



REVISIÓN

Características de los programas de entrenamiento de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia. Revisión de alcance



Jaime Castro-Coronado^a, Gerardo Yasima-Vásquez^a, Rafael Zapata-Lamana^b, David Toloza-Ramírez^c e Igor Cigarroa^{d,*}

^a Programa de Magíster en Ciencias de la actividad física y Deporte Aplicadas al Entrenamiento, Rehabilitación y Reintegro Deportivo, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile

^b Escuela de Educación, Universidad de Concepción, Los Ángeles, Chile

^c Escuela de Fonoaudiología, Facultad de Ciencias de la Rehabilitación, Universidad Andres Bello, Santiago, Chile

^d Escuela de Kinesiología, Facultad de Salud, Universidad Santo Tomás, Santiago, Chile

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 4 de marzo de 2021

Aceptado el 4 de mayo de 2021

On-line el 16 de junio de 2021

Palabras clave:

Entrenamiento de fuerza muscular

Sarcopenia

Hipertrofia

Envejecimiento

R E S U M E N

Objetivo: El objetivo de esta revisión fue analizar las características de los programas basados en ejercicio de fuerza muscular y de los desenlaces de salud física, psicológica y funciones cognitivas, evaluados en personas mayores con sarcopenia.

Método: Esta revisión se realizó utilizando los criterios y el diagrama de flujo establecidos en la declaración PRISMA, considerando estudios entre los años 2011 y 2020 en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. Fueron elegidos 13 ensayos controlados aleatorizados.

Resultados: La edad promedio de las personas mayores fue de 72,2 años, con rango etario entre 71 y 80 años, considerando una muestra total de 1.029 (57% mujeres). Los programas de ejercicio de fuerza muscular se realizaron principalmente en dependencias universitarias, con una alta adherencia (91,2%) y lograron inducir aumento de fuerza y masa muscular. Los parámetros más frecuentes fueron una extensión entre 3 y 9 meses, con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana y con una duración de 50-90 min, utilizando entre 8 y 15 repeticiones, en una zona de entrenamiento intensa con 71RM entre 60 y 85%. Los desenlaces de salud física más evaluados fueron la fuerza muscular, la masa muscular y el IMC. El deterioro cognitivo fue evaluado de forma frecuente. Escasos estudios evaluaron la salud mental.

Conclusión: Esta revisión caracterizó los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia en cuanto a su extensión, frecuencia, duración e intensidad, así como los desenlaces de salud y los instrumentos más utilizados. Estos resultados podrían ser útiles para prescribir futuros programas de ejercicio físico en adultos mayores con sarcopenia.

© 2021 SEGG. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

Characteristics of resistance training-based programs in older adults with sarcopenia: Scoping review

A B S T R A C T

Objective: The aim of this scoping review was to analyze the resistance training-based programs' characteristics and outcomes of physical and psychological health and cognitive functions measured in older adults with sarcopenia.

Method: This scoping review was carried out following the criteria and flow diagram established in the PRISMA guidelines and included studies from 2011 until 2020 from electronic databases, including PubMed, Scopus, and Web of Science.

Keywords:

Resistance training

Sarcopenia

Hypertrophy

Aging

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: icigarroa@santotomas.cl (I. Cigarroa).

Results: A total of 13 randomized controlled trials were included. The sample's average age was 72.2 years, with an age range between 71 and 80 years, considering a total sample of 1029 older adults (57% women). Resistance training-based programs were carried out mainly in university facilities, presented high adherence (91.2%) and were able to induce increase in strength and muscle mass. The most frequent parameters used were 2-3 weekly, 50-90-min-long sessions for 3-9 months, using between 8 and 15 repetitions, in an intense training zone with 1-RM between 60% and 85%. The most measured physical health outcomes were muscle strength, muscle mass, and BMI. Cognitive impairment was frequently evaluated, and few studies evaluated mental health.

Conclusion: This review characterized resistance training-based programs in older people with sarcopenia, highlighting the extension, frequency, duration, and intensity of these, as well the most frequently used outcome measures and instruments. These results could be useful for prescribing future resistance training-based programs in older adults with sarcopenia.

© 2021 SEGG. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

Introducción

Los cambios físicos suelen ir en sincronía con los cambios musculares en el envejecimiento, que inciden sobre la independencia en las actividades de la vida diaria y aumentan los índices de discapacidad¹. En esta línea, la estructura y función músculo-esquelética experimenta cambios progresivos en el envejecimiento (tanto cuantitativos como cualitativos), los cuales impactan sobre la funcionalidad de las personas mayores, favoreciendo así la expresión de importantes enfermedades músculo-esqueléticas, como la sarcopenia²⁻⁴.

La sarcopenia como concepto es frecuente en la práctica clínica e investigadora, y tiene su foco de interés principalmente en el área geriátrica. Delmonico et al. conciben la sarcopenia, con base en criterios clínicos de la European Working Group in Sarcopenia in Older People (EWGSOP), como un síndrome clínico que se caracteriza por una pérdida gradual y generalizada de la masa y fuerza músculo-esquelética, capaz de repercutir en la calidad de vida de las personas mayores y que aumenta la tasa de mortalidad y el riesgo de padecer discapacidad física⁵.

En términos de prevalencia, la sarcopenia con base en los criterios de la EWGSOP fluctúa entre el 1% y el 29% en personas mayores sanas no institucionalizadas y entre el 14% y el 33% en personas mayores que residen en centros de larga estancia^{6,7}. Por otra parte, la prevalencia de sarcopenia en personas hospitalizadas se reporta en un 17,1%, con porcentajes variables según sexo, si bien afecta mayormente a mujeres (18,3%) que a hombres (12,4%)⁸.

Desde una perspectiva terapéutica, la intervención para personas mayores con sarcopenia se basa principalmente en 3 aspectos: nutricionales, farmacológicos y de ejercicio físico. Por su parte, el abordaje de la sarcopenia mediante el ejercicio físico tiene un papel importante en el aumento de la fuerza muscular y la mejora en la condición física. A modo de ejemplo, estudios realizados en personas mayores de entre 60 y 95 años evidencian que la ejercitación física produce mejoras en la fuerza y la masa muscular y resistencia física, lo que logra hacer frente a la sarcopenia^{9,10}. Los programas de rehabilitación que presentan mayor tendencia a ser utilizados en personas mayores se basan principalmente en ejercicios funcionales sin sobrecarga muscular; no obstante, existe evidencia que indica que este tipo de intervención no logra prevenir la progresión de la atrofia muscular experimentada en el envejecimiento¹¹.

