrenados	Selección cruzada intraindividual en la que todos los sujetos realizaron 3 entrenamientos contra resistencia a la semana, realizando con una pierna un protocolo de entrenamiento y, con la otra pierna, otro: A) Carga ligera: 36 repeticiones (1 repetición cada 5 segundos durante 1 minuto) con el 15,5% del 1RM. B) Carga pesada: 8 repeticiones por serie con el 70% del 1RM. 12 semanas	Incrementos significativos mayores de hipertrofia y fuerza en la pierna con la que se realizó entrenamiento con carga pesada.
Schoenfeld <i>et al.</i> (2014)	Carga	n=20 jóvenes varones entrenados 18-35 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Entrenamiento de tipo fuerza diseñado para inducir altos niveles de tensión mecánica (2-3 grupos musculares por sesión, con series de 8-12 repeticiones y un descanso entre series de 90 segundos). B) Entrenamiento de tipo hipertrofia diseñado para inducir altos niveles de estrés metabólico (todos los grupos musculares por sesión, con series de 2-4 repeticiones y un descanso entre series de 3 minutos). 8 semanas	No hubo diferencias significativas de volumen de entrenamiento por grupo muscular entre grupos. Tampoco se encontraron diferencias de hipertrofia entre grupos. Sin embargo, si existió un incremento mayor de la fuerza muscular en el entrenamiento de tipo fuerza.
Tanimoto <i>et al.</i> (2008)	Carga	n=36 jóvenes varones no entrenados 19,0 ± 1,5 años	Asignación aleatoria a uno de los tres grupos, 2 de entrenamiento contra resistencia (de cuerpo completo) y 1 de control: A) Grupo de entrenamiento de carga baja y velocidad de movimiento baja (55-60% 1RM con 3 segundos para acciones excéntricas y concéntricas). B) Grupo de entrenamiento de carga alta (80-90% 1RM con 1 segundo para acciones concéntricas y excéntricas). C) Grupo de control: no realizaron ningún tipo de entrenamiento. 13 semanas	Ambos grupos de entrenamiento sufrieron un aumento de la fuerza y masa muscular, sin diferencias significativas entre ambos grupos.
Schoenfeld <i>et al.</i> (2015)	Carga	n=24 jóvenes varones entrenados 18-33 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) De baja carga (25-35 repeticiones al 30-50% 1RM). B) De alta carga (8-12 repeticiones al 70-80% 1RM). 8 semanas	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre grupos. Sin embargo, si existió un aumento mayor de la fuerza absoluta y relativa en el entrenamiento con cargas elevadas, y un aumento mayor de resistencia muscular en el de con baja carga.
Sampson <i>et al.</i> (2016)	Intensidad	n=28 jóvenes varones sin experiencia	Asignación aleatoria a uno de los tres protocolos de entrenamiento contra resistencia (85% 1RM 3 días/semana): A) No fallo, máxima velocidad fase concéntrica B) No fallo, máxima velocidad fase concéntrica y excéntrica C) Fallo muscular 12 semanas	Similares ganancias de masa muscular siguiendo los 3 protocolos de entrenamiento con cargas.
Nóbrega <i>et al.</i> (2018)	Intensidad	n=32 jóvenes varones sin experiencia 23 ± 3,6 años	Asignación aleatoria a uno de los cuatro protocolos de entrenamiento contra resistencia (3 series al 80% 1RM): A) No fallo, baja intensidad. B) No fallo, alta intensidad. C) Fallo muscular, baja intensidad. D) Fallo muscular, alta intensidad. 6 semanas	Similares ganancias de masa muscular entrenando hasta el fallo muscular que cuando no se alcanzaba este, con independencia de la intensidad utilizada.

(Continúa)

