

ORIGINAL

Efectos del entrenamiento de fuerza en la salud de adultos mayores

Health-related outcomes of strength training in older adults

Francisco Saavedra^{1,2} , Helder Miguel Fernandes^{2,3} 

1. University of Trás-os-Montes and Alto Douro, Portugal

2. Research Centre in Sports Sciences, Health Sciences and Human Development, CIDESD-UTAD, Portugal

3. Research in Education and Community Intervention, RECI - Institute Piaget, Portugal

Corresponding author:

Francisco Saavedra
E-mail: fjfsaave@utad.pt

Received: 31 - V - 2022

Accepted: 16 - VI - 2022

doi: 10.3306/AJHS.2022.37.04.157

Resumen

Introducción: El proceso normal de envejecimiento se caracteriza por una progresión de eventos fisiológicos que ocurren a lo largo del ciclo de vida. Los cambios relacionados con la edad ocurren en todo el cuerpo y son más prominentes en los últimos años. Los objetivos y propósitos de este estudio fueron: i) proporcionar un resumen de la investigación existente y relevante, ii) evaluar las variables del programa de ejercicios y iii) brindar recomendaciones prácticas basadas en evidencia para la prescripción de ejercicios y el entrenamiento de fuerza en adultos mayores, de acuerdo con las pautas y recomendaciones internacionales.

Métodos: Usando un enfoque basado en evidencia, combinamos datos científicos, declaraciones de expertos y preocupaciones de los usuarios finales para mejorar las referencias de los intereses, valores, requisitos y opciones de la población que envejece. Así, la declaración de posición presenta una valoración de los principales estudios obtenidos tras un exhaustivo análisis de la literatura.

Resultados y conclusiones: En conclusión, destacamos que el entrenamiento de fuerza solo o combinado con entrenamiento aeróbico, es parte fundamental de la prevención primaria de muchas enfermedades crónicas en adultos mayores, además de retrasar la progresión y reducir los síntomas de las condiciones crónicas relacionadas. Los programas de ejercicios de componentes múltiples, especialmente los ejercicios de fuerza que incluyen el entrenamiento de la fuerza muscular, son las intervenciones más efectivas para amortiguar el impacto de la discapacidad física y otros resultados adversos relacionados con la salud, incluso en los ancianos.

Palabras clave: Actividad física, fuerza, bienestar.

Abstract

Introduction: The normal aging process is characterized by a progression of physiological events that occur throughout the life cycle. Age-related changes occur throughout the body and are most prominent in later years. The aims and purposes of this study were to: i) provide a summary of existing and relevant research, ii) assess exercise program variables, and iii) give practical evidence-based recommendations for exercise prescription and resistance training in older adults, according to international guidelines.

Methods: Using an evidence-based approach, we combined scientific data, experts' statements, and end-user concerns to improve references for the interests, values, requirements, and choices of the aging population. Thus, the position statement presents an assessment of the main studies obtained after a thorough analysis of the literature.

Results and conclusions: As conclusions we highlight that strength training alone or combined with aerobic training, is a fundamental part of the primary prevention of many chronic diseases in older adults, in addition to delaying the progression and reducing the symptoms of related chronic conditions. Multicomponent exercise programs, especially strength exercises that include muscle power training, are the most effective interventions for buffering the impact of physical disability and other adverse health-related outcomes, even in the oldest-old.

Key words: Physical activity, strength, wellbeing.

Introducción

Los adultos mayores representan el grupo de edad de más rápido crecimiento de la población. Los cambios fisiológicos asociados con el envejecimiento primario y las enfermedades crónicas concurrentes tienen un impacto adverso en la capacidad funcional, los resultados de salud y la calidad de vida¹. El proceso normal de envejecimiento se caracteriza por una progresión de eventos fisiológicos que ocurren a lo largo del ciclo de vida. Los cambios relacionados con el envejecimiento ocurren en todo el cuerpo y son más prominentes en los últimos años.

La edad avanzada, incluso si no está asociada con el desarrollo de una enfermedad crónica grave, se acompaña de una multiplicidad de modificaciones biológicas que pueden contribuir a la reducción de la masa, la fuerza y la función del músculo esquelético, lo que lleva a una disminución general de la resistencia fisiológica (capacidad para pararse y recuperarse de los estresores). También está relacionado con la reducción del tamaño muscular (atrofia muscular), la pérdida de la unidad motora y la reducción de la velocidad de contracción, lo que a su vez conduce a una disminución de la fuerza muscular, la potencia y la resistencia²⁻⁴.