Durante las últimas décadas, el entrenamiento de fuerza muscular ha cobrado interés como un método de rehabilitación eficaz, cuyo objetivo es inducir la hipertrofia muscular y, a su vez, aumentar la fuerza muscular y el rendimiento funcional en personas mayores^{12,13}. El método de ejercicio de fuerza muscular se basa en el uso de una resistencia específica con el fin de inducir contracciones musculares, promoviendo menor ventilación y consumo de oxígeno por minuto y provocando, por ende, menor disnea¹⁴. La evidencia señala que el ejercicio de fuerza muscular lograría hacer

frente a la sarcopenia en personas mayores mediante ejercicios que estimulan la hipertrofia en este grupo de la población, lo que promueve cambios y adaptaciones fisiológicas en personas que cursan el proceso de envejecimiento¹⁵.

Si bien existe evidencia favorable sobre el ejercicio de fuerza muscular para contrarrestar la sarcopenia en personas mayores, aún su uso es poco generalizado en el ambiente sanitario. Tampoco existe consenso sobre los parámetros más seguros y efectivos. En este contexto, se hace necesario identificar las características de los programas de ejercicio de fuerza muscular y a las personas mayores con sarcopenia que se han beneficiado con este tipo de entrenamiento. Con base en los antecedentes expuestos, la presente revisión de alcance tiene por objetivo analizar las características de los programas basados en ejercicio de fuerza muscular y los resultados en salud física, psicológica y funciones cognitivas evaluados en personas mayores con sarcopenia. Los hallazgos permitirán a los profesionales de salud involucrados en el abordaje de la sarcopenia en personas mayores utilizar este enfoque de rehabilitación con base en la evidencia científica, promoviendo mejoras funcionales en sus pacientes.

Metodología

La revisión de alcance se realizó de acuerdo con las normas establecidas por la declaración PRISMA¹⁶. La lista de chequeo PRISMA puede encontrarse en el material suplementario ([Apéndice 1](#)).

Estrategia de búsqueda para la identificación de resultados

La búsqueda se realizó utilizando las siguientes bases de datos electrónicas, en el orden indicado: PubMed, Scopus y Web of Science. Se identificó la totalidad de los artículos publicados en las bases de datos disponibles que estudiaron el efecto del ejercicio de fuerza muscular. Por este motivo, el proceso de búsqueda incorporó términos relacionados con el efecto del ejercicio de fuerza muscular en la hipertrofia en personas mayores. La búsqueda estuvo limitada a población de personas mayores no deportistas y a artículos publicados entre enero del 2011 y agosto del 2020. También se obtuvieron palabras clave utilizando una sintaxis general de la búsqueda con «sarcopenia» AND «resistance training», OR «strength training» OR «muscle power training», OR «hypertrophy», adaptada a cada base de datos.

La estrategia completa de búsqueda en todas las bases de datos se presenta en el material suplementario ([Apéndice 2](#)).

Selección de los estudios y criterios de selección

Los artículos seleccionados por título y resumen debían cumplir las condiciones indicadas en la [tabla 1](#). No se incluyeron revisiones, documentos editoriales, protocolos ni tesis. Asimismo, siguiendo

Tabla 1
Criterios de selección

Criterio	Descripción
1) Ejercicio de entrenamiento de fuerza muscular	Usar 2 o más componentes de ejercicio, por ejemplo: fuerza, resistencia, flexibilidad, coordinación, entre otros Que sea la única intervención para utilizar Ejercicio basado en peso externo Se considerará mínimo 8 semanas de ejercicios y de adherencia al tratamiento
2) Población	PM de 60 años solo autovalentes o que vivan en comunidad. No se considerarán PM institucionalizadas u hospitalizadas PM de 60 años con diagnóstico de sarcopenia
3) Desenlaces de salud física, psicológica y función cognitiva	Salud física: masa muscular, fuerza muscular, índice de masa muscular, flexibilidad y función física Salud psicológica: ánimo, bienestar, calidad de vida, ansiedad Función cognitiva: memoria y funcionamiento cognitivo
4) Tipo de artículos	Artículos originales: ensayos controlados aleatorizados

las directrices de la EWGSOP sobre sarcopenia, fueron excluidos aquellos estudios de personas con sarcopenia asociada a obesidad, cáncer o enfermedades renales. En cuanto a las restricciones de idioma, solo fueron incluidos artículos en idioma español e inglés.

Extracción de datos

En un primer paso, se eliminaron los artículos duplicados identificados de las bases de datos utilizando el *software* Mendeley versión 1.19.4. Luego, 2 revisores (JCC y GYV) aplicaron los criterios de inclusión/exclusión a todos los títulos y resúmenes. Se seleccionaron los artículos que cumplían con los criterios de inclusión y, cuando las decisiones no se podían tomar solo a partir del título y el resumen, se recuperaron también los documentos a texto completo. Los artículos seleccionados fueron verificados de forma independiente por esos 2 revisores; no obstante, cuando existieron discrepancias, se logró el consenso con un tercer revisor (RZL).

Herramientas de evaluación de riesgo de sesgo

Se utilizó la herramienta Cochrane «Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones», con el objetivo de evaluar el riesgo de sesgo en los 13 artículos de texto completo incluidos en esta revisión de alcance¹⁷. Con base en los ítems propuestos por el manual, se consideraron el sesgo de selección, sesgo de realización, sesgo de detección, sesgo de desgaste y sesgo de notificación; solo quedó fuera de la evaluación el ítem «otros sesgos». Cada artículo fue calificado de forma independiente por los 2 revisores mencionados y se compararon las puntuaciones. Cuando hubo un desacuerdo, se incorporó el tercer evaluador para lograr un consenso. En el apartado de resultados, se presentó una descripción detallada del análisis, junto a una representación gráfica.

Estrategia para la síntesis de datos

Se proporcionó una síntesis narrativa de los hallazgos a partir de los estudios incluidos¹⁸⁻³⁰ y la información principal se presenta en la sección de resultados. Los resultados se ordenaron para presentar las características generales de los artículos de ejercicio de

fuerza muscular en personas mayores, las variables de análisis de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores y sus principales efectos, y las variables de salud física, salud psicológica y funciones cognitivas en los programas de ejercicio de fuerza muscular. Adicionalmente, en la discusión se analizan los aspectos metodológicos y de aplicabilidad más relevantes y se ofrecen algunas sugerencias para futuras investigaciones con el fin de estandarizar la aplicación de esta metodología.

Resultados

Búsqueda de literatura

En el diagrama de flujo de PRISMA se muestra la cantidad de artículos identificados, tamizados, elegibles y finalmente incluidos en el análisis¹⁸⁻³⁰ (fig. 1).

