



Revista de la Facultad de Medicina

ISSN: 2357-3848

ISSN: 0120-0011

Universidad Nacional de Colombia

Ocampo, Nina Viviana; Ramírez-Villada, Jhon Fredy
El efecto de los programas de fuerza muscular sobre la capacidad funcional. Revisión sistemática
Revista de la Facultad de Medicina, vol. 66, núm. 3, 2018, Julio-Septiembre, pp. 399-410
Universidad Nacional de Colombia

DOI: 10.15446/revfacmed.v66n3.62336

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=576364270016>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

ARTÍCULO DE REVISIÓN

DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.62336>

El efecto de los programas de fuerza muscular sobre la capacidad funcional. Revisión sistemática

Effects of muscular strength training programs on functional performance: systematic review

Recibido: 31/01/2017. Aceptado: 25/07/2017.

Nina Viviana Ocampo¹ • Jhon Fredy Ramírez-Villada²

¹ Universidad Manuela Beltrán - Departamento de Posgrados - Maestría en Ciencias y Tecnologías de Deporte y la Actividad Física - Bogotá D.C. - Colombia.

² Universidad de Antioquia - Instituto Universitario de Educación Física - Grupo de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte - Medellín - Colombia.

Correspondencia: Jhon Fredy Ramírez Villada. Instituto Universitario de Educación Física, Universidad de Antioquia. Ciudadela Robledo Carrera 75 No. 65-87, bloque 45-105. Teléfono +57 4 2199268. Medellín. Colombia. Correo electrónico: jhonramirez3@udea.edu.co.

Resumen

Introducción. El número de estudios relacionados con la fuerza muscular y la funcionalidad invitan al análisis en profundidad de sus resultados antes de su aplicación profesional.

Objetivo. Desarrollar una revisión sistemática para la construcción de programas de actividad física centrados en el entrenamiento de fuerza muscular y la capacidad funcional de sedentarios entre los 19 y 79 años.

Materiales y métodos. Se emplearon los parámetros PRISMA, Chocrane y de la Universidad de York para el diseño y ejecución de revisiones sistemáticas. Además, se garantizaron criterios de calidad y especificidad estrictos que permitieron identificar 14 categorías de análisis, de las cuales emergieron las pautas de programación que se informan en la revisión sistemática.

Resultados. 49 estudios con nivel de evidencia 1+ (24%), 1- (33%), 2++ (4%), 2+ (29%) y 2- (10%) cumplieron con los criterios de selección establecidos y permitieron alimentar las 14 categorías propuestas y hacer una síntesis de contenido.

Conclusión. Es posible elevar el efecto de los programas de actividad física sobre la fuerza muscular y la funcionalidad a partir de la identificación y consideración de unas variables de programación (categoría) básicas que se sustentan en la calidad de evidencia científica circulante.

Palabras clave: Fuerza muscular; Actividad física; Movimiento (DeCS).

Abstract

Introduction: The amount of publications related to muscular strength and functionality calls on for a deep analysis of the results achieved before their professional implementation.

Objective: To carry out a systematic review to design physical activity programs focused on muscular strength and functional training in sedentary people aged between 19 and 79 years.

Materials and methods: The PRISMA, Chocrane and the University of York parameters were used for designing and conducting the systematic reviews. In addition, from strict specificity and quality criteria, 14 analysis categories were identified, from which general programming guidelines informed in this study arose.

Results: 49 studies with evidence level 1+ (24%), 1- (33%), 2 ++ (4%), 2+ (29%) and 2- (10%) met the established selection criteria and allowed feeding the 14 proposed categories to make a summary of the contents.

Conclusion: Increasing the effects of physical activity programs on muscular strength and functionality is possible if some basic programming variables (category) are identified and considered based on high-quality scientific evidence.

Keywords: Muscle Strength; Physical Activity; Movement (MeSH).

Ocampo NV, Ramírez-Villada JF. El efecto de los programas de fuerza muscular sobre la capacidad funcional. Revisión sistemática. Rev. Fac. Med. 2018;66(3):399-410 Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.62336>.

Ocampo NV, Ramírez-Villada JF. [Effects of muscular strength training programs on functional performance: systematic review]. Rev. Fac. Med. 2018;66(3):399-410. Spanish. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v66n3.62336>.

Introducción

La salud y la calidad de vida están ligadas a la capacidad del sistema neuromuscular de generar tensión muscular y desplazar las palancas óseas, lo que permite el movimiento mecánico. El 40-50% del peso corporal total está determinado por el sistema muscular y múltiples estudios han referenciado su importancia en los procesos de evaluación diagnóstica e intervención relacionados a la enfermedad cardiaca coronaria, la hipertensión, la diabetes tipo 2, la osteoporosis, el cáncer de colon y las emociones (1-3).

Ahora bien, los humanos enfrentan un síndrome de sarcopenia que ha sido referenciado como la pérdida paulatina y generalizada de masa magra muscular esquelética y de fuerza que altera la calidad y complejidad de movimientos hasta provocar efectos adversos como la discapacidad física, la calidad de vida deficiente y el incremento de las tasas de morbimortalidad (4-5).

La sarcopenia, la baja o nula actividad contráctil y un estilo de vida nocivo para la salud generan una atrofia muscular acelerada que por lo general va acompañada de fallos, accidentes, traumas y fracturas y que resulta en limitación funcional de movimiento y uso de dispositivos para llevar a cabo las tareas simples y complejas de la rutina diaria (6-7).

Por otro lado, es fundamental recordar que los músculos son órganos responsables de la función de locomoción y, además, tienen un papel clave en la regulación de sustratos energéticos (carbohidratos, grasas y proteínas), lo que va acompañado de una fuerte actividad hormonal y proteica. Es por ello que se viene reconociendo la función autocrina, endocrina y paracrina del músculo, ya que muchas de las sustancias reguladas o producidas son producto de la contracción muscular frecuente y controlada, mediada necesariamente por el ejercicio o la actividad física (8-9).