Como un fenómeno multifacético y complejo, el envejecimiento se manifiesta de forma diferente entre los individuos a lo largo de la vida y está extremadamente condicionado por las interfaces entre las características genéticas, ambientales, de comportamiento y demográficas⁵. La literatura describe que la sarcopenia afecta al rendimiento motor y muscular^{3,6-8}. Las pérdidas de la función muscular pueden reducir la aptitud física y la independencia en las actividades de la vida diaria. Además, los altos niveles de dependencia de los ancianos se asocian positivamente con un mayor temor y riesgo de caídas y niveles más bajos de calidad de vida⁹.

Dado que la mayoría de los factores de riesgo asociados con las enfermedades crónicas aumentan con la edad (avanzada), la adopción de una actividad física regular es esencial para atenuar las disminuciones funcionales asociadas con el envejecimiento y para mejorar los resultados relacionados con la salud física y psicológica de los adultos mayores^{1,10}.

Como tal, y considerando que gran parte de la población de edad avanzada es sedentaria y tiene bajos niveles de aptitud física, los objetivos y propósitos de este estudio fueron: 1) presentar un resumen de los trabajos de investigación existentes y pertinentes, 2) evaluar las variables del programa de ejercicios, y 3) ofrecer recomendaciones prácticas basadas en la evidencia para la prescripción de ejercicios y el entrenamiento de fuerza en los adultos mayores, de acuerdo con las recomendaciones internacionales

Proceso

Mediante un enfoque de práctica basado en la evidencia, combinamos datos científicos, declaraciones de expertos y preocupaciones de los usuarios finales para mejorar las referencias de los intereses, valores, requisitos y selecciones de las personas mayores. Por lo tanto, la declaración de posición presenta una evaluación aguda del trabajo disponible principal pertinente obtenido a través de un análisis de alcance de la literatura.

Dado que existe una gran diferencia biológica entre los adultos mayores de edad cronológica relacionada y las modificaciones relacionadas con la edad en el músculo esquelético normalmente comienzan a lo largo de la mediana edad, no se consideró adecuada una designación estándar de edad avanzada basada en la edad cronológica. En cambio, debido a la amplia variedad fisiológica y funcional, y al comienzo de las consecuencias relacionadas con la edad para el músculo esquelético, se analizaron los estudios que incluyeron sujetos de 50 años en adelante.

Evidencia de las declaraciones resumidas

El entrenamiento de fuerza es el método más eficaz disponible para mantener y aumentar la masa corporal magra y mejorar la fuerza y la resistencia muscular¹¹. Se recomienda como parte de las pautas de actividad física que incluyen trabajar todos los grupos musculares principales en dos o más días a la semana^{10,12}. Los adultos mayores pueden obtener muchos beneficios para la salud del entrenamiento de fuerza, como el aumento de la fuerza muscular, el aumento de la masa muscular y el mantenimiento de la densidad ósea. Además, se ha demostrado que ciertas dimensiones de la calidad de vida relacionada con la salud mejoran en los adultos mayores debido a la intervención de entrenamiento de fuerza¹³.

Teniendo en cuenta las consecuencias físicas, sociales y emocionales adversas del envejecimiento, las estrategias tanto de prevención como de tratamiento son esenciales para la salud y el bienestar de los adultos mayores^{5,10,13}. Entre los factores que contribuyen al proceso de envejecimiento, el desuso muscular es un factor evitable y cambiante. El entrenamiento de fuerza se considera un elemento significativo de un programa completo de ejercicios para complementar los efectos positivos ampliamente reconocidos del entrenamiento aeróbico en la salud y las capacidades físicas¹². Existe una evidencia sólida y convincente de que el entrenamiento de fuerza puede amortiguar los efectos del envejecimiento sobre la función neuromuscular y la capacidad funcional¹²⁻¹⁷. Diferentes formas de entrenamiento de fuerza tienen el potencial de aumentar la fuerza, la masa y la potencia muscular¹². Además, la evidencia revisada disponible revela una asociación dosis-respuesta donde el

volumen y la intensidad están fuertemente relacionados con las adaptaciones al ejercicio de fuerza^{14,18}.

Teniendo esto en cuenta, diferentes instituciones sugieren que los adultos deben participar en actividades de fortalecimiento muscular de intensidad moderada a alta, lo que incluye trabajar todos los grupos musculares principales dos o más días a la semana^{10,12}. Para el adulto de edad avanzada, se aplican las mismas pautas de fortalecimiento muscular, ya que el entrenamiento de fuerza puede promover beneficios aún mayores para esta población. Varios problemas de salud que afectan a los adultos mayores pueden mitigarse o incluso prevenirse mediante la adopción de un programa regular de entrenamiento de fuerza¹³. Por ejemplo, los adultos mayores tienen un mayor riesgo de muerte prematura debido a caídas, que a su vez se asocian con disminuciones de la aptitud y el equilibrio muscular relacionadas con la edad que pueden reducirse/mejorarse mediante diferentes formas de entrenamiento de fuerza¹⁹⁻²².