Características generales de los artículos de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores

En la *tabla 2* se muestran las características generales de los 13 artículos incluidos en la revisión de alcance¹⁸⁻³⁰. Los artículos más recientes fueron publicados en el año 2020; en los últimos 3 años se concentra la mayor cantidad de artículos (7/13). Se evidenció una tendencia de publicación de estudios en Brasil, Alemania y Corea, con una frecuencia del 45% (15% cada uno). La muestra total fue de 1.029 personas mayores al inicio y de 938 al final de los estudios (43% hombres y 57% de mujeres), lo que supone una adherencia del 91,2%. Del total de los estudios incluidos, solo en 3 de estos se evidenció una adherencia del 100% durante toda la intervención; el retiro fluctuó en los demás estudios entre un intervalo del 8% al 53%, con los problemas de salud como la principal causa de retiro reportada (53,8%). Del total de la muestra, 5 estudios consideraron exclusivamente población femenina, 3 solo masculina y 5 estudios incluyeron población de ambos sexos. La edad promedio de la muestra fue de 72,2 años y el rango etario con mayor prevalencia fue el de 71-80 años. Las dependencias de los centros de educación superior (laboratorios, centros de investigación) fueron el lugar más frecuente de selección (46,2%) y para las intervenciones (53,8%). Por otra parte, el personal a cargo más frecuente en los estudios fue el técnico en salud (46,2%).

Evaluación del riesgo de sesgo

Se presentan los resultados de los 13 artículos seleccionados en esta revisión de alcance, con base en los dominios propuestos por el manual Cochrane¹⁷. La *figura 2* muestra un resumen de la evaluación del riesgo de sesgo. Se presentó un bajo riesgo de sesgo en el dominio de selección para la generación de la secuencia (62%) y para el ocultamiento de la asignación (62%) y un 23% presentaba un alto riesgo en dicho dominio. En cuanto al sesgo de realización, un 62% de los estudios presentaba bajo riesgo, 23% con riesgo poco claro y un 15% se clasificó como de alto riesgo. Similar situación se presentó en el dominio de detección, aun cuando el alto riesgo fue de un 23%. Por su parte, para el sesgo de desgaste y de notificación, se identificó un 54% con bajo riesgo. Por último, un 38% de los estudios no proporcionaron suficiente información sobre el sesgo de notificación (fig. 2).

Características de los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores y sus principales efectos

Los principales parámetros analizados en los programas de ejercicio de fuerza muscular fueron la extensión, frecuencia, duración e intensidad; asimismo, se reportaron los principales efectos obtenidos en cada estudio. La extensión de los programas de ejercicio

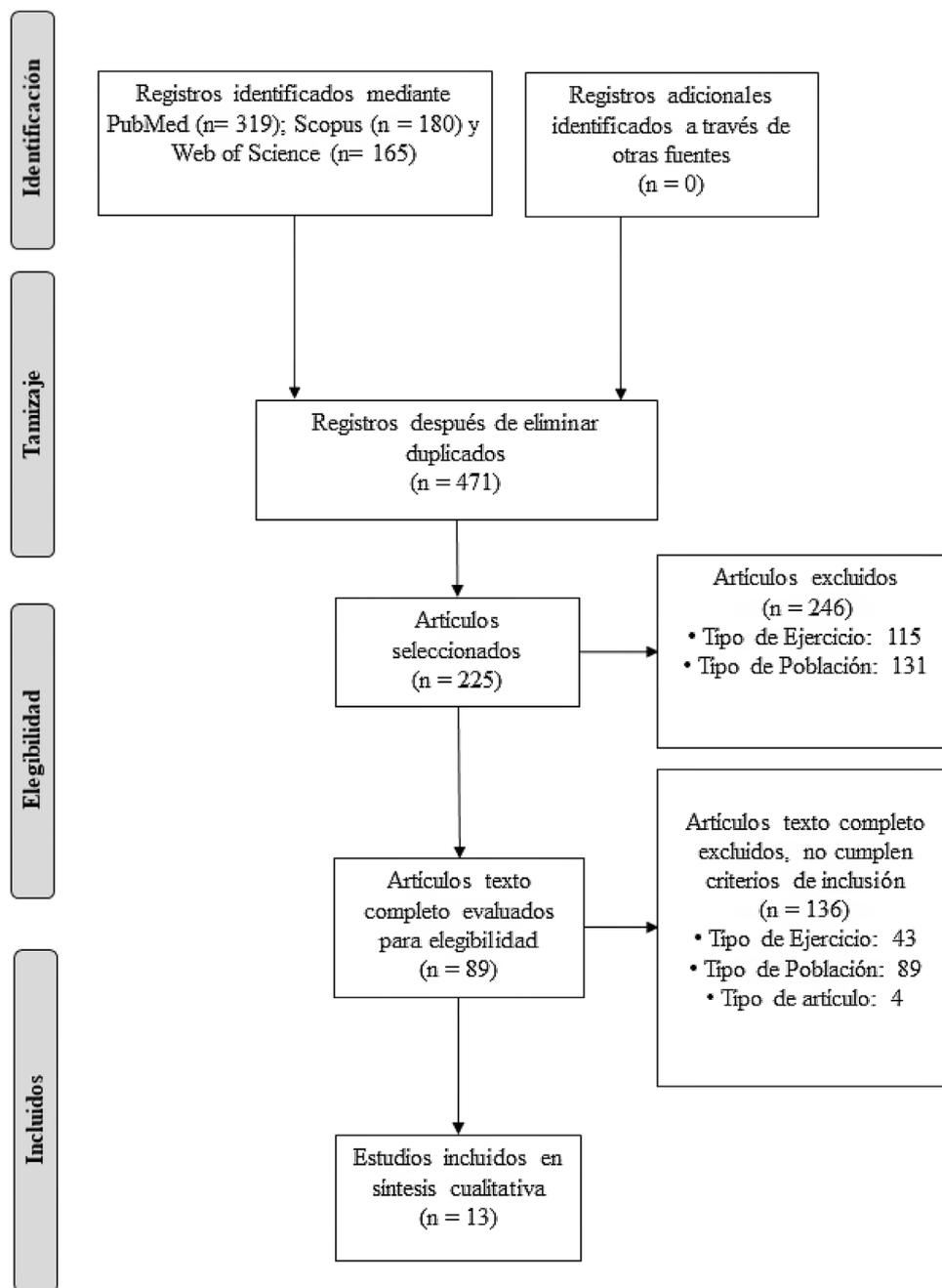


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de artículos informados en la revisión.

de fuerza muscular más frecuente fue de 3-9 meses (76,9%); 11/12 artículos registraron la frecuencia de ejercicios. De ellos, mayoritariamente los artículos incluidos consideraron una frecuencia de ejercicio de fuerza muscular de 2 a 3 días por semana (76,9%). La duración del ejercicio de fuerza muscular fue registrada en 11/13 artículos. De ellos, el 72,7% tenían una duración de 50-90 min; en contraste, 2 estudios reportaron duraciones de 20 min y 30-45 min, respectivamente.