Estudio	Variable	Muestra	Intervención	Resultados
Martorelli <i>et al.</i> (2017)	Intensidad	n=18 mujeres jóvenes sin experiencia 22 ± 3,3 años	Asignación aleatoria a uno de los 3 protocolos de entrenamiento contra resistencia (70% 1RM): A) Fallo muscular. B) No fallo, volumen igualado. C) No fallo muscular, volumen bajo. 10 semanas	Ganancias musculares similares cuando se alcanza o no se alcanza el fallo muscular al mantener el volumen de entrenamiento igualado.
Schoenfeld <i>et al.</i> (2019)	Volumen (series semanales)	n=34 jóvenes varones entrenados 18-35 años	Asignación aleatoria a uno de los tres protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Volumen bajo (de 6 a 9 series por grupo muscular a la semana). B) Volumen medio (de 18 a 27 series por grupo muscular a la semana). C) Volumen alto (de 30 a 45 series por grupo muscular a la semana). 8 semanas	Mayores incrementos de la masa muscular a medida que aumenta el volumen semanal de entrenamiento, mostrando una relación significativa de dosis-respuesta.
Radaelli <i>et al.</i> (2015)	Volumen (series por ejercicio)	n=48 jóvenes varones sin experiencia en el entrenamiento con pesas, aunque con experiencia en el entrenamiento militar tradicional 24,4 ± 0,9 años	Asignación aleatoria a uno de los cuatro grupos, 3 de entrenamiento contra resistencia (3 entrenamientos a la semana con al menos 48-72 horas de descanso entre sesiones) y 1 de control: A) Grupo que realizó 1 serie por ejercicio. B) Grupo que realizó 3 series por ejercicio. C) Grupo que realizó 5 series por ejercicio. D) Grupo de control: no realizaron el programa de entrenamiento con pesas, pero sí un programa tradicional militar de ejercicios con el propio peso corporal. 6 meses	Incrementos significativos mayores de hipertrofia en el grupo que realizó 5 series por ejercicio, con respecto al resto de grupos. También se observó un mayor aumento de la hipertrofia en el grupo que realizó 3 series por ejercicio, con respecto al grupo que tan solo realizó 1.
Sooneste <i>et al.</i> (2013)	Volumen (series por ejercicio)	n=8 jóvenes varones sedentarios no entrenados 19-29 años	Selección cruzada intraindividual en la que todos los sujetos realizaron 2 entrenamientos contra resistencia a la semana, realizando con un brazo un protocolo de entrenamiento y, con el otro brazo, otro: A) 3 series por sesión. B) 1 serie por sesión. 12 semanas	Incrementos significativos mayores de fuerza e hipertrofia en el brazo con el que se realizó 3 series por sesión.
Brigatto <i>et al.</i> (2019)	Frecuencia	n=20 jóvenes varones entrenados 19-35 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Frecuencia de 1 día a la semana cada grupo muscular. B) Frecuencia de 2 días a la semana cada grupo muscular. 8 semanas	No se observaron diferencias significativas en el aumento de la masa muscular al entrenar con una frecuencia semanal por grupo muscular de 1 o 2 días.
Zaroni <i>et al.</i> (2019)	Frecuencia	n=18 jóvenes varones entrenados 18-30 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Frecuencia de 1 día a la semana cada grupo muscular. B) Frecuencia de 5 días a la semana cada grupo muscular. 8 semanas	Incrementos de masa muscular significativamente mayores en el grupo que entrenó con una frecuencia de 5 días/semana respecto al grupo que lo hizo 1 día/semana, tanto en la musculatura del tren inferior como superior.
Saric <i>et al.</i> (2019)	Frecuencia	n=27 jóvenes varones entrenados mayores de 18 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Frecuencia de 3 días a la semana cada grupo muscular. B) Frecuencia de 6 días a la semana cada grupo muscular. 6 semanas	No se observaron diferencias significativas en el aumento de la masa muscular al entrenar con una frecuencia semanal por grupo muscular de 3 o 6 días.
Schoenfeld <i>et al.</i> (2015)	Frecuencia	n=20 jóvenes varones entrenados 19-29 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Frecuencia de 1 día a la semana cada grupo muscular. B) Frecuencia de 3 días a la semana cada grupo muscular. 8 semanas	Mayores incrementos significativos de hipertrofia en el grupo que entrenó cada grupo muscular 3 días a la semana.
Buresh <i>et al.</i> (2009)	Descanso entre series	n=12 jóvenes varones no entrenados 19-27 años	Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de descanso de entrenamiento contra resistencia: A) Descanso entre series de 1 minuto. B) Descanso entre series de 2,5 minutos 10 semanas	Incrementos significativos de una mayor hipertrofia en el grupo con intervalos de descanso más largos, sin diferencias en términos de fuerza.

(Continúa)

Estudio	Variable	Muestra	Intervención	Resultados
Schoenfeld et al. (2016)	Descanso entre serie	n=23 jóvenes varones entrenados 18-35 años	Todos realizaron 3 entrenamientos a la semana de cuerpo completo compuestos por 3 series de 8-12 repeticiones de 7 ejercicios diferentes por sesión. Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de descanso de entrenamiento contra resistencia: A) Descanso entre series de 1 minuto. B) Descanso entre series de 3 minutos. 8 semanas	Incremento no muy significativo mayor de adición de carga en el grupo con descansos más largos. Incrementos significativos de una mayor hipertrofia y fuerza máxima en el grupo con intervalos de descanso más largos.
Fonseca et al. (2014)	Tipo de entrenamiento	n=70 jóvenes varones no entrenados 26,1 ± 4,3 años	Asignación aleatoria a uno de los cinco grupos, 4 de entrenamiento contra resistencia de miembro inferior orientado a la hipertrofia (2 sesiones por semana, 6-10 repeticiones por serie) y 1 de control: A) Ejercicio e intensidad constante: sentadillas a 8 repeticiones. B) Ejercicio variado e intensidad constante: sentadillas, press de piernas, peso muerto y lunges a 8 repeticiones. C) Ejercicio constante e intensidad variada: sentadilla a 6-10 repeticiones. D) Ejercicio variado e intensidad variada: sentadillas, press de piernas, peso muerto y lunges a 6-10 repeticiones. E) Grupo de control: no realizaron ningún tipo de entrenamiento. 12 semanas	Incrementos significativos mayores de hipertrofia en el grupo que realizó ejercicio variado, tanto con intensidad variada como con intensidad constante, presentando este último mayores ganancias de fuerza.
Stasinaki et al. (2015)	Tipo de entrenamiento	n=25 jóvenes varones entrenados 21,9 ± 1,9 años	Asignación aleatoria a uno de los tres grupos de entrenamiento contra resistencia: A) Grupo de entrenamiento compuesto: 3 entrenamientos a la semana, alternando sesiones de baja velocidad y alta carga (fuerza) con sesiones de alta velocidad y baja carga (potencia). B) Grupo de entrenamiento complejo: 3 entrenamientos a la semana, incluyendo trabajos de fuerza y potencia en todas las sesiones. C) Grupo de control: no realizaron ningún tipo de entrenamiento. 6 semanas	Incrementos significativos mayores de fuerza e hipertrofia en el grupo que realizó entrenamiento complejo. Por el contrario, el grupo de entrenamiento compuesto mostró un incremento mayor en niveles de potencia.
Fisher et al. (2014)	Orden de los ejercicios	n=41 hombres y mujeres entrenados	Todos los sujetos entrenaron 2 días a la semana, con una única serie e intensidad moderada de carga hasta el fallo muscular. Asignación aleatoria a uno de los tres protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Grupo entrenado con ejercicios aislados, progresando hacia ejercicios compuestos, sin descanso entre ejercicios. B) Grupo entrenado con ejercicios aislados, progresando hacia ejercicios compuestos, con descanso entre ejercicios. C) Grupo de control, entrenado con ejercicios compuestos, progresando hacia ejercicios aislados, con descanso. 12 semanas	No se encontraron diferencias significativas de hipertrofia entre grupos.
Spinetti et al. (2010)	Orden de los ejercicios	n=30 jóvenes varones entrenados 22-30 años	Asignación aleatoria a uno de los tres grupos, 2 de entrenamiento contra resistencia (2 sesiones por semana con al menos un descanso entre sesiones de 72 horas) y 1 de control: A) Grupo entrenado con ejercicios de grupos musculares grandes, progresando hacia ejercicios de grupos musculares pequeños. B) Grupo entrenado con ejercicios de grupos musculares pequeños, progresando hacia los de grupos musculares grandes. C) Grupo de control: no realizaron el programa de entrenamiento con pesas, pero sí un programa tradicional militar. 12 semanas	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre grupos.
Reeves et al. (2009)	Tipo de acción muscular	n=19 hombres y mujeres mayores no entrenados 65-77 años	Todos realizaron 3 entrenamientos a la semana trabajando a 5 repeticiones con el 80% del 1RM. Asignación aleatoria a uno de los dos protocolos de entrenamiento contra resistencia: A) Entrenamiento convencional: realizando contracciones concéntricas y excéntricas. B) Entrenamiento excéntrico: realizando tan solo contracciones excéntricas. 14 semanas	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre grupos, aunque las adaptaciones en la arquitectura y fuerza del músculo fueron distintas.