Los adultos mayores pueden obtener muchos otros beneficios para la salud con el entrenamiento de fuerza, junto con más masa y fuerza muscular^{13,23}. Los estudios han demostrado que el entrenamiento de fuerza puede beneficiar la densidad mineral ósea^{24,25}, los perfiles de lipoproteínas²⁶, el control de la glucemia²⁷, la composición corporal²⁸, los síntomas de fragilidad²⁹, los factores de riesgo del síndrome metabólico³⁰ y los marcadores de enfermedades cardiovasculares³¹. Esta creciente cantidad de evidencias ha proporcionado un apoyo adicional a los hallazgos inicialmente reportados en la revisión seminal de Pollock y Vincent³² (ver **tabla I**), demostrando que el entrenamiento de fuerza juega un papel significativo en la mejora de muchos factores de salud asociados con la prevención de enfermedades crónicas a lo largo del curso de la vida.

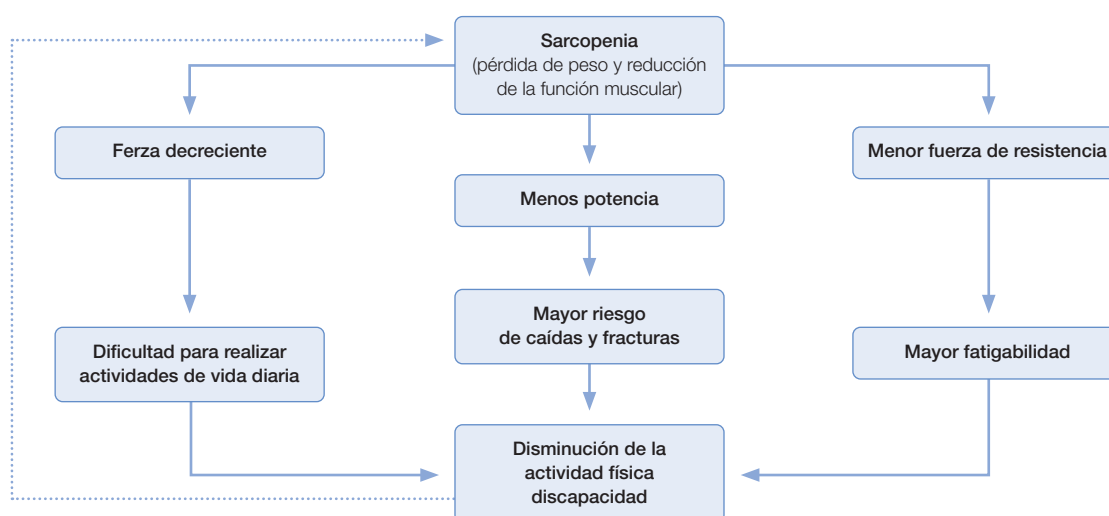
Tabla I: Efectos del entrenamiento de fuerza en las variables de salud y condición física.

Variable	Entrenamiento de fuerza
Densidad mineral ósea	↑↑
Riesgo de caídas	↓
Osteoartritis	↓
% de grasa	↓
Masa corporal magra	↑↑
Fuerza	↑↑↑
Resistencia muscular local	↑↑↑
Metabolismo de la glucosa	
Respuesta de la insulina	↓↓
Niveles de insulina basal	↓
Sensibilidad a la insulina	↑↑
Lípidos en sangre	
HDL	↑↔
LDL	↓↔
Ritmo cardíaco en reposo	↔
Volumen sistólico	↔
Presión sanguínea en reposo	
Sistólica	↔
Diastólica	↓↔
VO _{2max}	↑
Tiempo de resistencia	↑↑
Función física	↑↑↑
Movilidad/vida independiente	↑↑↑
Metabolismo basal	↑↑

En conjunto, la evidencia indica que el entrenamiento de fuerza mejora la salud física, la capacidad funcional y la calidad de vida en las personas mayores, incluso en presencia de fragilidad y enfermedades crónicas. Además, los niveles de entrenamiento de fuerza acordes con las pautas internacionales se han asociado con una mayor aptitud física, un mejor perfil de riesgo cardiovascular y una disminución de la mortalidad general (por todas las causas)³³⁻³⁵.

De acuerdo con Hunter y otros³⁶, una parte sustancial de las reducciones en la fuerza relacionada con la edad y la función muscular está mediada por disminuciones en la actividad física diaria, que a su vez induce una mayor sarcopenia. Esto da como resultado un ciclo de retroalimentación positiva que empeora con el tiempo (**Figura 1**).

Figura 1: Modelo de los cambios funcionales relacionados con la edad en la sarcopenia (como se presenta en Hunter y otros³⁶).