Del total de los artículos, 11/13 registraron las repeticiones. De ellos, el 54,5% consideró series en rangos de 8 a 15 repeticiones. Además, solo un 54% de los artículos reportó la repetición máxima (1RM). Todos los artículos coincidían en entrenar entre el 60% y el 85% la 1RM. Del total de los artículos, el 76,9% realizaban los programas de ejercicio de fuerza muscular en una zona de entrenamiento intenso.

Con relación a los efectos, los 2 principales efectos reportados fueron un aumento de la fuerza muscular y un aumento de la masa muscular (100% de los estudios que lo evaluaron), no se encontraron efectos en la disminución del IMC y sí se encontraron efectos en algunos indicadores de funcionalidad (velocidad de la marcha y equilibrio). En 2/2 estudios que evaluaron la calidad de vida se encontraron efectos positivos del ejercicio de fuerza muscular. No se encontraron efectos positivos en las funciones cognitivas (tabla 3).

Desenlaces de salud física, salud psicológica y funciones cognitivas en los programas de ejercicio de fuerza muscular

La representación de cada uno de los desenlaces de salud se presenta en la tabla 4. De las variables de salud física, 12 de los

Tabla 2
Características generales de los artículos

Primer autor	País	Año	Muestra Inicial/Final	Retiro %	Causa de retiro	♀ %	♂ %	Rango etario			Edad	Selección				Lugar de intervención				Personal a cargo		
								60-70	71-80	≥80		CS	CE	COM	CS	CE	DoAL	COM	NE	PA	TS	NE
Ahtiainen ¹⁸	Finlandia	2016	359/359	0	-	34	66	✓	-	-	66,1	-	✓	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-
Bårdstu ¹⁹	Noruega	2020	123/107	13	PS	100	0	-	-	✓	86	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-
Carneiro ²⁰	Brasil	2015	64/53	17	NE	100	0	✓	-	-	67	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-
De Alencar Silva ²¹	Brasil	2018	15/7	53	NE	57	43	-	✓	-	70,7	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓
Joshua ²²	India	2014	54/45	17	PS-M	24,1	75,9	-	✓	-	75,1	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓
Kemmler ²³	Alemania	2020	43/39	9	PS-PI	0	100	-	✓	-	78,5	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	✓	-
Lee ²⁴	Corea	2013	74/50	32	PS	64	36	✓	✓	-	70,9	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓
Lichtenberg ²⁵	Alemania	2019	43/40	7	PS-PI	0	100	-	✓	-	78,5	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓
Makizako ²⁶	Japón	2020	72/67	7	PS-PP	100	0	-	✓	-	75,2	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	-	-
Murlasits ²⁷	EE. UU.	2012	29/24	17	PS-PI	62	38	✓	-	-	64	-	✓	-	-	✓	-	-	-	-	✓	-
Negaraesh ²⁸	Irán	2019	31/31	0	-	0	100	✓	-	-	62,5	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	✓
Park ²⁹	Corea	2017	50/50	0	-	100	0	-	✓	-	74,1	-	-	✓	-	✓	-	-	-	✓	-	-
Piastra ³⁰	Italia	2018	72/66	8	PI	100	0	✓	-	-	69,9	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	-

-. no se registra; ✓: se registra; CE: centro educacional; COM: centro comunitario; CS: centro de salud; DoAL: domicilio o al aire libre; M: muerte; NE: no se especifica; PA: profesional del área de la salud; PI: pérdida de interés; PP: problemas personales; PS: problema de salud; TS: técnico en salud.

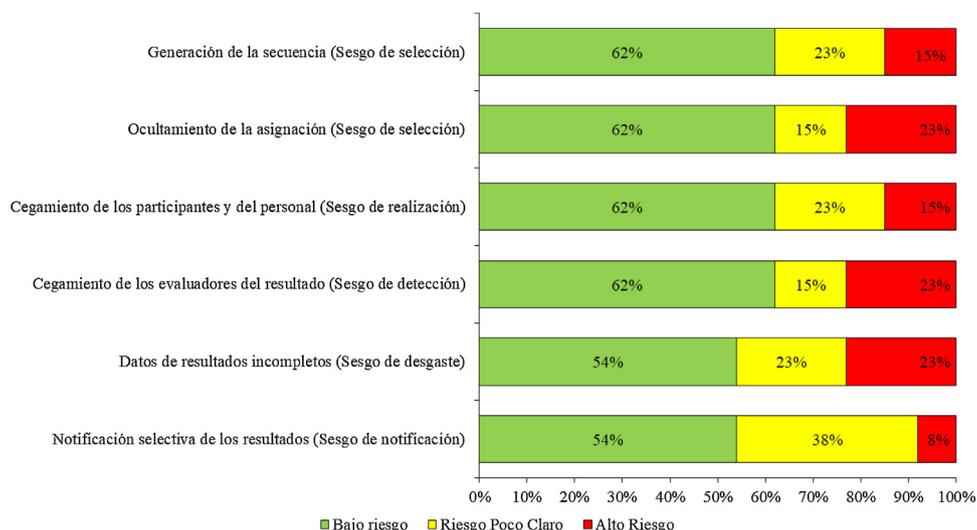


Figura 2. Riesgo de sesgo.

Tabla 3
Características de los programas de EFM y sus efectos

Primer autor	Extensión meses	Frecuencia días/sem	Duración min	Intensidad del ejercicio			Efectos		
				FC objetivo	VO ² máx	Repeticiones	1RM %	Zona de entrenamiento	Físicos Psicológicos
Ahtiainen ¹⁸	6	2	60-90	-	-	5-8	70-85	Intenso	↑ FM; ↑ MM ↑CDV
Bárdstu ¹⁹	8	2	30-45	-	-	10-12	-	Intenso	↑ FM; ↑ MM; ↑ FF; ↑ VDM ↑CDV
Carneiro ²⁰	3	2-3	-	-	-	10-15	-	Intenso	↑ RMo; ↑ FLEX
De Alencar Silva ²¹	3	3	75	-	-	12-15	-	Intenso	↑ FM; ↑ MM; ↑ FF
Joshua ²²	6	4	60	-	-	-	65	Moderado	↑ FM; ↑ MM; ↑ Est
Kemmler ²³	12	3	45-50	-	-	5-10	85	Intenso	↑ FM; ↑ MM
Lee ²⁴	3	-	-	-	-	10-12	60-75	Moderado/Intenso	↑ FM; ↑ EE
Lichtenberg ²⁵	7	2	50-60	-	-	8-15	75-80	Intenso	↑ FM; ↑ MM; ↑ VDM
Makizako ²⁶	3	2	60	-	-	10	-	Moderado	↑ FF ↑; VDM
Murlasits ²⁷	2	2-3	60	-	-	6-8	75	Intenso	↑ FM; ↑ MM
Negararesh ²⁸	2	3	20	-	-	5-15	85	Intenso	↑ FM; ↑ MM
Park ²⁹	6	5	50-80	-	-	8-15	-	Intenso	↑ FM; ↑ MM; ↑ FF
Piastra ³⁰	9	2	60	-	-	-	-	Moderado	↑ FM; ↑ MM; ↑ EE