(Continúa)

Estudio	Variable	Muestra	Intervención	Resultados
Paoli <i>et al.</i> (2017)	Tipo de ejercicio	n=36 hombres deportistas sin experiencia en entrenamiento de fuerza 28 ± 4,5 años	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos de entrenamiento contra resistencia: A) Basado en ejercicios uniarticulares. B) Basado en ejercicios multiarticulares.	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre ambos grupos a pesar de utilizar ejercicios de diferente tipo.
De França <i>et al.</i> (2015)	Tipo de ejercicio	n=20 hombres entrenados 28 ± 4,5 años	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos de entrenamiento contra resistencia: A) Basado en ejercicios uniarticulares y multiarticulares. B) Basado en ejercicios multiarticulares.	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre ambos grupos.
Gentil <i>et al.</i> (2015)	Tipo de ejercicio	n=29 hombres sin experiencia en entrenamiento de fuerza 28 ± 4,5 años	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos de entrenamiento contra resistencia: A) Basado en ejercicios uniarticulares. B) Basado en ejercicios multiarticulares	No hubo diferencias significativas de hipertrofia entre ambos grupos a pesar de utilizar ejercicios de diferente tipo.
Schoenfeld <i>et al.</i> (2018)	Foco atencional	n=30 varones universitarios 18-35 años	Asignación aleatoria a uno de los 2 grupos, (3 sesiones por semana con 4 series 8-10 repeticiones): A) Foco interno (centrado en la contracción muscular). B) Foco externo (centrado en la resistencia a movilizar). 8 semanas	Incrementos significativos de una mayor hipertrofia en el grupo de foco interno tanto en la musculatura flexora del codo como en la musculatura del cuádriceps.
McMahon <i>et al.</i> (2014)	Rango de movimiento	n=26 jóvenes hombres y mujeres físicamente activos 18-26 años	Asignación aleatoria a uno de los tres grupos, 2 de entrenamiento contra resistencia (3 sesiones por semana con 3 series al 80% 1RM) y 1 de control: A) Grupo entrenado con ROM parcial. B) Grupo entrenado con ROM completo. C) Grupo de control: no realizaron ningún tipo de entrenamiento. 8 semanas	Incrementos significativos de una mayor hipertrofia en el grupo que entreno con un rango de movimiento completo.

Estrategias nutricionales

Un total de 269 resultados respondieron a la estrategia de búsqueda inicial en cuanto a nutrición e hipertrofia, una vez que se aplicaron los filtros anteriormente descritos. Tras la lectura de los títulos se eliminaron 212 artículos y tras la lectura de los resúmenes se eliminaron 35. Los 22 restantes se leyeron a texto completo y 11 de ellos fueron eliminados, quedando así 11 artículos al finalizar el proceso de selección (Figura 1).

Los 11 trabajos escogidos fueron leídos y analizados en profundidad para realizar la revisión sistemática sobre los aspectos nutricionales para el aumento de la masa muscular. La revisión estuvo compuesta por un total de 1.071 sujetos, con una media de 97 participantes por estudio. En 9 de los estudios incluidos, la muestra estuvo formada por hombres, mientras que, en los 2 restantes, la formaron tanto hombres como por mujeres. Por otra parte, la mayoría de los artículos presentaron un periodo de intervención de 12 semanas. Así mismo, la mayor duración de una intervención fue de 40 meses, mientras que la menor duración fue de 4 semanas (Tabla 2).

Discusión

El objetivo de este estudio fue analizar los métodos de entrenamiento y aspectos nutricionales de mayor importancia para el aumento de la masa muscular.

Métodos de entrenamiento

En relación a la carga de entrenamiento, se observó un aumento de la masa muscular con cargas muy diversas, desde cargas muy ligeras¹¹, bajas^{12,13} o medias¹⁴, hasta cargas altas^{11,12,14} o muy altas¹³. Tan solo se observaron diferencias entre cargas en el estudio realizado por Holm *et al.*¹¹, mostrando un mayor incremento de masa muscular en los sujetos que entrenaban con cargas más pesadas. Esto indica la necesidad de individualizar la carga a los requerimientos de cada deportista, así como la importancia de utilizar un amplio rango de cargas, favoreciendo los diferentes tipos de adaptaciones.