Lo mencionado cobra valor frente a algunas estadísticas publicadas. A modo de ejemplo, datos divulgados por la Organización de las Naciones Unidas en el 2015 establecen el costo económico per cápita del sedentarismo en la carga de morbimortalidad de países desarrollados y revelan cifras que van de 4.3 billones de libras en Reino Unido a una cifra récord de 57.7 billones de libras en EE. UU. (10,11).

Por todo lo mencionado y dada la importancia del sistema neuromuscular para la salud y la calidad de vida del individuo, se ha dado un incremento en el número de estudios que incluyen este componente, que siguen un sinnúmero de modelos y variables de programación y que describen resultados dispares e invitan a un análisis y reflexión responsable que facilite su adecuada incorporación a los programas de promoción de la salud, prevención de la enfermedad y rehabilitación.

Es claro que para lograr beneficios positivos sobre la salud y la funcionalidad se hace necesario asegurar una serie de adaptaciones morfológicas y fisiológicas del sistema neuromuscular que faciliten un incremento de la masa muscular, de la coordinación intramuscular, de la activación neural, de cambios estructurales de proteínas y de adaptaciones fisiológicas a nivel de las mitocondrias, lo que se traduce en movimiento económico y eficiente (12-15). No obstante, la dificultad radica en determinar con claridad las formas, los modos y los medios más adecuados de asegurar un estímulo del músculo en diferentes etapas de maduración y desarrollo.

Por todo lo mencionado, es importante identificar los parámetros de programación de la actividad física centrados en la función neuromuscular de manera que se pueda enriquecer el diseño, el control y la implementación de estos modelos en el campo de la salud respetando la integridad de los participantes.

Tras delimitar el alcance y bajo la estrategia PICOS (por su sigla en inglés, Patiens - Intervention - Compare - Outcome - Study design), este estudio se plantea como pregunta de investigación ¿cuáles son los parámetros de programación del entrenamiento de fuerza muscular que generan efecto positivo sobre la funcionalidad, expresada en términos del índice de desarrollo de la fuerza, de la resistencia máxima dinámica y de la resistencia máxima isométrica en personas entre los 19 y los 79 años de edad con un estilo de vida sedentario? Por tanto, el propósito es realizar una revisión sistemática que permita identificar, clasificar y describir los aportes científicos más relevantes sobre este fenómeno, de manera que se puedan sintetizar las adaptaciones funcionales del sistema neuromuscular e identificar unos parámetros generales de programación de la actividad física centrada en la fuerza.

Materiales y métodos

La revisión sistemática se centró en aquellos estudios experimentales sobre entrenamiento de fuerza muscular que estaban orientados a la mejora de la funcionalidad y en donde se emplearon indicadores generales de adaptación como el índice de desarrollo de la fuerza, la resistencia máxima dinámica o la resistencia máxima isométrica en personas sedentarias entre los 19 y los 79 años de edad. De cara a establecer la rigurosidad metodológica de los estudios y poder realizar un análisis objetivo del contenido de dichos trabajos, el protocolo metodológico se estructuró considerando los criterios del grupo PRISMA (16), Cochrane (17) y el Scottish Intercollegiate Guidelines Network (18-19) con el fin de minimizar el sesgo de publicación y proveer una interpretación de los resultados en el contexto de la evidencia y sus implicaciones para las futuras investigaciones sobre el fenómeno.

Al respecto, Abreu *et al.* (20) describen la estrategia PICOS y recuerdan que la pregunta clínica debe especificar las características de los participantes (Patients), de las intervenciones (Interventions), el contraste esperado (Comparison) y los tipos de desenlace (Outcomes), esto con el fin de enfocar los objetivos cualitativos y cuantitativos del estudio (20), los criterios de localización y la selección de la literatura científica circulante.

Criterios de elegibilidad

Considerando los lineamientos mencionados vigentes para el desarrollo de revisiones sistemáticas, fueron considerados los siguientes criterios de elegibilidad:

Período de publicación: se incluyeron los estudios publicados entre enero de 2009 y diciembre de 2015.

Idioma: solo fueron considerados los artículos publicados en inglés.

Pacientes: hombres y mujeres entre 19 y 79 años de edad; sedentarios o sin experiencia previa en entrenamiento de fuerza muscular seis meses antes del inicio de la intervención; sanos, y sin participación en estudios o hábitos de vida que pudieran generar sesgo en los resultados.

Intervención: entrenamiento de fuerza muscular con una frecuencia mínima de 2 veces por semana y una duración total de 2 a 24 semanas.

Comparación: se seleccionaron los estudios que contaron con intervención de control pasivo y con intervención de control activo que compararon la efectividad de diferentes tipos de entrenamiento de fuerza muscular entre dos o más grupos de individuos.

Tipo de estudio: ensayos clínicos controlados con una fuerza de recomendación A o B.

Resultados: los estudios fueron elegibles si evaluaban, como mínimo, el índice de desarrollo de la fuerza, la contracción máxima voluntaria o la contracción máxima isométrica.

Tamaño de la muestra: de manera particular, los estudios experimentales fueron organizados de acuerdo al tamaño muestral y se consideraron para el análisis final solo aquellos con mayor sensibilidad y potencia. Al respecto, fueron analizados el apartado de metodología y el de resultados de cada estudio, considerando el tamaño muestral (número de sujetos del estudio o tamaño), los valores de probabilidad (valores p) y el nivel de significación estadística informado por cada variable de interés.

Protocolos de control diagnóstico aplicados: se realizó una jerarquización de los modelos acorde a las pruebas de control incluidas en su metodología, un aspecto que condiciona el alcance de los resultados informados.