-: no se registra; 1RM: repetición máxima; CDV: calidad de vida; EE: equilibrio estático; Est: estabilidad; FC: frecuencia cardiaca; FF: funcionalidad física; FLEX: flexibilidad; FM: fuerza muscular; MM: masa muscular; RMo: rango movimiento; VDM: velocidad de la marcha; VO²: cantidad máxima de oxígeno.

13 artículos evaluaron el IMC, 11/13 la fuerza muscular y 10/13 la masa muscular. Menos frecuente fue el reporte de la funcionalidad física, considerada en 4 artículos y, la medición de flexibilidad, que solo fue reportada en uno. En cuanto a la salud psicológica, los resultados muestran una tendencia a no ser reportada, ya que solo 2 estudios mencionan la evaluación del ánimo y bienestar y calidad de vida de las personas mayores en programas de ejercicio de fuerza muscular. Por su parte, en las variables de funciones cognitivas, el deterioro cognitivo fue reportado en 8 de los 13 estudios analizados; la medición del dominio de memoria fue considerado en solo 5 estudios como resultado de salud.

Instrumentos de valoración en los programas de ejercicio de fuerza muscular

En forma adicional, en la tabla 4 se muestran aquellos instrumentos de medición para cada desenlace de salud mencionado previamente. En este sentido, los instrumentos de resultados de salud física son los más utilizados y reportados en los estudios: destaca la medición de fuerza muscular por medio de 1RM (53,8%) y la funcionalidad física, medida por *chair raise* y *gait speed* (38,5% de los estudios en ambos casos). Por su parte, ninguno de los 13 estudios analizados reporta los instrumentos que midieron las variables de salud psicológica. Por último, cabe destacar que el instrumento para

medir el funcionamiento cognitivo reportado con mayor frecuencia fue el Mini Mental State Exam (MMSE) (61,5%).

Discusión

Principales resultados

Los principales hallazgos de la presente revisión indican que los estudios se realizaron en personas mayores de 72,2 años, en el rango etario de 71 a 80 años y que eran mayoritariamente mujeres. Este antecedente es relevante debido a que, en el envejecimiento, a mayor edad, mayores son los cambios y limitaciones tanto físicas como músculo-esqueléticas. Por tanto, en edades más avanzadas existe mayor probabilidad de no completar con éxito los programas de ejercicio de fuerza muscular. Los programas de ejercicio de fuerza muscular se realizaron principalmente en dependencias universitarias, con una alta adherencia (91,2%). Los programas de ejercicio de fuerza muscular son ejecutados en su mayoría en una zona de entrenamiento intensa y con 1RM entre 60 y 85%. Estos efectos se obtienen cuando los programas de ejercicio de fuerza muscular presentan una extensión de 3 a 6 meses de entrenamiento, con duraciones de 50-90 min. Asimismo, los estudios analizados indican que el rango promedio de repeticiones debe fluctuar entre 8 y 15 repeticiones, 2 veces por semana, como mínimo. Los desenlaces de salud física medidas con mayor prevalencia fueron la fuerza

Tabla 4
Desenlaces de salud física, psicológica y funciones cognitivas evaluados e instrumentos utilizados en programas de EFM

Primer autor	Desenlaces de salud física					Desenlaces de salud psicológica			Desenlaces de funciones cognitivas		Instrumentos de salud física										Instrumentos de salud psicológica			Instrumentos de funciones cognitivas		
	MM	FM	IMC	FF	FLEX	AN	BIEN	CDV	MEM	DCOG	MM			FM	IMC	FF				FLEX		AN	BIEN	CDV	MEM - DCOG	MMSE
											RMN	US	ATM			1-RM	EB	CR	TUG	GS	SC					
Ahtiainen ¹⁸	✓	✓	✓	✓	-	✓	-	✓	-	-	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	
Bårdstu ¹⁹	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Carneiro ²⁰	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	
De Alencar Silva ²¹	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	
Joshua ²²	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Kemmler ²³	✓	✓	✓	-	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Lee ²⁴	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Lichtenberg ²⁵	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	✓	
Makizako ²⁶	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Murlasits ²⁷	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	✓	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	✓	
Negaresh ²⁸	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Park ²⁹	✓	✓	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	
Piastra ³⁰	✓	✓	✓	-	-	-	-	-	-	✓	-	✓	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	

--: no se registra; ✓: se registra; 1RM: repetición máxima; AN: ánimo; ATM: área transversal muscular; BIEN: bienestar; CE: cervical extension; CF: cervical flexion; CR: chair rise; CVD: calidad de vida; DCOG: deterioro cognitivo; EB: escala Balmak; FF: funcionalidad física; FLEX: flexibilidad; FM: fuerza muscular; GS: gait speed; HF: hip flexion; IMC: índice de masa corporal; MEM: memoria; MM: masa muscular; MMSE: Mini Mental State Exam; RMN: resonancia magnética nuclear; SC: stair climb; TUG: time up and go; US: ultrasonido.

muscular, masa muscular e IMC, mientras que los instrumentos de medición mayormente reportados fueron 1RM, *chair raise* y *gait speed*. Por su parte, las funciones cognitivas con mayor reporte fueron la memoria y el deterioro cognitivo, con el test MMSE como el instrumento de medición más reportado. En contraste, para las variables de salud psicológica, si bien son reportadas solo en 3 estudios, no se destacan los instrumentos de medida utilizados.

Hallazgos de la revisión y contraste con la evidencia existente

Con base en las características generales de los estudios analizados en esta revisión de alcance los resultados indican que los países con mayor investigación en programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores corresponden a Brasil, Alemania y Corea. En línea con nuestros resultados, diversos estudios RCT³¹⁻³⁵ confirman el interés de investigación en Brasil y Alemania a raíz de los cambios demográficos experimentados y la cantidad de población de personas mayores que concentran. Los años de publicación de estas investigaciones son similares a los incluidos en esta revisión³¹⁻³⁵, solo uno fue publicado en 2009 en Brasil. Adicionalmente, la distribución de personas mayores incluidas en los estudios comprenden porcentajes similares de hombres y mujeres como público objetivo, a partir de los 70 años de edad cronológica.