Diversos autores han postulado que se necesita alcanzar el fallo muscular para maximizar el crecimiento muscular^{15,16}. Sin embargo, recientes estudios realizados tanto con hombres como con mujeres han mostrado que no es necesario alcanzarlo, y que entrenar a una intensidad cercana a este (terminando la serie 2-3 repeticiones antes de alcanzar el fallo) produce efectos similares en el aumento de la masa muscular comparado con entrenar llegando al fallo muscular real¹⁷⁻¹⁹. En este sentido, Zourdos *et al.*²⁰ propusieron el concepto de repetición en reserva (RIR), el cual indica el número de repeticiones que podría realizar un sujeto al finalizar cada serie, siendo una RIR de 0 el fallo muscular real, mientras que un RIR de 2 implicaría acabar la serie dos repeticiones antes de alcanzar el fallo muscular. Sin embargo, se necesita que los sujetos se familiaricen con este concepto para poder aplicarlo de manera fiable

Tabla 2. Estrategias nutricionales para el incremento de la masa muscular.

Estudio	Temática	Muestra	Intervención	Resultados
Boone <i>et al.</i> (2015)	Suplementación proteínica	n=20 jóvenes varones no entrenados 21,4 ± 1,9 años	Todos realizaron un entrenamiento contra resistencia (3 sesiones a la semana en días no consecutivos, 3 series por ejercicio de 8-10 repeticiones al 80% del 1RM). Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales: A) Ingesta de proteína. B) Ingesta de placebo. 4 semanas	Ambos grupos mostraron un aumento de la fuerza y masa muscular, sin diferencias significativas entre ambos grupos.
Chappell, Simper y Barker (2018)	Hábitos nutricionales	n=51 hombres y mujeres competidores de culturismo natural	Se recogieron las prácticas dietéticas de cada uno de los culturistas, para ello tuvieron que completar un cuestionario de 34 ítems que evaluaba la dieta en tres momentos. 22 ± 9 semanas	La nutrición de los culturistas reflejó unos hábitos nutricionales que destacaban por un alto consumo de carbohidratos y proteínas, y un bajo consumo de grasas.
Farup <i>et al.</i> (2014)	Suplementación proteínica	n=22 jóvenes varones	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales: A) Ingesta de un hidrolizado de proteína de suero de leche, con alto contenido de leucina, con carbohidratos. B) Ingesta de carbohidratos. A su vez, en dichos grupos se llevó a cabo una selección cruzada intraindividual en la que los sujetos realizando con una pierna un protocolo de entrenamiento y, con la otra pierna, otro: A) Contracciones concéntricas. B) Contracciones excéntricas. 12 semanas	Incrementos significativos mayores de hipertrofia en el grupo que consumió el hidrolizado de proteína de suero con alto contenido de leucina, independientemente del modo de contracción.
Garthe <i>et al.</i> (2013)	Balance energético	n=47 atletas de élite 17-31 años	Todos continuaron su entrenamiento específico del deporte, incluyendo cuatro entrenamientos adicionales de hipertrofia por semana. Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales: A) Grupo con asesoramiento nutricional: siguiendo un plan alimentación que proporcionaba un balance de energía positivo (+500 kcal/día). B) Grupo "ad libitum": ingesta de energía a su gusto. 8-12 semanas	Incrementos mayores de masa libre de grasa en el grupo que consumió el subreaporte calórico, acompañados también de un aumento mayor de los depósitos grasos.
Hulmi <i>et al.</i> (2015)	Proteína de suero de leche y carbohidratos	n=86 hombres físicamente activos	Asignación aleatoria a uno de los tres grupos nutricionales post-entrenamiento: A) 30 g. de proteína de suero de leche. B) Carbohidratos isocalóricos. C) Proteína de suero de leche e hidratos. A su vez, en dichos grupos se llevó a cabo una asignación aleatoria a uno de los dos posibles métodos de entrenamiento (ambos entrenamientos de cuerpo completo, con 2-3 sesiones por semana): A) Entrenamiento de fuerza máxima: 4-6 repeticiones al 86-95% del 1 RM. B) Entrenamiento de hipertrofia muscular: 8-12 repeticiones al 75-85% del 1 RM. 12 semanas	Incremento de la masa libre de grasa y la fuerza por el entrenamiento, sin diferencias entre grupos de nutrición post-entrenamiento. Dicho incremento de la masa libre se grasa fue ligeramente mayor en el grupo que consumió proteínas después de entrenar, debido a un aumento relativo, ya que se produjo una disminución de la grasa abdominal en este grupo
Kukuljan <i>et al.</i> (2009)	Suplementación: leche fortificada	n=180 hombres adultos 50-79 años	Asignación aleatoria a uno de los cuatro grupos de estudio: A) Entrenamiento + Leche fortificada. B) Entrenamiento. C) Leche fortificada. D) Grupo de control. 18 meses	El consumo de leche fortificada no demostró ningún beneficio adicional en términos de fuerza e hipertrofia. El aumento en la fuerza e hipertrofia que se produjo fue asociada al entrenamiento y no a la suplementación.
Rahbek <i>et al.</i> (2014)	Suplementación: proteínas y carbohidratos	n=24 jóvenes varones físicamente activos 23.9 ± 0.8 años	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales: A) Ingesta de un hidrolizado de proteína de suero y carbohidratos. B) Ingesta de carbohidratos isocalóricos. A su vez, en dichos grupos se llevó a cabo una asignación aleatoria a uno de los dos posibles tipos de entrenamiento: A) De contracciones concéntricas. B) De contracciones excéntricas. 12 semanas	Independientemente del tipo de contracción entrenado, se produjo un incremento significativo mayor de hipertrofia, señal anabólica y síntesis de proteína muscular, en el grupo que consumió el hidrolizado de proteína de suero y carbohidratos.