Estrategia de búsqueda

Se seleccionaron como buscadores las palabras clave traducidas al inglés “strength training or resistance training”; “inactive or untrained or sedentary”; “1 repetition maximum or maximum voluntary contraction or isometric contraction or rate force development”; “adult”; “older people”, y “elderly people”. Durante el proceso de adquisición de la información se usaron las bases de datos ProQuest, PubMed, EBSCOhost, ScienceDirect, SciELO y Scholar.

Selección de los estudios

Una vez identificado el estudio, se procedió a depositar la información en una matriz de registro, síntesis, análisis y filtro construida de manera particular para este estudio en específico, de manera que se respetaran los criterios de elegibilidad antes establecidos. La selección de los estudios fue realizada siguiendo el siguiente proceso: a) identificación y lectura de los títulos, b) identificación de elementos metodológicos generales en los resúmenes y c) lectura y extracción de la información que alimentaba las categorías.

De los estudios seleccionados para la síntesis cualitativa se extrajeron y registraron en una tabla de datos las siguientes categorías de análisis: título del artículo, nivel de evidencia, nivel de fuerza, nivel de actividad física, protocolo de entrenamiento, variables evaluadas, duración del estudio en semanas, frecuencia semanal del ejercicio, duración de la sesión, número de series, número de repeticiones, intensidad del entrenamiento, intervalos de descanso, recuperación y resultados.

El presente estudio utilizó el programa EndNoteX4 para el tratamiento bibliográfico de la información y la valoración del escrito por parte de los investigadores, la clasificación de cada estudio acorde a lo sugerido por el grupo SIGN en seis niveles de evidencia (Tabla 1) y cuatro niveles de fuerza (Tabla 2) de las recomendaciones, así como la construcción de una matriz de análisis por categorías propuestas para obtener la información más relevante relacionada con la programación de la actividad física basada en el componente de fuerza y en el intervalo de edad propuesto.

Tras la aplicación de los criterios de elegibilidad establecidos para la presente revisión sistemática, se seleccionaron 49 artículos siguiendo el fluograma de selección propuesto desde los lineamientos ya citados (Figura 1).

Tabla 1. Niveles de evidencia de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Nivel de evidencia	Tipo de estudio
1++	Meta-análisis de gran calidad, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con muy bajo riesgo de sesgo
1+	Metaanálisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con bajo riesgo de sesgo
1-	Metaanálisis bien realizados, revisiones sistemáticas de ensayos clínicos aleatorizados o ensayos clínicos aleatorizados con alto riesgo de sesgo
2++	Revisiones sistemáticas de alta calidad de estudios de cohortes o de casos y controles, estudios de cohortes o de casos de alta calidad, con muy bajo riesgo de confusión, sesgo o azar y una alta probabilidad de que la relación sea causal
2+	Estudios de cohortes o de casos y controles bien realizados, con bajo riesgo de confusión, sesgo o azar y una moderada probabilidad de que la relación sea causal
2-	Estudios de cohortes o de casos y controles con alto riesgo de confusión, sesgo o azar y una significante probabilidad de que la relación sea causal
3	Estudios no analíticos (observaciones clínicas y series de casos)
4	Opiniones de expertos

Fuente: Elaboración con base en (19).

Tabla 2. Niveles de fuerza de recomendación.

Grado de recomendación	Nivel de evidencia
A	Al menos un meta-análisis, revisión sistemática o ensayo clínico aleatorizado calificado como 1++ y directamente aplicable a la población objeto, o una revisión sistemática de ensayos clínicos aleatorizados o un cuerpo de evidencia consistente principalmente en estudios calificados como 1+ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados
B	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios calificados como 2++ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o extrapolación de estudios calificados como 1++ o 1+
C	Un cuerpo de evidencia que incluya estudios calificados como 2+ directamente aplicables a la población objeto y que demuestren globalmente consistencia de los resultados, o extrapolación de estudios calificados como 2++
D	Niveles de evidencia 3 o 4, o extrapolación de estudios calificados como 2+

Fuente: Elaboración con base en (19).

Resultados

Características de los estudios

Las características de los artículos de acuerdo al tipo de estudio, el nivel de evidencia y el grado de recomendación se muestran en las Tablas 3 y 4. Todos los estudios se ordenaron en una matriz para la clasificación del nivel de evidencia, lo cual facilitó el análisis en dos aspectos: sobre las características metodológicas de los estudios revisados y sobre las características de prescripción del ejercicio físico centrado en la fuerza. De 1 183 publicaciones preseleccionadas, solo 49 artículos cumplieron en alto grado con los criterios de elegibilidad establecidos; en estas 49 publicaciones se analizaron 14 categorías que permitieron construir los parámetros de programación.

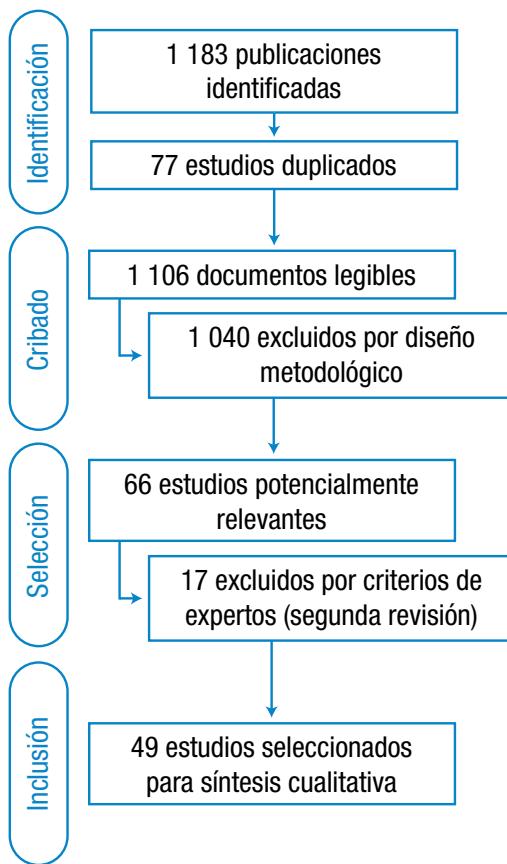


Figura 1. Flujo de selección de estudios.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática, parte A.