Los programas basados en ejercicio de fuerza muscular han sido identificados como la metodología más prometedora en personas mayores con sarcopenia³⁶. La creciente investigación establece que el ejercicio de fuerza muscular promueve mejoras significativas en este grupo de la población. Nuestros hallazgos están en línea con diversos estudios³⁷⁻⁴³, los cuales evidencian que los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores son efectivos para contrarrestar los índices de sarcopenia. Asimismo, estos estudios indican que los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores deben considerar una extensión de 3 meses como mínimo de entrenamiento, frecuencias desde 2 veces por semana, y con series de repetición superiores a 10 durante 50 min como base, para lograr contrarrestar las consecuencias de la sarcopenia en personas mayores.

Las variables de salud física destacan en los reportes de los estudios analizados, de las que la fuerza y la masa muscular son las analizadas con mayor frecuencia. Sin embargo, en investigaciones previas⁴⁴ se destaca la efectividad de los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores, no solo sobre estas 2 variables, sino también sobre el balance y equilibrio. En contraste, la revisión de Giallauria et al.³⁶ confirma nuestros resultados y destacan que las variables de salud cognitiva presentan una tendencia a no ser consideradas en los estudios sobre ejercicio de fuerza muscular: las variables de funcionamiento cognitivo junto a las de salud física son las de mayor interés de análisis.

Los datos aportados sobre instrumentos de medida son consistentes con otros estudios³¹⁻³⁴. En estos, se destacan la aplicación de instrumentos para salud física como Repetición Máxima, *time up and go*, *gait speed* y *stair climb*; y del MMSE para el funcionamiento cognitivo. Si bien las investigaciones consideran la medición de variables de salud cognitiva, los datos reportados tienden a ser inferenciales y no indican los instrumentos utilizados para su valoración^{45,46}.

Aportaciones de la revisión

La sarcopenia es un tema de gran relevancia en personas mayores, dadas su alta prevalencia y consecuencias en salud y función física durante el envejecimiento. Debido a la pérdida de masa muscular, el ejercicio de fuerza muscular se postula como el *gold standard* para generar hipertrofia muscular e incrementar la fuerza y masa muscular. Diversas revisiones previas⁴⁷⁻⁴⁹ han investigado los efectos del ejercicio de fuerza muscular en personas mayores

con sarcopenia; no obstante, en estas el mecanismo de intervención ha sido combinado con complementos nutricionales.

Según conocemos, esta revisión de alcance junto a otra publicada recientemente⁵⁰ son las primeras en analizar de forma exclusiva los efectos del ejercicio de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia. La evidencia proporcionada en este estudio permitirá dar claridad sobre las características de los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores y sus principales efectos sobre la hipertrofia muscular. Además, ayudará a conocer los formatos previos utilizados y sentará así una base para futuros diseños o implementaciones de este tipo de programas. Esto, a su vez, se traduce en mejoras en la funcionalidad y calidad de vida de los sujetos que cursan el proceso de envejecimiento. Además, esta revisión permitió detectar la existencia de vacíos en el conocimiento con relación a la evaluación y efectos en la salud psicológica y funciones cognitivas de los programas de ejercicio de fuerza muscular, lo que puede incentivar el desarrollo de futuros estudios en esta área.

Limitaciones de la revisión

En cuanto a las limitaciones del estudio, es importante destacar que la revisión de alcance no comprende un metaanálisis de los estudios incluidos. La síntesis de la información presentada es de enfoque cualitativo, lo cual genera una limitación para determinar la efectividad de los programas de ejercicio de fuerza muscular en desenlaces de salud. Por tanto, habrá que tener en consideración que revisiones futuras deberían ahondar en determinar la efectividad de los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia, así como en conocer cuáles son los desenlaces de salud física y psicológica que más se benefician a corto y largo plazo de estas intervenciones. Adicionalmente, cabe destacar que los 13 estudios RCT analizados presentaron una heterogeneidad de programas de ejercicio físico, junto con una gran variabilidad de desenlaces e instrumentos de evaluación empleados, lo cual dificulta el proceso de síntesis y comparación de la información encontrada.

Conclusiones

Los 13 estudios RCT incluidos en esta revisión de alcance dan cuenta del perfil de personas mayores y de los parámetros de los programas de ejercicio de fuerza muscular en personas mayores con sarcopenia. Cabe destacar que los programas se llevaron a cabo en personas mayores, la mayoría mujeres, con un rango etario de 71-80 años. Estos programas se caracterizaban por llevarse a cabo en dependencias universitarias, con una alta adherencia (91,2%) y porque tenían una extensión mínima de 3-9 meses, una frecuencia de 2 a 3 veces por semana y una duración de 50-90 min. Principalmente las personas mayores entrenaron en rangos de 10 a 15 repeticiones de los ejercicios, en una zona de entrenamiento intensa con 1RM entre el 60% y el 85%. Los desenlaces salud física más comúnmente evaluados fueron la fuerza muscular, la masa muscular y el IMC. El deterioro cognitivo fue frecuentemente evaluado. Además, escasos estudios evaluaron la salud mental.

Financiamiento

Esta investigación no recibió financiamiento externo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Agradecimientos

Esta revisión de alcance es parte del trabajo final de magíster de Jaime Castro-Coronado y Gerardo Yasima-Vásquez, adscrito al programa de Magíster en Ciencias de la actividad física y Deporte Aplicadas al Entrenamiento, Rehabilitación y Reintegro Deportivo de la Universidad Santo Tomás, Chile.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.regg.2021.05.004](https://doi.org/10.1016/j.regg.2021.05.004).