(Continúa)

Estudio	Temática	Muestra	Intervención	Resultados
Smith <i>et al.</i> (2011)	Ácidos grasos omega-3	n=16 hombres y mujeres de edad avanzada 65 años o más	Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales post-entrenamiento: A) Ingesta de ácidos grasos omega-3. B) Ingesta de aceite de maíz. 8 semanas	La suplementación con ácidos grasos omega-3 provocó un aumento en la acreción de proteínas musculares, siendo esta misma insignificante con la ingesta de aceite de maíz.
Snijders <i>et al.</i> (2015)	Proteínas antes de dormir	n=44 jóvenes varones físicamente activos 22 ± 1 años	Todos realizaron un entrenamiento contra resistencia (3 sesiones a la semana, incrementándose gradualmente la carga desde 10-15 repeticiones al 70% del 1RM hasta 8-10 repeticiones al 80% de 1RM). Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales de antes del sueño: A) Ingesta de proteína. B) Ingesta de placebo. 12 semanas	Incrementos significativamente mayores de masa muscular y fuerza en el grupo que realizó una ingesta de proteína antes de dormir.
Verdijk <i>et al.</i> (2009)	Suplementación proteínica	n=28 hombres de edad avanzada 72 ± 2 años	Todos realizaron un entrenamiento contra resistencia (3 sesiones a la semana, incrementándose gradualmente la carga desde 10-15 repeticiones al 60% del 1RM hasta 8-10 repeticiones al 75% de 1RM). Asignación aleatoria a uno de los dos grupos nutricionales para antes y después de cada sesión: A) Ingesta de proteína. B) Ingesta de placebo. 12 semanas	Ambos grupos mostraron un aumento de la fuerza y masa muscular, sin diferencias significativas entre ambos grupos.
Wardenaar <i>et al.</i> (2017)	Macronutrientes	n=553 atletas bien entrenados 17-31 años	Se obtuvieron cuestionarios y recordatorios dietéticos a 24 horas de cada atleta, con el objetivo de comparar, entre categorías de disciplina, la energía total y la ingesta de macronutrientes. 40 meses	Los atletas de fuerza fueron los que mayor cantidad de proteínas consumían.

durante el entrenamiento²¹. A pesar de todo, existen momentos en los que puede ser interesante alcanzar el fallo muscular real, como cuando se entrena con cargas bajas, en la primera serie de un programa de entrenamiento o en bloques de entrenamiento pequeños (máximo de 4 semanas) así como con frecuencias semanales de entrenamiento bajas, debido al gran tiempo de recuperación que requiere esta práctica²². El hecho de no seguir estas indicaciones respecto al entrenamiento alcanzando el fallo muscular puede afectar negativamente en el rendimiento de los deportistas, incrementando las posibilidades de sufrir el síndrome de sobreentrenamiento o un burnout psicológico²³.

Respecto al volumen de entrenamiento, definido como el número de series que se dedican semanalmente a cada grupo muscular, se observa que existe una tendencia al aumento de la hipertrofia cuando se aumenta este volumen semanal. En este sentido Schoenfeld *et al.*²⁴ observaron una relación significativa de dosis-respuesta entre el volumen de entrenamiento semanal y el aumento de la masa muscular. Al entrenar con sujetos desentrenados se aprecia la misma tendencia, aunque sin diferencias significativas entre los diferentes volúmenes de entrenamiento, por lo que es aconsejable adaptar este volumen a las características individuales de cada deportista, debiendo ser este mayor cuanto mayor sea el nivel del deportista. Por otro lado, en relación al número de series por ejercicio se observó que los niveles de hipertrofia fueron mayores en aquellos protocolos de entrenamiento que realizaron más series (3-5 series) por ejercicio^{25,26}. En ambos estudios se recomienda aumentar los volúmenes de entrenamiento conforme mayor sea la experiencia de los deportistas en relación al entrenamiento con cargas, siguiendo el principio de progresión de la carga²⁷.

La frecuencia semanal de entrenamiento parece ser un aspecto importante para el aumento de la masa muscular. Brigatto *et al.*²⁸ observaron que no existían diferencias significativas en cuanto al aumento de la masa muscular tras entrenar cada grupo muscular con una frecuencia semanal de 1 o 2 días. Sin embargo, al aumentar sustancialmente la frecuencia de entrenamiento semanal para cada grupo muscular (1 día vs. 5 días, con el mismo volumen total), Zaroni *et al.*²⁹ observaron un incremento mayor en el grupo que entreno 5 días a la semana cada grupo muscular. En esta línea, en el estudio llevado a cabo por Schoenfeld *et al.*³⁰ se evidenció un mayor aumento de la masa muscular en aquellos sujetos con una frecuencia de entrenamiento mayor (1 día vs. 3 días, con el mismo volumen total). Por último, Saric *et al.*³¹ observaron un aumento de masa muscular similar al entrenar cada grupo muscular 3 o 6 días a la semana. Por todo esto, entrenar cada grupo muscular 3 veces a la semana parece ser una frecuencia adecuada y suficiente para optimizar el aumento de la masa muscular. En este sentido, las rutinas de cuerpo completo podrían ser una buena opción para aumentar la frecuencia semanal de entrenamiento para cada grupo muscular.