Por lo tanto, la interrupción de este ciclo es de suma importancia para mantener la capacidad funcional y la calidad de vida de los ancianos.

Todos los programas de ejercicios de fuerza deben ajustarse a las necesidades y competencias individuales de los adultos mayores. Se debe realizar una evaluación médica/física completa para descartar posibles comorbilidades y contraindicaciones del ejercicio físico (infarto de miocardio o angina inestable, hipertensión no controlada, insuficiencia cardíaca aguda y obstrucción arterial venosa completa). Además, también se debe realizar el seguimiento del plan/programa establecido y sus posibles efectos secundarios (lesiones musculares, articulaciones y fracturas). En resumen, la prescripción de ejercicios debe ser específica e individualizada (estado de salud, factores de riesgo de enfermedades crónicas, características de comportamiento, objetivos personales y preferencias de ejercicio) y progresiva para optimizar y maximizar la magnitud de las adaptaciones de fuerza en los ancianos³⁷⁻³⁹.

No obstante, el entrenamiento de fuerza también se puede prescribir simultáneamente con el entrenamiento aeróbico, ya que ambos modos/tipos de ejercicio físico obtienen beneficios distintos, como mejoras en las funciones neuromusculares y cardiovasculares¹⁶, respectivamente, y porque tanto la fuerza muscular como la aptitud aeróbica están inversamente asociadas con mortalidad por cualquier causa en personas mayores^{12,37-39}. Con esto en mente, diferentes instituciones internacionales han sugerido pautas y recomendaciones de ejercicio que incluyen la combinación de ejercicios aeróbicos, entrenamiento de fuerza, agilidad / equilibrio y ejercicios de flexibilidad estática y dinámica para adultos⁴⁰⁻⁴² (ver **tabla II**).

Para promover y mantener la salud, todos los adultos sanos deben acumular al menos 150 minutos semanales de ejercicio aeróbico de intensidad moderada (60-70% de la frecuencia cardíaca máxima, o 12-13 en un rango de escala de esfuerzo percibido de 6 a 20 puntos), distribuidos por la mayoría de los días de la semana

o, alternativamente, acumular al menos 75 minutos de actividad aeróbica vigorosa (70% a 90% de la frecuencia cardíaca máxima, o 14 a 16, en un rango de escala de esfuerzo percibido de 6 a 20 puntos). Los adultos deben seguir realizando actividades que mantengan o aumenten la fuerza muscular, al menos dos días a la semana, no consecutivos. Se recomienda a los ancianos, además de los niveles mínimos de ejercicios aeróbicos y de fuerza recomendados para los adultos, que realicen ejercicios de estiramiento y equilibrio al menos 2 a 3 veces por semana, a fin de evitar caídas y mantener y mejorar su autonomía y calidad de vida^{12,38-44}.

El entrenamiento de fuerza debe realizarse de 2 a 3 veces por semana, usando 3 series de repeticiones 8-12, con una intensidad inicial de 20-30% de 1RM, progresando hasta el 70% de 1RM. El entrenamiento de fuerza puede realizarse utilizando máquinas de resistencia que requieren grupos de músculos importantes (por ejemplo, la presión de las piernas y la extensión de la rodilla). Sin embargo, los ejercicios que implican movimientos monoarticulares tienen una respuesta cardiovascular más baja (aumento de la frecuencia cardíaca y de la presión sanguínea), siendo, al principio del proceso de entrenamiento, más adecuados para su uso en individuos con enfermedades cardiovasculares³⁸⁻⁴⁰. Para optimizar la mejora de la capacidad funcional del anciano, el programa de entrenamiento de fuerza debe incluir también ejercicios de fuerza que reproduzcan la actividad de la vida diaria, por ejemplo, levantarse y sentarse⁴⁵.

El entrenamiento de potencia muscular (alta velocidad) puede ser más beneficioso en términos de mejora funcional que un programa de entrenamiento de resistencia muscular (baja velocidad)⁴⁶. Este tipo de entrenamiento, con cargas ligeras, realizando movimientos explosivos, debería incluirse en las actividades a prescribir en los ancianos, ya que se sugiere que se asocie a una (más) mejora de la capacidad funcional^{38,39,46}. El entrenamiento de resistencia cardiovascular debe incluir conjuntos de caminatas en diferentes direcciones y ritmos, caminar en una cinta de correr y subir y bajar escaleras. Esta

Tabla II: Recomendaciones internacionales de la actividad física para adultos sanos.