Bibliografía

- Russ DW, Gregg-Cornell K, Conaway MJ, Clark BC. Evolving concepts on the age-related changes in «muscle quality». *J Cachexia Sarcopenia Muscle*. 2012;3:95–109, <http://dx.doi.org/10.1007/s13539-011-0054-2>.
- Larsson L, Degens H, Li M, Salviati L, Lee YJ, Thompson W, et al. Sarcopenia: Aging-related loss of muscle mass and function. *Physiol Rev*. 2019;1:99:427–511, <http://dx.doi.org/10.1152/physrev.00061.2017>.
- Cheng S, Degens H, Evans M, Cheng SM, Selänne H, Rittweger J, et al. What makes a 97-year-old man cycle 5,000 km a year? *Gerontology*. 2016;62:508–12, <http://dx.doi.org/10.1159/000443390>.
- Brunet A, Sweeney LB, Sturgill JF, Chua KF, Greer PL, Lin Y, et al. Stress-dependent regulation of FOXO transcription factors by the SIRT1 deacetylase. *Science*. 2004;26:303:2011–5, <http://dx.doi.org/10.1126/science.1094637>.
- Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, Visser M, Nevitt M, Kritchevsky SB, et al. Health Aging and Body Composition Study. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc*. 2007;55:769–74, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01140.x>.
- Grimby G, Saltin B. The ageing muscle. *Clin Physiol*. 1983;3:209–18, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1475-097x.1983.tb00704.x>.
- Cruz-Jentoft AJ, Landi F, Schneider SM, Zúñiga C, Arai H, Boirie Y, et al. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: A systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age Ageing*. 2014;43:748–59, <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afu115>.
- González-Montalvo JL, Alarcón T, Gotor P, Queipo R, Velasco R, Hoyos R, et al. Prevalence of sarcopenia in acute hip fracture patients and its influence on short-term clinical outcome. *Geriatr Gerontol Int*. 2016;16:1021–7, <http://dx.doi.org/10.1111/ggi.12590>.
- Reardon K, Galea M, Dennett X, Choong P, Byrne E. Quadriceps muscle wasting persists 5 months after total hip arthroplasty for osteoarthritis of the hip: A pilot study. *Intern Med J*. 2001;31:7–14, <http://dx.doi.org/10.1046/j.1445-5994.2001.00007.x>.
- Binder EF, Yarasheski KE, Steger-May K, Sinacore DR, Brown M, Schechtman KB, et al. Effects of progressive resistance training on body composition in frail older adults: Results of a randomized, controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005;60:1425–31, <http://dx.doi.org/10.1093/gerona/60.11.1425>.
- Sueta C, Andersen JL, Dalgas U, Berget J, Koskinen S, Aagaard P, et al. Resistance training induces qualitative changes in muscle morphology, muscle architecture, and muscle function in elderly postoperative patients. *J Appl Physiol* (1985). 2008;105:180–6, <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.01354.2007>.
- Goodpaster BH, Chomentowski P, Ward BK, Rossi A, Glynn NW, Delmonico MJ, et al. Effects of physical activity on strength and skeletal muscle fat infiltration in older adults: A randomized controlled trial. *J Appl Physiol* (1985). 2008;105:1498–503, <http://dx.doi.org/10.1152/jappphysiol.90425.2008>.
- Rydwick E, Lammes E, Frändin K, Akner G. Effects of a physical and nutritional intervention program for frail elderly people over age 75. A randomized controlled pilot treatment trial. *Aging Clin Exp Res*. 2008;20:159–70, <http://dx.doi.org/10.1007/BF03324763>.
- Dunstan DW, Daly RM, Owen N, Jolley D, De Courten M, Shaw J, et al. High-intensity resistance training improves glycemic control in older patients with type 2 diabetes. *Diabetes Care*. 2002;25:1729–36, <http://dx.doi.org/10.2337/diacare.25.10.1729>.
- Li N, Li P, Lu Y, Wang Z, Li J, Liu X, et al. Effects of resistance training on exercise capacity in elderly patients with chronic obstructive pulmonary disease: A meta-analysis and systematic review. *Aging Clin Exp Res*. 2020;32:1911–22, <http://dx.doi.org/10.1007/s40520-019-01339-8>.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. The PRISMA Group Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Med*. 2009;6:e1000097, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Higgins JP, Green S. *Manual Cochrane de revisiones sistemáticas de intervenciones Versión 5.1*. O. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2011. p. 197–255.
- Ahtiainen JP, Walker S, Peltonen H, Holviala J, Sillanpää E, Karavirta L, et al. Heterogeneity in resistance training-induced muscle strength and mass responses in men and women of different ages. *Age (Dordr)*. 2016;38:10, <http://dx.doi.org/10.1007/s11357-015-9870-1>.
- Bårdstu HB, Andersen V, Fimland MS, Aasdahl L, Raastad T, Cumming KT, Sæterbakken AH. Correction to: Effectiveness of a resistance training program on physical function, muscle strength, and body composition in community-dwelling older adults receiving home care: a cluster-randomized controlled trial. *Eur Rev Aging Phys Act*. 2020;10:17:13, <http://dx.doi.org/10.1186/s11556-020-00245-7>.
- Carneiro NH, Ribeiro AS, Nascimento MA, Gobbo LA, Schoenfeld BJ, Achour Júnior A, et al. Effects of different resistance training frequencies on flexibility in older women. *Clin Interv Aging*. 2015;5:10:531–8, <http://dx.doi.org/10.2147/CI.A.S77433>.
- De Alencar Silva BS, Lira FS, Rossi FE, de Freitas MC, Freire AP, dos Santos VR, et al. Elastic resistance training improved glycemic homeostasis, strength, and functionality in sarcopenic older adults: A pilot study. *J Exerc Rehabil*. 2018;7:14:1085–91, <http://dx.doi.org/10.12965/jer.1836412.206>.
- Joshua AM, D'Souza V, Unnikrishnan B, Mithra P, Kamath A, Acharya V, et al. Effectiveness of progressive resistance strength training versus traditional balance exercise in improving balance among the elderly: A randomised controlled trial. *J Clin Diagn Res*. 2014;8:98–102, <http://dx.doi.org/10.7860/JCDR/2014/8217.4119>.
- Kemmler W, Kohl M, Fröhlich M, Jakob F, Engelke K, von Stengel S, et al. Effects of high-intensity resistance training on osteopenia and sarcopenia parameters in older men with osteosarcopenia-one-year results of the randomized controlled Franconian Osteopenia and Sarcopenia Trial (FrOST). *J Bone Miner Res*. 2020;35:1634–44, <http://dx.doi.org/10.1002/jbmr.4027>.
- Lee IH, Park SY. Balance improvement by strength training for the elderly. *J Phys Ther Sci*. 2013;25:1591–3, <http://dx.doi.org/10.1589/jpts.25.1591>.
- Lichtenberg T, von Stengel S, Sieber C, Kemmler W. The favorable effects of a high-intensity resistance training on sarcopenia in older community-dwelling men with osteosarcopenia: The Randomized Controlled FrOST Study. *Clin Interv Aging*. 2019;16:2173–86, <http://dx.doi.org/10.2147/CI.A.S225618>.
- Makizako H, Nakai Y, Tomioka K, Taniguchi Y, Sato N, Wada A, et al. Effects of a multicomponent exercise program in physical function and muscle mass in sarcopenic/pre-sarcopenic adults. *J Clin Med*. 2020;8:1386, <http://dx.doi.org/10.3390/jcm9051386>.
- Murlasits Z, Reed J, Wells K. Effect of resistance training frequency on physiological adaptations in older adults. *J Exerc Sci Fit*. 2012;10:28–32, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jesf.2012.04.006>.
- Negaraesh R, Ranjbar R, Baker JS, Habibi A, Mokhtarzade M, Gharibvand MM, et al. Skeletal muscle hypertrophy, insulin-like growth factor 1 myostatin and follistatin in healthy and sarcopenic elderly men: The effect of whole-body resistance training. *Int J Prev Med*. 2019;5:29, <http://dx.doi.org/10.4103/ijpvm.IJPVM.310.17>.
- Park J, Kwon Y, Park H. Effects of 24-week aerobic and resistance training on carotid artery intima-media thickness and flow velocity in elderly women with sarcopenic obesity. *J Atheroscler Thromb*. 2017;1:24:1117–24, <http://dx.doi.org/10.5551/jat.39065>.
- Piastra G, Perasso L, Lucarini S, Monacelli F, Bisio A, Ferrando V, et al. Effects of two types of 9-month adapted physical activity program on muscle mass strength, and balance in moderate sarcopenic older women. *Biomed Res Int*. 2018;2018:5095673, <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5095673>.
- Granacher U, Lacroix A, Muehlbauer T, Roettger K, Gollhofer A. Effects of core instability strength training on trunk muscle strength, spinal mobility, dynamic balance and functional mobility in older adults. *Gerontology*. 2013;59:105–13, <http://dx.doi.org/10.1159/000343152>.
- Idland G, Sylliaas H, Mengschoel AM, Pettersen R, Bergland A. Progressive resistance training for community-dwelling women aged 90 or older: a single-subject experimental design. *Disabil Rehabil*. 2014;36:1240–8, <http://dx.doi.org/10.3109/09638288.2013.837969>.
- Nicholson VP, McKean MR, Burkett BJ. Low-load high-repetition resistance training improves strength and gait speed in middle-aged and older adults. *J Sci Med Sport*. 2015;18:596–600, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2014.07.018>.
- Persch LN, Ugrinowitsch C, Pereira G, Rodacki AL. Strength training improves fall-related gait kinematics in the elderly: A randomized controlled trial. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2009;24:819–25, <http://dx.doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2009.07.012>.
- Lustosa LP, Silva JP, Coelho FM, Pereira DS, Parentoni AN, Pereira LS. Impact of resistance exercise program on functional capacity and muscular strength of knee extensor in pre-frail community-dwelling older women: A randomized crossover trial. *Rev Bras Fisioter*. 2011;15:318–24.
- Giallauria F, Cittadini A, Smart NA, Vigorito C. Resistance training and sarcopenia. *Monaldi Arch Chest Dis*. 2016 Jun 22;84(1-2):738, <http://dx.doi.org/10.4081/monaldi.2015.738>.
- Da Boit M, Sibson R, Meakin JR, Aspdren RM, Thies F, Mangoni AA, et al. Sex differences in the response to resistance exercise training in older people. *Physiol Rep*. 2016;4:e12834, <http://dx.doi.org/10.14814/phy2.12834>.
- Johnston AP, De Lisio M, Parise G. Resistance training, sarcopenia, and the mitochondrial theory of aging. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2008;33:191–9, <http://dx.doi.org/10.1139/H07-141>.
- Santos L, Ribeiro AS, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, Tomeleri CM, Souza MF, et al. The improvement in walking speed induced by resistance training is associated with increased muscular strength but not skeletal muscle mass in older women. *Eur J Sport Sci*. 2017;17:488–94, <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2016.1273394>.
- Shad BJ, Wallis G, van Loon LJ, Thompson JL. Exercise prescription for the older population: The interactions between physical activity, sedentary time, and adequate nutrition in maintaining musculoskeletal health. *Maturitas*. 2016;93:78–82, <http://dx.doi.org/10.1016/j.maturitas.2016.05.016>.