Autor / año	Nivel de evidencia	Nivel de Fuerza	Nivel de actividad física	Intervención empleada	Variables evaluadas	Duración del estudio en semanas	Frecuencia semanal
Benton <i>et al.</i> (21). 2011	2+	C	No entrenado	EF	1Rmáx	8	3-4
Buresh <i>et al.</i> (22). 2009.	2+	C	Activo	EF	AST/5Rmáx	10	4
Cannon & Marino (23). 2010	2+	B	Activo	EF	1Rmáx/CMV	10	3
Ciolac <i>et al.</i> (24). 2010	2+	B	Sedentario	EF	1Rmáx	13	2
Cotofana <i>et al.</i> (25). 2010	1-	B	No entrenado	EF	CMV	12	3
DeFreitas <i>et al.</i> (26). 2011	2-	C	Sedentario	EF	CMV/AST	8	3
Dragert & Zehr (27). 2011	2+	C	No entrenado	EF	CMV	5	3
Drummond <i>et al.</i> (28). 2014	1-	B	Activo	EF	1Rmáx/CMV	12	3
Simão <i>et al.</i> (29). 2012	1-	B	No entrenado	EF	TM/1Rmáx	12	2
Erskine <i>et al.</i> (30). 2010	2+	C	No entrenado	EF	AST/CMV	9	3
Erskine <i>et al.</i> (31). 2010	2-	C	No entrenado	EF	CMV/AST	9	3
Erskine <i>et al.</i> (32). 2012	1+	A	No entrenado	EF + proteína / EF + placebo	1Rmáx/AST	3+/6-/12+	No reporta
Erskine <i>et al.</i> (33). 2014	2+	C	Activo	EF	1Rmáx/EMG/CMV/MRI	12	3
Griffin <i>et al.</i> (34). 2009	1-	B	No entrenado	EF	CMV	4	2
Hanson <i>et al.</i> (35). 2009	2-	C	Sedentario	EF	1Rmáx, potencia muscular.	22	3
Ho <i>et al.</i> (36). 2014	2++	B	No entrenado	EF	Fuerza dinámica e isométrica	6	3

Continúa en la siguiente página.

Autor / año	Nivel de evidencia	Nivel de Fuerza	Nivel de actividad física	Intervención empleada	Variables evaluadas	Duración del estudio en semanas	Frecuencia semanal
Kidgell & Pearce (38). 2010	1-	B	No reporta	EF	CMV	4	3
Lambert <i>et al.</i> (39). 2015	1-	B	No entrenado	EF	1Rmáx	12	2 a 3
Lee <i>et al.</i> (40). 2009	2+	C	No reporta	EF	CMV	4	3
Lee <i>et al.</i> (41). 2009	1-	B	No reporta	EF	CMV	4	3
Lovell <i>et al.</i> (42). 2010	1-	B	Sedentario	EF	1Rmáx	16	3
Lowndes <i>et al.</i> (43). 2009	2+	C	No entrenado	EF	1Rmáx/CMV/AST	12	2
MacKenzie <i>et al.</i> (44). 2010	2-	C	No reporta	EF	CMV/1Rmáx	6	3
Moghadasi & Siavashpour (45). 2013	1+	A	Sedentario	EF	1Rmáx	12	3
Ogasawara <i>et al.</i> (46). 2011	1-	B	No entrenado	EF	1Rmáx/AST	15	3
Okamoto <i>et al.</i> (47). 2009	1-	B	No reporta	EF	1Rmáx	10	2
Okamoto <i>et al.</i> (48). 2011	1+	A	Sedentario	EF	Rmáx	10	2
Onambélé-Pearson <i>et al.</i> (49). 2010	1-	B	Activo	EF	1RM/CMV	12	No reporta
Osawa & Oguma (50). 2013	1+	A	No entrenado	EF	CMV	7	2
Patterson & Ferguson (51). 2011	2+	C	Activo	EF	1Rmáx	4	3
Peterson <i>et al.</i> (52). 2011	2-	C	No entrenado	EF	CMV/Rmáx/CM	12	2
Pinto <i>et al.</i> (15). 2014	1+	A	Sedentario	EF	Rmáx/GM/CM	6	2
Prestes <i>et al.</i> (53). 2009	2+	C	Sedentario	EF	Rmáx	16	2
Sampson <i>et al.</i> (54). 2013	2+	C	No entrenado	EF	Rmáx	16	3
Santo <i>et al.</i> (55). 2010	1+	A	Sedentario	EF	Rmáx	8	3
Scharhag <i>et al.</i> (56). 2014	1+	A	Sedentario	EF	Rmáx	24	3
Sedliak <i>et al.</i> (57). 2009	1-	B	No entrenado	EF	CMV/AST/1RM Rmáx	20	2 a 3
Shaw <i>et al.</i> (58). 2009	1-	B	Sedentario	EF	Rmáx	16	No reporta
Shimose <i>et al.</i> (59). 2011	2+	C	No reporta	EF	CMV	8	5
Stock & Thompson (60). 2014	1-	B	No entrenado	EF	Potencia/CMV	10	2
Tanimoto <i>et al.</i> (61). 2009	1-	B	Activo	EF	Rmáx	13	2
Tapp & Signorile (62). 2014	1-	B	Sedentario	EF	Rmáx	8	3
Vanni <i>et al.</i> (63). 2010	1+	A	No entrenado	EF	Rmáx/20Rmáx	28	3
Vila-Chá <i>et al.</i> (64). 2010	1+	A	No entrenado	EF	CMV/tiempo de falla/RFD	6	No reporta
Vila-Chá <i>et al.</i> (65). 2012	1+	A	Sedentario	EF	CMV/tiempo de falla.	3	3
Walsh <i>et al.</i> (66). 2009	2++	B	No reporta	EF	Rmáx/CMV/AST	12	2
Williams <i>et al.</i> (67). 2011	1+	A	Sedentario	EF vs flexibilidad	Rmáx	16	3
Zoeller <i>et al.</i> (68). 2009	2+	C	No entrenado	EF	Rmáx/CMV/AST	12	No reporta