Organización	Tipo	Modo	Duración	Intensidad	Frecuencia
<i>American College of Sport Medicine [40]</i>	Actividades aeróbicas	Marcha rápida	75' - 150' semana	Moderada a Vigorosa	Mínimo 3 días / semana
	Entrenamiento de fuerza	8 - 10 ejercicios 3 - 4 sets 8 - 12 Reps.		75% de 1RM	Mínimo 2 días / semana
	Flexibilidad	Complementario a otros tipos de ejercicio (estático y dinámico; grupos de músculos principales)			
<i>American Heart Association [41]</i>	Actividades aeróbicas	Marcha	150' semana	Moderada	3 - 7 días / semana
		Marcha rápida 2 días / semana	90' semana	Vigorosa	
	Entrenamiento de fuerza	2 - 4 sets 8 - 12 Reps.		75% de 1RM	3 días / semana

Tabla III: Guía de prescripción de ejercicio en ancianos⁴⁴.

Beneficios	Modalidad de ejercicio	Prescripción
Mejora de la resistencia cardiovascular	Caminar Pedalear	60-80% FC _{ma} (40-60% VO _{2max}) 5-30 min/sesión 3 días/semana
Aumento de masa muscular y fuerza	Pesos libres Máquinas resistencia variable	8-10 repeticiones por serie con un peso que pudiésemos realizar 20 repeticiones máximas (20 RM) o más y no sobrepasar la realización de 4-6 repeticiones por serie con un peso que pudiésemos realizar 15 RM (30-70% 1 RM) 6-8 ejercicios Grandes grupos musculares 8-10 repeticiones 2-3 series
Potencia y capacidad funcional	Incluir ejercicios de la vida diaria (levantarse y sentarse, subir/bajar escaleras) Incluir ejercicios de potencia (a altas velocidades con pesos ligeros/moderados)	En los ancianos (incluso en los más viejos) se puede mejorar la potencia mediante el entrenamiento al 60% de 1 RM y con la máxima velocidad a esta resistencia (p. ej: tan rápido como sea posible) que estará entre el 33-60% de la velocidad máxima sin resistencia
Flexibilidad	Estiramientos Yoga/pilates	10-15 min 2-3 días semana
Equilibrio	Debería incluir ejercicios en la posición de tándem, semitándem, desplazamientos multidireccionales con pesos extra (2-4 kg), caminar con apoyo talón punta, subir escaleras con ayuda, transferencia de peso corporal (desde una pierna a la otra) y ejercicios de Tai Chi modificados	En todas las sesiones

actividad debería comenzar con 5-10 minutos, durante las primeras semanas, progresando a 15-30 minutos⁴⁷.

El entrenamiento del equilibrio debe incluir ejercicios en posición tándem, semitándem, movimientos multidireccionales bajo carga (2-4 kg), caminar con el apoyo de los dedos de los pies del talón, subir escaleras con ayuda y transferencia de masa corporal (de una pierna a la otra). Los ejercicios modificados de *Tai Chi*, el yoga, el estiramiento y el entrenamiento de equilibrio también pueden mejorar el funcionamiento físico y beneficiar a los pacientes con hipertensión, enfermedades cardíacas y artritis¹⁶⁻²⁵ (ver **tabla III**).

Los programas de entrenamiento multicomponente deben incluir aumentos graduales de volumen, intensidad y complejidad de los ejercicios cardiovasculares, de fuerza y de equilibrio. Para entrenar alternativamente, la fuerza muscular de un día y otra resistencia cardiovascular es un excelente estímulo para mejorar la fuerza, la potencia y la resistencia cardiovascular. Cuando se realizan programas de entrenamiento que combinan la fuerza y la resistencia cardiovascular, se debe realizar preferentemente un entrenamiento de fuerza antes del entrenamiento cardiovascular³⁹. En individuos con bajos niveles de aptitud física y/o sin hábitos regulares de participación en el ejercicio, la aplicación de un volumen de entrenamiento bajo puede facilitar la adherencia al programa de entrenamiento¹².

Conclusiones

En las personas mayores, la actividad física es beneficiosa por cuanto respecta a los siguientes resultados de salud: mejora de la mortalidad por todas las causas y la mortalidad cardiovascular, la incidencia de hipertensión, la incidencia de cáncer en lugares específicos y la incidencia de diabetes de tipo 2, la salud mental (menor presencia de síntomas de ansiedad y depresión), la salud cognitiva y el sueño, y posible mejora de las mediciones de adiposidad. En las personas mayores, la actividad física sirve para prevenir caídas y las lesiones por caídas, así como el deterioro de la salud ósea y funcional.

El entrenamiento de fuerza solamente, o combinado con entrenamiento aeróbico, se supone como una parte fundamental de la prevención primaria de las enfermedades crónicas de muchos adultos mayores, pero también para retrasar la progresión / reducir los síntomas de las afecciones crónicas relacionadas.