Atendiendo al descanso entre series, no se observaron diferencias significativas al aplicar diferentes tiempos de descanso entre series^{32,33}. Sin embargo, Schoenfeld *et al.*³³ postularon que aplicando periodos de descanso entre series mayores (2-3 minutos) se facilita la realización volúmenes de entrenamiento más altos, y consecuentemente, un mayor aumento de la masa muscular.

Varios estudios han mostrado mayores aumentos de masa muscular en aquellos sujetos que realizaron sesiones más variadas en cuanto a número y tipo de ejercicios^{34,35}, aunque que no se han observado

diferencias en el aumento de la masa muscular al variar el orden de los ejercicios dentro de la misma sesión de entrenamiento^{36,37}. Por otro lado, Reeves *et al.*³⁸ demostraron que tanto las contracciones concéntricas como las excéntricas producen un similar crecimiento muscular, aunque cada tipo de contracción da lugar diferentes respuestas y adaptaciones musculares. Por ello, se recomienda incorporar ambos tipos de contracciones en las sesiones de entrenamiento.

Estudios previos han mostrado que no existen diferencias en el incremento de la masa muscular al utilizar ejercicios uniarticulares o multiarticulares^{39,40}. Incluso se ha estudiado si el hecho de incluir ejercicios uniarticulares de manera adicional a programas de entrenamiento basados en ejercicios de carácter multiarticular producían mayores aumentos en el nivel de hipertrofia, sin obtener resultados significativos⁴¹. Estas evidencias sugieren que los ejercicios uniarticulares y multiarticulares son igual de efectivos para el aumento de la masa muscular, por lo que la selección del tipo de ejercicio debe realizarse en base a las necesidades individuales de cada deportista, como el tiempo y el equipamiento disponible, la especificidad de los movimientos o las preferencias de cada deportista.

Otro aspecto a tener en cuenta es la orientación del foco atencional durante los programas de entrenamiento de fuerza desarrollados con el objetivo de aumentar la masa muscular. A pesar de que existe poca evidencia al respecto, Schoenfeld *et al.*⁴² observaron un mayor nivel de hipertrofia cuando el foco atencional era de carácter interno (es decir, el individuo piensa en los movimientos de su propio cuerpo durante la ejecución de los ejercicios). Esto parece ser debido a existencia de una conexión "mente-músculo", por lo que se recomienda visualizar el músculo objetivo y dirigir conscientemente el impulso neural a este, para así aumentar su activación.

Por último, se ha evidenciado que realizar los ejercicios de fuerza cumpliendo con un rango de movimiento completo produce un mayor incremento en el crecimiento muscular, debido principalmente a que los músculos se ven expuesto a diferentes estímulos y adaptaciones en cada ángulo del rango de movimiento⁴³.

Estrategias nutricionales

En relación al balance energético, Garthe *et al.*⁴⁴ demostraron que combinar un programa de entrenamiento de fuerza junto con un sobre aporte energético mejora el efecto anabólico, produciendo ganancias de masa libre de grasa. En esta línea, Chappell *et al.*⁴⁵ observaron que los culturistas presentaban unos hábitos nutricionales que destacaban por un alto consumo de carbohidratos y proteínas, así como un bajo consumo de grasas. A pesar de ello, el consumo excesivo de energía debe ser considerado profundamente por los posibles efectos adversos sobre el aumento en los niveles de grasa corporal⁴⁶.

Al analizar el efecto de combinar la suplementación con proteína junto al entrenamiento con cargas en sujetos no entrenados, diversos estudios han mostrado que no se consigue un mayor aumento de la masa muscular en comparación con la realización única del entrenamiento⁴⁷⁻⁵⁰. Por el contrario, Farup *et al.*⁹ y Rahbek *et al.*⁵¹ observaron mayores aumentos de la masa muscular tras la suplementación mediante un hidrolizado de proteína de suero de leche con elevado contenido de leucina, combinado con carbohidratos, demostrándose este aminoá-

cido como un potente favorecedor de la síntesis de proteína muscular. Además, se ha observado que la ingesta de suplementación basada en proteínas antes del sueño representa una estrategia dietética eficaz para aumentar la masa muscular durante el desarrollo de programas de entrenamiento con cargas⁵².

En cuanto a los ácidos grasos, Smith *et al.*⁵³ demostraron que la suplementación con ácidos grasos omega-3 provocaba un aumento en la acreción de proteínas musculares.

Conclusión

Los resultados obtenidos sugieren que la realización de un entrenamiento con cargas con las siguientes características: 3-5 series de 6-12 repeticiones realizadas en el rango de movimiento completo, con una intensidad cercana al fallo muscular (RIR 0 a 2), con un volumen de entrenamiento semanal alto, y una frecuencia semanal de 3 días por grupo muscular, empleando varios ejercicios diferentes, combinando contracciones concéntricas y excéntricas, utilizando un foco atencional interno y con un descanso entre series de 2-3 minutos es el método más efectivo para el aumento de la masa muscular. Por otro lado, se sugiere un sobre aporte calórico basado en el consumo de leucina y ácidos grasos omega-3, así como incluir una ingesta de proteína de suero de leche antes de dormir.

Conflicto de interés

Los autores no declaran conflicto de interés alguno.