EF: ejercicio físico; Rmáx: repetición máxima; AST: área de sección transversal muscular; CMV: contracción máxima voluntaria; EMG: electromiografía; MRI: imagen de resonancia magnética; TM: técnicas musculares.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Características de los estudios incluidos en la revisión sistemática, parte B.

Autor / año	Duración de la sesión (minutos)	Número de sets	Número de repeticiones	Intensidad del entrenamiento	Tiempo de descanso entre sets (minutos)	Tiempo de recuperación (minutos)
Benton <i>et al.</i> (21). 2011	NR	3 o 6	8-12	50-80% 1Rmáx	NR	NR
Buresh <i>et al.</i> (22). 2009.	NR	NR	10	Punto de falla	1 o 2.5	NR
Cannon & Marino (23). 2010	NR	1-3	10	50-75% 1Rmáx	2	NR
Ciolac <i>et al.</i> (24). 2010	45	2	8-10	Inicial 60% 1Rmáx	1	5
Cotofana <i>et al.</i> (25). 2010	60	NR	NR	60-80% 1Rmáx	NR	NR
DeFreitas <i>et al.</i> (26). 2011	NR	3	8-dic	Punto de falla	2	NR
Dragert & Zehr (27). 2011	25	5	5	Máximo esfuerzo	2	NR
Drummond <i>et al.</i> (28). 2014	NR	4	8-10	NR	2	NR
Simão <i>et al.</i> (29). 2012	NR	2, 3 y 4	12, 10 y 3	5-15Rmáx	NR	NR
Erskine <i>et al.</i> (30). 2010	NR	4	10	80% 1Rmáx	2	NR
Erskine <i>et al.</i> (31). 2010	NR	4	10	80%	2	NR
Erskine <i>et al.</i> (32). 2012	NR	2-mar	8-12	1Rmáx	2	NR
Erskine <i>et al.</i> (33). 2014	NR	2-3	NR	8-10Rmáx	2	NR
Griffin <i>et al.</i> (34). 2009	NR	NA	NA	12% MVC	NR	NR
Hanson <i>et al.</i> (35). 2009	NR	1-5	5-20	50% 1Rmáx o 5Rmáx	0.5-3	NR
Ho <i>et al.</i> (36). 2014	NR	3	10	10Rmáx	2	NR
Karavirta <i>et al.</i> (37). 2013	NR	5-12	12-20/5-12/5-8	40-85%	NR	NR
Kidgell & Pearce (38). 2010	NR	6	10	RMV	3	NR
Lambert <i>et al.</i> (39). 2015	NR	4	8-12	60-75% 1Rmáx	1.5	NR
Lee <i>et al.</i> (40). 2009	NR	4	8	70-85% 1Rmáx	NR	NR
Lee <i>et al.</i> (41). 2009	NR	4	10	Esfuerzo máximo	2-3	NR
Lovell <i>et al.</i> (42). 2010	NR	3	6-10	70-90% 1Rmáx	NR	NR
Lowndes <i>et al.</i> (43). 2009	45-60	3	12, 8 y 6	6-12Rmáx	2	NR
MacKenzie <i>et al.</i> (44). 2010	NR	2-5	6-12	NR	2	NR
Moghadasi & Siavashpour (45). 2013	50-60	4	8-12	65-80% 1Rmáx	NR	NR
Ogasawara <i>et al.</i> (46). 2011	NR	3	10	75% 1Rmáx	2-3	NR
Okamoto <i>et al.</i> (47). 2009	NR	1	8-10	NR	NR	NR
Okamoto <i>et al.</i> (48). 2011	NR	5	10	50% 1Rmáx	0.5	NR
Onambélé-Pearson <i>et al.</i> (49). 2010	NR	NR	NR	44% o 80% 1Rmáx	NR	NR
Osawa & Oguma (50). 2013	60	2-3	NR	Sin peso	1	NR
Patterson & Ferguson (51). 2011	NR	3	Punto de falla	25% 1Rmáx	1	NR
Peterson <i>et al.</i> (52). 2011	45-60 min	3	12, 8 y 6	6-12Rmáx	NR	NR
Pinto <i>et al.</i> (15). 2014	NR	2-3	12-15	No especifica	2	NR
Prestes <i>et al.</i> (53). 2009	50	3	6-14	Rmáx	1-2	NR
Sampson <i>et al.</i> (54). 2013	NR	4	12-15	50 - 85% Rmáx	NR	NR
Santo <i>et al.</i> (55). 2010	NR	3	10-12	50% 1Rmáx	2	NR

Continúa en la siguiente página.