Las personas mayores deben acumular a lo largo de la semana un mínimo de entre 150 y 300 minutos de actividad física aeróbica de intensidad moderada, o bien un mínimo de entre 75 y 150 minutos de actividad física aeróbica de intensidad vigorosa, o bien una combinación equivalente de actividades de intensidad moderada y vigorosa, con el fin de obtener beneficios notables para la salud. También deben realizar actividades de fortalecimiento muscular de intensidad moderada o

más elevada para trabajar todos los grandes grupos musculares dos o más días a la semana, ya que ello reporta beneficios adicionales para la salud. Dentro de su actividad física semanal, las personas mayores deben realizar actividades físicas multicomponente variadas que den prioridad al equilibrio funcional y a un entrenamiento de fuerza de intensidad moderada o más elevada tres o más días a la semana para mejorar su capacidad funcional y evitar caídas.

Los programas de ejercicios multicomponentes, y especialmente los ejercicios de fuerza que incluyen entrenamiento de potencia muscular, son las intervenciones más relevantes para amortiguar el impacto de la discapacidad física y otros resultados adversos relacionados con la salud, incluso en los más viejos. Estos programas también son intervenciones valiosas en otros dominios de fragilidad, como caídas y deterioro cognitivo.

El ejercicio físico y el entrenamiento de fuerza deben adaptarse a las características y contraindicaciones de cada individuo, y deben prescribirse con un plan

individualizado progresivo, para tener beneficios continuos, al igual que otros tratamientos médicos. El entrenamiento de fuerza también debe adaptarse para que coincida con las necesidades y preferencias funcionales, basado en una estrategia pragmática que hace que el ejercicio sea sostenible y seguro. Dicha estrategia incorpora elementos motivacionales y conocimiento / monitoreo de beneficios alcanzables, utilizando un enfoque idiográfico.

Como conclusión en las personas mayores, se recomienda que limiten el tiempo que dedican a actividades sedentarias. Sustituir el tiempo sedentario por una actividad física de cualquier intensidad (incluso leve) se traduce en beneficios para la salud. Con el fin de reducir los efectos perjudiciales para la salud de un nivel alto de sedentarismo, las personas mayores deben procurar realizar más actividad física de intensidad moderada a vigorosa de la recomendada.

Referencias

- Zaleski AL, Taylor BA, Panza GA, Wu Y, Pescatello LS, Thompson PD, et al. Coming of Age: Considerations in the Prescription of Exercise for Older Adults. *Methodist DeBakey Cardiovasc J.* 2016;12(2):98-104. doi:10.14797/mdcj-12-2-98
- Arakelian VM, Goulart CDL, Mendes RG, Sousa NM, Trimer R, Guizilini S, et al. Physiological responses in different intensities of resistance exercise - Critical load and the effects of aging process. *J Sports Sci.* 2019; 37(12):1420-28. doi: 10.1080/02640414.2018.1561389.
- Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol* (1985). 2000; 88(4):1321-6. doi: 10.1152/jappl.2000.88.4.1321.
- Traczyk A, Kuźba K, Chłystek J, Potyra K, Abramczyk A, Łakomski M. Resistance training for the elderly. Review of the literature. *Journal of Education, Health and Sport* 2018, 8(9), 1048-57.
- Ben-Shlomo Y, Cooper R, Kuh D. The last two decades of life course epidemiology, and its relevance for research on ageing. *Int J Epidemiol.* 2016; 45(4):973-88. doi: 10.1093/ije/dyw096.
- Greenlund LJ, Nair KS. Sarcopenia-consequences, mechanisms, and potential therapies. *Mech Ageing Dev.* 2003; 124(3):287-99. doi: 10.1016/s0047-6374(02)00196-3.
- Moran J, Ramirez-Campillo R, Granacher U. Effects of Jumping Exercise on Muscular Power in Older Adults: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2018; 48(12):2843-57. doi: 10.1007/s40279-018-1002-5.
- Vandervoort AA. Aging of the human neuromuscular system. *Muscle Nerve.* 2002; 25(1):17-25. doi: 10.1002/mus.1215.
- Carrasco-Poyatos M, Rubio-Arias JA, Ballesta-García I, Ramos-Campo DJ. Pilates vs. muscular training in older women. Effects in functional factors and the cognitive interaction: A randomized controlled trial. *Physiol Behav.* 2019; 201:157-64. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.12.008.
- American College of Sports Medicine, Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, et al. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(7):1510-30.
- Hass CJ, Feigenbaum MS, Franklin BA. Prescription of resistance training for healthy populations. *Sports Med.* 2001;31(14):953-964. doi:10.2165/00007256-200131140-00001
- Fragala MS, Cadore EL, Dorgo S, Izquierdo M, Kraemer WJ, Peterson MD, et al. Resistance Training for Older Adults: Position Statement From the National Strength and Conditioning Association. *J Strength Cond Res.* 2019; 33(8):2019-052. doi: 10.1519/JSC.0000000000003230.
- Hart P, Buck DJ. The effect of resistance training on health-related quality of life in older adults: Systematic review and meta-analysis. *Health Promot Perspect.* 2019;9(1):1-12. doi:10.15171/hpp.2019.01
- Borde R, Hortobágyi T, Granacher U. Dose-Response Relationships of Resistance Training in Healthy Old Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.* 2015; 45(12):1693-720. doi: 10.1007/s40279-015-0385-9.
- Cadore EL, Casas-Herrero A, Zambom-Ferraresi F, Idoate F, Millor N, Gómez M, et al. Multicomponent exercises including muscle power training enhance muscle mass, power output, and functional outcomes in institutionalized frail nonagenarians. *Age (Dordr).* 2014; 36(2):773-85. doi: 10.1007/s11357-013-9586-z.
- Cadore EL, Izquierdo M, Pinto SS, Alberton CL, Pinto RS, Baroni BM, et al. Neuromuscular adaptations to concurrent training in the elderly: effects of intrasession exercise sequence. *Age (Dordr).* 2013; 35(3):891-03. doi: 10.1007/s11357-012-9405-y.
- Silva RB, Eslick GD, Duque G. Exercise for falls and fracture prevention in long term care facilities: a systematic review and meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc.* 2013; 14(9):685-89.e2. doi: 10.1016/j.jamda.2013.05.015.