41. Signorile JF. Targeted resistance training to improve independence and reduce fall risk in older clients. *ACSMs Health Fit J.* 2016;5:29–40, <http://dx.doi.org/10.1249/FIT.0000000000000238>.
42. Theodorakopoulos C, Jones J, Bannerman E, Greig CA. Effectiveness of nutritional and exercise interventions to improve body composition and muscle strength or function in sarcopenic obese older adults: A systematic review. *Nutr Res.* 2017;43:3–15, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nutres.2017.05.002>.
43. Yarasheski KE, Pak-Loduca J, Hasten DL, Obert KA, Brown MB, Sinacore DR. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men >= 76 yr old. *Am J Physiol.* 1999;277:E118–25, <http://dx.doi.org/10.1152/ajpendo.1999.277.1.E118>.
44. Morley J. Weight loss in older persons: New therapeutic approaches. *Current Pharmaceutical Design.* 2007;13:3637–47.
45. Kobayashi H, Koyama Y, Enoka RM, Suzuki S. A unique form of light-load training improves steadiness and performance on some functional tasks in older adults. *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24:98–110, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2012.01460.x>.
46. Antoniak AE, Greig CA. The effect of combined resistance exercise training and vitamin D3 supplementation on musculoskeletal health and function in older adults: A systematic review and meta-analysis. *BMJ Open.* 2017 20;7:e014619, <http://dx.doi.org/10.1136/bmjopen-2016-014619>.
47. Chilibeck PD, Kaviani M, Candow DG, Zello GA. Effect of creatine supplementation during resistance training on lean tissue mass and muscular strength in older adults: A meta-analysis. *Open Access J Sports Med.* 2017 2;8:213–26, <http://dx.doi.org/10.2147/OAJSM.S123529>.
48. Liao Y, Peng Z, Chen L, Zhang Y, Cheng Q, Nüssler AK, et al. Prospective views for whey protein and/or resistance training against age-related sarcopenia. *Aging Dis.* 2019 1;10:157–73, <http://dx.doi.org/10.14336/AD.2018.0325>.
49. Palop Montoro MV, Párraga Montilla JA, Lozano Aguilera E, Arteaga Checa M. Intervención en la sarcopenia con entrenamiento de resistencia progresiva y suplementos nutricionales proteicos [Sarcopenia intervention with progressive resistance training and protein nutritional supplements]. *Nutr Hosp.* 2015 1;31:1481–90, <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.31.4.8489>.
50. Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvão DA, Trajano GS, et al. Resistance training load effects on muscle hypertrophy and strength gain: Systematic review and network meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2020, <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>. Publish Ahead of Print.