Autor / año	Duración de la sesión (minutos)	Número de sets	Número de repeticiones	Intensidad del entrenamiento	Tiempo de descanso entre sets (minutos)	Tiempo de recuperación (minutos)
Scharhag <i>et al.</i> (56). 2014	NR	2	16 a 20	64-71% 1Rmáx	1	NR
Sedliak <i>et al.</i> (57). 2009	NR	2-4	6-12 o 1-8	40 al 80% 1Rmáx	NR	NR
Shaw <i>et al.</i> (58). 2009	22 min	3	15	60% 1Rmáx	NR	5
Shimose <i>et al.</i> (59). 2011	NR	1	30	70% MVC	No aplica	NR
Stock & Thompson (60). 2014	NR	5-6	5	Máxima carga	3	NR
Tanimoto <i>et al.</i> (61). 2009	NR	3	NR	60% o 90% 1Rmáx	1	NR
Tapp & Signorile (62). 2014	NR	1-3mar	12	50-60% 1Rmáx	NR	5
Vanni <i>et al.</i> (63). 2010	70 a 90 min	3	20 a 8	18-6	1 o 2	NR
Vila-Chá <i>et al.</i> (64). 2010	NR	3-4abr	oct-18	60-75% 1Rmáx	2	NR
Vila-Chá <i>et al.</i> (65). 2012	NR	3	13-18	65-70% 1Rmáx	NR	NR
Walsh <i>et al.</i> (66). 2009	45-60	3	12, 8 y 6	65-90% 1Rmáx	2	NR
Williams <i>et al.</i> (67). 2011	NR	4	8-12dic	60% 1Rmáx	NR	NR
Zoeller <i>et al.</i> (68). 2009	45 - 60	3	6-12-jun	65-90% 1Rmáx	NR	NR

NR: no registra; Rmáx: repetición máxima; MVC: contracción máxima voluntaria.

Fuente: Elaboración propia.

Categorías de análisis del contenido

Para dar claridad sobre los principales hallazgos de la presente revisión sistemática, se presentan las categorías y respectivos resultados de la siguiente manera:

Nivel de actividad física: 29% de los estudios incluyó sujetos sedentarios, 0% moderadamente activos, 10% físicamente activos, 4% recreacionalmente activos y 72% sedentarios.

Intervención empleada: los métodos y programas de entrenamiento presentan una elevada variabilidad; sin embargo, existen factores comunes a su diseño como el uso de máquinas de gimnasio para trabajo muscular global y específico y el estudio centrado en la musculatura de miembros superiores o inferiores, de forma bilateral y unilateral, desconociendo en este último caso el efecto del entrenamiento cruzado. Solo en uno de los estudios se analizó el efecto del orden del entrenamiento y el efecto sobre la musculatura agonista/antagonista. Considerando los dos aspectos mencionados, el principal hallazgo es el uso común de un método de entrenamiento ondulatorio que orienta su trabajo al incremento progresivo de la carga y a la disminución proporcional de repeticiones, más no de las series.

Variables utilizadas para la medición de la fuerza muscular: la resistencia máxima dinámica (55% de los estudios seleccionados) y la contracción máxima voluntaria (42% de los estudios seleccionados) son las variables de mayor control de cara a medir los efectos del entrenamiento de la fuerza sobre el sistema neural y muscular.

Duración del estudio en semanas: existe un alto nivel de heterogeneidad metodológica, ya que se encontraron 19 períodos de tiempo utilizados; el de mayor repetitividad fue el de 12 semanas (20% de los estudios).

Comparación: el 42% de los estudios utilizaron grupo control y el 32%, grupos de comparación para evaluar el efecto de diferentes intervenciones o suplementos nutricionales sobre el sistema neuromuscular. El 26% de los estudios no utilizó ningún tipo de control o evaluación, lo que se justificó en algunos casos por el uso

del control de miembro contralateral no entrenado, pero sin tener en cuenta los efectos del entrenamiento cruzado.

Frecuencia semanal del ejercicio: a pesar de la heterogeneidad de las características del protocolo en entrenamiento, se destaca que las frecuencias de aplicación de las sesiones con mayores beneficios se encuentran entre 2 y 3 veces por semana (29-53% de los estudios analizados).

Duración de la sesión: no es posible establecer la duración promedio de una sesión de entrenamiento muscular porque en el 76% de los casos no fue reportada esta variable dentro de la descripción metodológica de los estudios.

Número de series: sin importar el protocolo de entrenamiento desarrollado en cada uno de los experimentos, se encontró como factor común el uso promedio de entre 3 y 4 series.

Número de repeticiones: en 27 de los 50 estudios se presentó fluctuación del número de repeticiones tanto en forma ascendente como descendente. En el primer caso no se presentó variación de la intensidad del entrenamiento y en el segundo se incrementó de forma gradual la intensidad del ejercicio.

Intensidad del entrenamiento: en promedio, los programas de entrenamiento estudiados utilizaron una intensidad para la ejecución de los ejercicios entre 50% y 80% de 1Rmáx, es decir cargas que van de nivel bajo ($\leq 60\%$) a moderado de intensidad (60-80%).

Intervalos de descanso: el 60% de los estudios utiliza entre 1 y 3 minutos de descanso entre series.

Recuperación: en 2 de los 49 estudios revisados se hizo referencia al tiempo requerido para la recuperación muscular después del entrenamiento de fuerza; en ambos artículos se utilizó un periodo de 5 minutos como intervalo de descanso entre ejercicios.

Muestra de población utilizada: debido a que en el 96% de los estudios seleccionados no se utilizó una metodología estadística para la selección de una muestra representativa de la población, no es posible extraer los resultados obtenidos a una población en particular. La proporción de sujetos utilizados como muestra para los experimentos de los artículos seleccionados oscila, en su mayoría, entre 10 y 30 sujetos, es decir, el 62% del total de los estudios; solo

el 2% de las investigaciones utiliza una muestra representativa de la población (>500 individuos).

Género de los sujetos de estudio: el 38% de los estudios analizados tiene como sujetos de estudio al género masculino, seguido de cerca con 32% los experimentos con muestra poblacional mixta; continúa en menor medida el estudio en mujeres con 22% y en el que no se especifica el género de los sujetos con 8%.