18. Steib S, Schoene D, Pfeifer K. Dose-response relationship of resistance training in older adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2010; 42(5):902-14. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181c34465.
19. Bergen G, Stevens MR, Burns ER. Falls and Fall Injuries Among Adults Aged ≥ 65 Years - United States, 2014. *MMWR Morb Mortal Wkly Rep.* 2016; 65(37):993-98. doi: 10.15585/mmwr.mm6537a2.
20. Ahmadiyahangar A, Javadian Y, Babaei M, Heidari B, Hosseini SR, Aminzadeh M. The role of quadriceps muscle strength in the development of falls in the elderly people, a cross-sectional study. *Chiropr Man Therap.* 2018; 26(1):1-6. doi: 10.1186/s12998-018-0195-x.
21. Van Ancum JM, Pijnappels M, Jonkman NH, Scheerman K, Verlaan S, Meskers CGM, et al. Muscle mass and muscle strength are associated with pre-and post-hospitalization falls in older male inpatients: a longitudinal cohort study. *BMC Geriatr.* 2018; 18(1):116. doi: 10.1186/s12877-018-0812-5.
22. Skinner EH, Dinh T, Hewitt M, Piper R, Thwaites C. An Ai Chi-based aquatic group improves balance and reduces falls in community-dwelling adults: A pilot observational cohort study. *Physiother Theory Pract.* 2016; 32(8):581-90. doi: 10.1080/09593985.2016.1227411.
23. Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep.* 2012; 11(4):209-16. doi: 10.1249/JSR.0b013e31825dabb8.
24. Huovinen V, Ivaska KK, Kiviranta R, Bucci M, Lipponen H, Sandboge S, et al. Bone mineral density is increased after a 16-week resistance training intervention in elderly women with decreased muscle strength. *Eur J Endocrinol.* 2016; 175(6):571-82. doi: 10.1530/EJE-16-0521.
25. Anek A, Kanungsukasem V, Bunyaratavej N. Effects of aerobic step combined with resistance training on biochemical bone markers, health-related physical fitness and balance in working women. *J Med Assoc Thai.* 2015; 98 Suppl 8:S42-51.
26. Ribeiro AS, Tomeleri CM, Souza MF, Pina FL, Schoenfeld BJ, Nascimento MA, et al. Effect of resistance training on C-reactive protein, blood glucose and lipid profile in older women with differing levels of RT experience. *Age (Dordr).* 2015; 37(6):109. doi: 10.1007/s11357-015-9849-y.
27. Takenami E, Iwamoto S, Shiraiishi N, Kato A, Watanabe Y, Yamada Y, et al. Effects of low-intensity resistance training on muscular function and glycemic control in older adults with type 2 diabetes. *J Diabetes Investig.* 2019; 10(2):331-38. doi: 10.1111/jdi.12926.
28. Cavalcante EF, Ribeiro AS, do Nascimento MA, Silva AM, Tomeleri CM, Nabuco HCG, et al. Effects of Different Resistance Training Frequencies on Fat in Overweight/Obese Older Women. *Int J Sports Med.* 2018; 39(7):527-34. doi: 10.1055/a-0599-6555.
29. Nagai K, Miyamoto T, Okamae A, Tamaki A, Fujioka H, Wada Y, et al. Physical activity combined with resistance training reduces symptoms of frailty in older adults: A randomized controlled trial. *Arch Gerontol Geriatr.* 2018; 76:41-47. doi: 10.1016/j.archger.2018.02.005.
30. Tomeleri CM, Souza MF, Burini RC, Cavaglieri CR, Ribeiro AS, Antunes M, et al. Resistance training reduces metabolic syndrome and inflammatory markers in older women: A randomized controlled trial. *J Diabetes.* 2018; 10(4):328-37. doi: 10.1111/1753-0407.12614.
31. Shaw BS, Gouveia M, McIntyre S, Shaw I. Anthropometric and cardiovascular responses to hypertrophic resistance training in postmenopausal women. *Menopause.* 2016; 23(11):1176-81. doi: 10.1097/gme.0000000000000687.