Bibliografía

- Schoenfeld BJ. The mechanisms of muscle hypertrophy and their application to resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2857-72.
- Tesch PA, Fernandez-Gonzalo R, Lundberg TR. Clinical applications of iso-inertial, eccentric-overload (YoYo™) resistance exercise. *Front Physiol.* 2017;8:241.
- Ahtiainen JP, Pakarinen A, Alen M, Kraemer WJ, Häkkinen K. Muscle hypertrophy, hormonal adaptations and strength development during strength training in strength-trained and untrained men. *Eur J Appl Physiol.* 2003;89(6):555-63.
- Csapo R, Alegre LM. Effects of resistance training with moderate vs heavy loads on muscle mass and strength in the elderly: A meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26(9):995-1006.
- Dinyer TK, Byrd MT, Garver MJ, Rickard AJ, Miller WM, Burns E, et al. Low-load vs. high-load resistance training to failure on one repetition maximum strength and body composition in untrained women. *J Strength Cond Res.* (Ahead of print).
- Lambert CP, Frank LL, Evans WJ. Macronutrient considerations for the sport of bodybuilding. *Sports Med.* 2004;34(5):317-27.
- Schoenfeld B. *Science and Development of Muscle Hypertrophy.* Champaign: Human Kinetics; 2016. p.29.
- Cholewa J, Trexler E, Lima-Soares F, de Araujo-Pessoa K, Sousa-Silva S, Santos AM, et al. Effects of dietary sports supplements on metabolite accumulation, vasodilation and cellular swelling in relation to muscle hypertrophy: A focus on "secondary" physiological determinants. *Nutrition.* 2019;60:241-51.
- Farup J, Rahbek SK, Vendelbo MH, Matzon A, Hindhede J, Bejder A, et al. Whey protein hydrolysate augments tendon and muscle hypertrophy independent of resistance exercise contraction mode. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(5):788-98.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG, PRISMA Group. Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med.* 2009;6(7):e1000097.
- Holm L, Reitelsheder S, Pedersen TG, Doessing S, Petersen SG, Flyvbjerg A, et al. Changes in muscle size and MHC composition in response to resistance exercise with heavy and light loading intensity. *J Appl Physiol.* 2008;105(5):1454-61.