Riesgo de sesgo en los estudios: el 57% de los estudios utilizó un método de aleatorización para la asignación de los sujetos, bien fuera a un grupo experimental en particular o a un grupo control; solo uno de los estudios explicó el método de randomización utilizado y ninguno hizo referencia al uso o no del método de enmascaramiento u ocultación de la secuencia de aleatorización. No se hizo claridad sobre si los evaluadores se mantuvieron ciegos frente al tratamiento recibido por cada sujeto de estudio tanto en la evaluación inicial como final, esto generó que los investigadores sobreestimaran el efecto de las intervenciones hasta en un 40% (19).

Nivel de evidencia y de fuerza: en vista de que ningún artículo fue calificado con nivel de evidencia 1++ (58% fue clasificado entre los niveles de evidencia 1+ y 1- y el 42% entre los niveles 2++ y 2-) y que tan solo 24% obtuvo como resultado final un nivel de fuerza de grado A (76% fue clasificado entre los niveles de B y C), se evidencia un alto riesgo de sesgo en el proceso metodológico de los artículos seleccionados (Tablas 5 y 6).

Tabla 5. Nivel de evidencia de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Nivel de evidencia	Número de artículos	Porcentaje
1++	0	0%
1+	12	24%
1-	16	33%
2++	2	4%
2+	14	29%
2-	5	10%
3	0	0%
4	0	0%
Total	49	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Nivel de fuerza de las recomendaciones de los estudios incluidos en la revisión sistemática.

Nivel de fuerza	Número de artículos	Porcentaje
A	12	24.48%
B	20	40.81%
C	17	34.69%
Total	49	100%

Fuente: Elaboración propia.

Discusión

A pesar de que el sedentarismo se constituye como el cuarto factor de riesgo cardiovascular a nivel mundial y representa el 9% de las muertes prematuras, tan solo el 29% de la muestra de los artículos seleccionados estudió el efecto del entrenamiento de fuerza sobre sujetos sedentarios. Además, se evidenció que los parámetros de evaluación para determinar si un sujeto es sedentario, no entrenado o

activo recreativamente difieren entre los artículos analizados, lo que genera problemas a la hora de generalizar esos resultados.

Los estudios incluidos describen que existen efectos positivos sobre el sistema neuromuscular como resultado de un entrenamiento de fuerza, lo cual da cuenta de la adaptabilidad y plasticidad del tejido neuronal y muscular. Lo anterior permite contar con una alta gama de herramientas metodológicas al momento de plantear los objetivos de la prescripción de la actividad física; sin embargo, se debe tener precaución con la aplicación de los protocolos expuestos en cada uno de estos artículos, ya que en su mayoría no exponen cómo influye el efecto cruzado, la coordinación de intramuscular, la velocidad del movimiento y los tiempos de intervalo o descanso entre ejercicios, factores cruciales al momento de diseñar un protocolo de intervención.

Respecto a las categorías de los resultados, a continuación se discuten los hallazgos:

Duración de la sesión, intervalos de descanso y tiempo de recuperación

Llama la atención que no se considere como factor fundamental en la prescripción de ejercicio la duración de la sesión de entrenamiento, ya que esto implica dejar a la deriva el control sobre la velocidad de contracción o movimiento de un segmento corporal, así como los tiempos de descanso entre series, repeticiones y ejercicios, factores que se relacionan directamente con el tipo de fibra muscular. Los estudios que reportan el tiempo de descanso entre series o repeticiones también dejan de controlar la velocidad del movimiento corporal, así como la duración total de la sesión.

Recomendación general: seguir las normas internacionales de 150 minutos de práctica de actividad física centrada en el componente muscular para sujetos principiantes y aumentar a 250 minutos para practicantes de nivel intermedio y experto acorde a lo que se viene sugiriendo en las guías y recomendaciones internacionales (69).

Fuerza de la evidencia: 57% de los estudios soportaron la recomendación con niveles de evidencia 1+ y 1-.

Intensidad

De acuerdo a la revisión sistemática, se estableció que la mayoría de las actividades básicas cotidianas se desarrollan con un grado de fuerza submáxima, lo que significa que la intensidad del entrenamiento promedio para un programa de fortalecimiento está entre 50% y 80% de 1Rmáx; esto explicaría los niveles de intensidad seleccionados para el entrenamiento de la población sedentaria o no entrenada, ya que lo que se busca para este tipo de población es un acondicionamiento físico que permita mantener y elevar la salud y la calidad de vida. Además, se pudo establecer que el incremento de carga es progresivo, lo cual garantizó adaptaciones significativas a nivel neural y estructural.

Recomendación general: diseñar los programas de actividad física sobre intensidades entre el 50% y el 80% (moderada-alta intensidad) para favorecer la obtención de resultados positivos sobre la funcionalidad donde se resalta el mantenimiento e incremento de la masa magra muscular, el mejoramiento de los patrones de activación agonista-antagonista, el incremento de las expresiones de tensión muscular, entre otros parámetros.

Fuerza de la evidencia: 58% de estudios soportan la recomendación con niveles de evidencia entre 1+, 1-, 2++ y 2-.

Frecuencia semanal del ejercicio, número de series y repeticiones

La presente revisión sistemática evidenció que el entrenamiento de fuerza se debe realizar con una frecuencia de 2 a 3 veces por semana, distribuyendo el volumen de entrenamiento por cada ejercicio entre 3 y 4 series, cada uno con un número de repeticiones inversamente proporcionales a la intensidad utilizada; esta nunca debe ser <5 repeticiones por ejercicio y por grupo muscular.

Recomendación general: ajustar las 2-3 sesiones por semana con una suma total de las sesiones que oscile entre 150 y 250 minutos acogiendo las guías y recomendaciones internacionales (69,70).

Fuerza de la evidencia: 57% de los estudios soportan la recomendación con niveles de evidencia 1+ y 1-.