32. Pollock ML, Vincent KR. Resistance training for health. *The President's Council on Physical Fitness and Sports Research Digest*, 1996. http://fitness.foundation/s/Digest-1996_Resistance-Training-for-Health_Series-2-Number-8-December.pdf
33. Kamada M, Shiroma EJ, Buring JE, Miyachi M, Lee IM. Strength training and all-cause, cardiovascular disease, and cancer mortality in older women: a cohort study. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(11). doi: 10.1161/jaha.117.007677.
34. Kraschnewski JL, Sciamanna CN, Poger JM, Rovniak LS, Lehman EB, Cooper AB, et al. Is strength training associated with mortality benefits? A 15-year cohort study of US older adults. *Prev Med.* 2016; 87:121-7. doi: 10.1016/j.ypmed.2016.02.038.
35. Mernitz H, McDermott AY. Exercise and the Elderly: A Scientific Rationale for Exercise Prescription. *J Clin Outcomes Manag.* 2004; 11(2): 106-16.
36. Hunter GR, McCarthy JP, Bamman MM. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med.* 2004; 34(5):329-48. doi: 10.2165/00007256-200434050-00005.
37. Haff G, Triplett NT. *Essentials of strength training and conditioning.* 4th ed. Champaign, IL: Human Kinetics. 2016: 462
38. Cadore EL, Rodríguez-Mañas L, Sinclair A, Izquierdo M. Effects of different exercise interventions on risk of falls, gait ability, and balance in physically frail older adults: a systematic review. *Rejuvenation Res.* 2013; 16(2):105-14. doi: 10.1089/rej.2012.1397.
39. Cadore EL, Izquierdo M. How to simultaneously optimize muscle strength, power, functional capacity, and cardiovascular gains in the elderly: an update. *Age (Dordr).* 2013; 35(6):2329-44. doi: 10.1007/s11357-012-9503-x.
40. Pescatello LS. *ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription.* 10th ed. Philadelphia: Wolters Kluwer/Lippincott Williams & Wilkins Health, 2017.
41. Riegel B, Moser DK, Buck HG, Dickson W, Dunbar SB, Lee CS, et al; American Heart Association Council on Cardiovascular and Stroke Nursing; Council on Peripheral Vascular Disease; and Council on Quality of Care and Outcomes Research. Self-Care for the Prevention and Management of Cardiovascular Disease and Stroke: A Scientific Statement for Healthcare Professionals from the American Heart Association. *J Am Heart Assoc.* 2017; 6(9):e006997. doi: 10.1161/JAHA.117.006997.
42. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(3):687-08. doi: 10.1249/MSS.0b013e3181915670.
43. Izquierdo M, Häkkinen K, Ibañez J, Garrues M, Antón A, Zúñiga A, et al. Effects of strength training on muscle power and serum hormones in middle age and older men (2001). *J Appl Physiol.* 90(4), 1497-507. doi: 10.1152/jappl.2001.90.4.1497.
44. World Health Organization. *Guidelines on Physical Activity and Sedentary Behaviour: at a glance.* Geneva: World Health Organization. 2020: 6-7.
45. Casas Herrero Á, Cadore EL, Martínez Velilla N, Izquierdo Redin M. El ejercicio físico en el anciano frágil: una actualización [Physical exercise in the frail elderly: an update]. *Rev Esp Geriatr Gerontol.* 2015; 50(2):74-81. doi:10.1016/j.regg.2014.07.003.
46. Izquierdo M, Cadore EL. Muscle power training in the institutionalized frail: a new approach to counteracting functional declines and very late-life disability. *Curr Med Res Opin.* 2014; 30(7):1385-90. doi:10.1185/03007995.2014.908175.
47. Cadore EL, Moneo AB, Mensat MM, Muñoz AR, Casas-Herrero A, Rodríguez-Mañas L, et al. Positive effects of resistance training in frail elderly patients with dementia after long-term physical restraint. *Age (Dordr).* 2014; 36(2):801-11. doi: 10.1007/s11357-013-9599-7.