12. Schoenfeld BJ, Peterson MD, Ogborn D, Contreras B, Sonmez GT. Effects of low- vs. high-load resistance training on muscle strength and hypertrophy in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(10):2954-63.
13. Tanimoto M, Sanada K, Yamamoto K, Kawano H, Gando Y, Tabata I, et al. Effects of whole-body low-intensity resistance training with slow movement and tonic force generation on muscular size and strength in young men. *J Strength Cond Res.* 2008; 22(6):1926-38.
14. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Sonmez GT, Alvar BA. Effects of different volume-equated resistance training loading strategies on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2014;28(10):2909-18.
15. Fisher J, Steele J. Evidence-based resistance training recommendations for muscular hypertrophy. *Med Sport.* 2013;17(4):217-35.
16. Willardson JM, Norton L, Wilson G. Training to failure and beyond in mainstream resistance exercise programs. *Strength Cond J.* 2010;32(3):21-9.
17. Sampson JA, Groeller H. Is repetition failure critical for the development of muscle hypertrophy and strength? *Scand J Med Sci Sports.* 2016;26(4):375-83.
18. Nóbrega SR, Ugrinowitsch C, Pintanel L, Barcelos C, Libardi CA. Effect of resistance training to muscle failure vs. volitional interruption at high- and low-intensities on muscle mass and strength. *J Strength Cond Res.* 2018;32(1):162-9.
19. Martorelli S, Cadore EL, Izquierdo M, Celes R, Martorelli A, Cleto VA, et al. Strength training with repetitions to failure does not provide additional strength and muscle hypertrophy gains in young women. *Eur J Transl Myol.* 2017;27(2):6339.
20. Zourdos MC, Klemp A, Dolan C, Quiles J, Schau K, Jo E, et al. Novel resistance training-specific rating of perceived exertion scale measuring repetitions in reserve. *J Strength Cond Res.* 2016;30(1):267-75.
21. Hackett DA, Johnson NA, Halaki M, Chow C-M. A novel scale to assess resistance-exercise effort. *J Sports Sci.* 2012;30(13):1405-13.
22. Schoenfeld B, Grgic J. Does training to failure maximize muscle hypertrophy? *Strength Cond J.* (Ahead of print).
23. Fry AC, Kraemer WJ. Resistance exercise overtraining and overreaching. *Sport Med.* 1997;23(2):106-29.
24. Schoenfeld BJ, Contreras B, Krieger J, Grgic J, Delcastillo K, Belliard R, et al. Resistance training volume enhances muscle hypertrophy but not strength in trained men. *Med Sci Sports Exerc.* 2019;51(1):94-103.
25. Radaelli R, Fleck SJ, Leite T, Leite R, Pinto R, Fernandes L, et al. Dose-response of 1, 3, and 5 sets of resistance exercise on strength, local muscular endurance, and hypertrophy. *J Strength Cond Res.* 2015;29(5):1349-58.
26. Sooneste H, Tanimoto M, Kakigi R, Saga N, Katamoto S. Effects of training volume on strength and hypertrophy in young men. *J Strength Cond Res.* 2013;27(1):8-13.
27. Grosser M, Luldjuraj P, Starischka S, Zimmermann E. *Principios del entrenamiento deportivo.* Martínez Roca; 1988.
28. Brigatto FA, Braz TV, Zanini TC da C, Germano M, Aoki M, Schoenfeld B, et al. Effect of resistance training frequency on neuromuscular performance and muscle morphology after 8 weeks in trained men. *J Strength Cond Res.* 2019;33(8):2104-16.
29. Zaroni RS, Brigatto FA, Schoenfeld BJ, Braz T, Benvenuti J, Germano M, et al. High resistance-training frequency enhances muscle thickness in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2019;33:5140-5151.
30. Schoenfeld BJ, Ratamess NA, Peterson MD, Contreras B, Tiriyaki-Sonmez G. Influence of resistance training frequency on muscular adaptations in well-trained men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(7):1821-9.
31. Saric J, Lisica D, Orlic I, Grgic J, Krieger J, Vuk S, et al. resistance training frequencies of 3 and 6 times per week produce similar muscular adaptations in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2019;33:5122-5129.
32. Buresh R, Berg K, French J. The effect of resistive exercise rest interval on hormonal response, strength, and hypertrophy with training. *J Strength Cond Res.* 2009;23(1):62-71.
33. Schoenfeld BJ, Pope ZK, Benik FM, Hester GM, Sellers J, Noonan J, et al. Longer intersert rest periods enhance muscle strength and hypertrophy in resistance-trained men. *J Strength Cond Res.* 2016;30(7):1805-12.
34. Fonseca RM, Roschel H, Tricoli V, de Souza EO, Wilson JM, Laurentino GC, et al. Changes in exercises are more effective than in loading schemes to improve muscle strength. *J Strength Cond Res.* 2014;28(11):3085-92.
35. Stasinaki A-N, Gloumis G, Spengos K, Blazevich AJ, Zaras N, Georgiadis G, et al. Muscle strength, power, and morphologic adaptations after 6 weeks of compound vs. complex training in healthy men. *J Strength Cond Res.* 2015;29(9):2559-69.
36. Fisher JP, Carlson L, Steele J, Smith D. The effects of pre-exhaustion, exercise order, and rest intervals in a full-body resistance training intervention. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2014;39(11):1265-70.
37. Spinetti J, de Salles BF, Rhea MR, Lavigne D, Matta T, Miranda F, et al. Influence of exercise order on maximum strength and muscle volume in nonlinear periodized resistance training. *J Strength Cond Res.* 2010;24(11):2962-9.
38. Reeves ND, Maganaris CN, Longo S, Narici M V. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Exp Physiol.* 2009;94(7):825-33.
39. Gentil P, Soares S, Bottaro M. Single vs. Multi-joint resistance exercises: effects on muscle strength and hypertrophy. *Asian J Sports Med.* 2015;6(1):e24057.
40. de França HS, Branco PAN, Guedes Junior DP, Gentil P, Steele J, Teixeira CVLS. The effects of adding single-joint exercises to a multi-joint exercise resistance training program on upper body muscle strength and size in trained men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(8):822-6.
41. Paoli A, Gentil P, Moro T, Marcolin G, Bianco A. Resistance training with single vs. multi-joint exercises at equal total load volume: effects on body composition, cardiorespiratory fitness, and muscle strength. *Front Physiol.* 2017;8:1105.
42. Schoenfeld BJ, Vigotsky A, Contreras B, Golden S, Alto A, Larson R, et al. Differential effects of attentional focus strategies during long-term resistance training. *Eur J Sport Sci.* 2018;18(5):705-712. doi:10.1080/17461391.2018.1447020
43. McMahon GE, Morse CI, Burden A, Winwood K, Onambélé GL. Impact of range of motion during ecologically valid resistance training protocols on muscle size, subcutaneous fat, and strength. *J Strength Cond Res.* 2014;28(1):245-55.
44. Garthe I, Raastad T, Refsnes PE, Sundgot-Borgen J. Effect of nutritional intervention on body composition and performance in elite athletes. *Eur J Sport Sci.* 2013;13(3):295-303.
45. Chappell AJ, Simper T, Barker ME. Nutritional strategies of high level natural bodybuilders during competition preparation. *J Int Soc Sports Nutr.* 2018;15(1):4.
46. Baechle T, Earle R. *Principios del entrenamiento de la fuerza y del acondicionamiento físico.* 2a. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007. p.73.
47. Boone CH, Stout JR, Beyer KS, Fukuda DH, Hoffman JR. Muscle strength and hypertrophy occur independently of protein supplementation during short-term resistance training in untrained men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2015;40(8):797-802.
48. Hulmi JJ, Laakso M, Mero AA, Häkkinen K, Ahtiainen JP, Peltonen H. The effects of whey protein with or without carbohydrates on resistance training adaptations. *J Int Soc Sports Nutr.* 2015;12(1):48.
49. Kukuljan S, Nowson CA, Sanders K, Daly RM. Effects of resistance exercise and fortified milk on skeletal muscle mass, muscle size, and functional performance in middle-aged and older men: an 18-mo randomized controlled trial. *J Appl Physiol.* 2009;107(6):1864-73.
50. Verdijk LB, Jonkers RA, Gleeson BG, Beelen M, Meijer K, Savelberg H, et al. Protein supplementation before and after exercise does not further augment skeletal muscle hypertrophy after resistance training in elderly men. *Am J Clin Nutr.* 2009;89(2):608-16.
51. Rahbek SK, Farup J, Møller AB, Vendelbo MH, Holm L, Jessen N, et al. Effects of divergent resistance exercise contraction mode and dietary supplementation type on anabolic signalling, muscle protein synthesis and muscle hypertrophy. *Amino Acids.* 2014;46(10):2377-92.
52. Snijders T, Res PT, Smeets JSJ, van Vliet S, van Kranenburg J, Maase K, et al. Protein ingestion before sleep increases muscle mass and strength gains during prolonged resistance-type exercise training in healthy young men. *J Nutr.* 2015;145(6):1178-84.
53. Smith GI, Atherton P, Reeds DN, Mohammed BS, Rankin D, Rennie M, et al. Dietary omega-3 fatty acid supplementation increases the rate of muscle protein synthesis in older adults: a randomized controlled trial. *Am J Clin Nutr.* 2011;93(2):402-12.