Duración de la intervención

La heterogeneidad del tiempo de duración del entrenamiento de fuerza no permitió establecer cuál es la intervención mínima para evidenciar cambios neuronales y estructurales; sin embargo, sí permitió establecer que desde la primera sesión de entrenamiento, incluso desde la familiarización, se comienzan a presentar adaptaciones neuronales y estructurales, lo que lleva a medir la efectividad del entrenamiento durante las primeras 2 a 3 semanas de intervención con herramientas de valoración no relacionadas con la evaluación de la masa muscular o el área transversal muscular.

Recomendación general: resaltar que la fuerza muscular puede incrementar de forma significativa desde la primera semana de entrenamiento y que períodos adicionales potencian dicho cambio por adaptaciones de la función neural y el área de sección transversal muscular. Considerando los estudios analizados, los beneficios podrían agruparse en inmediatos, a mediano y largo plazo; de hecho, solo una sesión de actividad física altera la síntesis proteica manteniendo sus valores elevados hasta 24 horas pos sesión (71), un fenómeno que se suma entre sesiones y el total de duración del programa para modificar positiva o significativamente la fuerza (4-6 semanas) y la masa magra muscular (12-24 semanas) (72).

Fuerza de la evidencia: 20% de los estudios soportan la recomendación general con nivel de evidencia 1+.

Género y edad de los sujetos de estudio

Se encontró que los efectos del entrenamiento de fuerza en población femenina sedentaria o no entrenada representan un vacío de conocimiento, ya que en su mayoría los estudios se concentraron en la población masculina o mixta.

Recomendación general: es necesario analizar los efectos de los programas de entrenamiento de fuerza sobre diferentes componentes de la funcionalidad por edades de maduración y desarrollo y por género y raza. De manera particular, se sugiere revisar un factor no mencionado en los estudios analizados relacionado a la adherencia por género, ya que diversos componentes motivacionales podrían explicar las diferencias de participación y compromiso por género y edad, algo que invita a evaluar aspectos aplicativos de los programas sin perder el objetivo fundamental para el cual son diseñados, pues estos están relacionados al mantenimiento y preservación de la calidad funcional.

Fuerza de la evidencia: 22% de los estudios no contaron con la participación de mujeres.

Edad de los sujetos de estudio

Los estudios que cumplieron con todos los criterios para el desarrollo de una revisión sistemática de alta calidad fueron aquellos que analizaban adultos jóvenes, quizás por el menor riesgo de lesiones osteoneuromusculares en este tipo de población sedentaria.

Recomendación general: la preservación y el mejoramiento de la función neuromuscular entre adultos jóvenes y sujetos de edad media son necesarios como mecanismos de protección temprana a fallos, accidentes, caídas, traumas y fracturas donde una de las causas está estrechamente ligada a la pérdida de fuerza y masa magra muscular. En ese sentido, es importante diferenciar aspectos propios de las variables de programación (intensidad, volumen, recuperación, velocidad de ejecución, frecuencia de práctica, entre otros) y contenidos por edad y género, nivel de actividad física, entre otras variables, a fin de proteger la salud e integridad de los participantes, así como garantizar adaptaciones positivas sobre la salud.

Análisis cualitativo de las características metodológicas

No toda la evidencia científica que estudia el efecto del entrenamiento de fuerza sobre el sistema neuromuscular tiene la robustez metodológica requerida para soportar el desarrollo de protocolos de entrenamiento orientados a la obtención de efectos positivos sobre el movimiento corporal humano; por esto, es pertinente realizar la evaluación de la calidad metodológica de los estudios experimentales que analizan dicho fenómeno de cara a evitar decisiones profesionales basadas en experimentos sesgados y con un alto grado de error.

Recomendación general: el proceso de diseño, control e implementación de programas de entrenamiento centrados en la función neuromuscular con transferencia a la funcionalidad general requiere de la incorporación de unos parámetros comunes mínimos que permitan replicar dichas prácticas y asegurar los mejores resultados. Si bien hay evidencia de base que es coherente con las guías y recomendaciones internacionales, es claro que la posibilidad de replicar dichas experiencias queda anulada por la mala aplicación o el desconocimiento de aspectos metodológicos clave.

Fuerza de la evidencia: el 58% de los estudios revisados son metodológicamente y proceduralmente coherentes con lo sugerido en las guías y recomendaciones internacionales; el 42% restante presenta fallos o vacíos metodológicos parciales que incrementan la incertidumbre frente al desenlace descrito.

A modo de síntesis general, las limitaciones metodológicas de la presente revisión sistemática pueden ser agrupadas así: a) el idioma inglés fue el único lenguaje utilizado para el rastreo de la información; b) no se buscó literatura gris ni se verificaron los trabajos referenciados en cada artículo; c) la revisión se centró en estudios de corte experimental y cuasi experimental; d) no se consideraron las investigaciones con diseño exploratorio, descriptivo, correlacional u observacional; e) no se evaluó el efecto global de cada variable, pues el objetivo del trabajo se centró en la determinación de parámetros de programación comunes a todo tipo de entrenamiento de fuerza, y f) solo se seleccionaron artículos de los últimos cinco años.

Si bien las características metodológicas descritas son de vital importancia para configurar la validez interna de un estudio, se debe destacar que más del 70% de los artículos seleccionados presentaron solidez metodológica en áreas como la similitud de los grupos de estudio al inicio y al final del ensayo y el análisis estadístico utilizado.

Lo anterior permitió obtener calificaciones del nivel de evidencia ≥ 1 - y de fuerza $\geq C$, suficientes para orientar con precaución programas de intervención dirigidos a la capacidad-fuerza y para establecer, por un lado, áreas de incertidumbre que deben ser exploradas y, por el otro, potenciales errores sistemáticos de los investigadores que ponen en riesgo la salud de los practicantes.

Conclusiones

Los estudios clasificados con nivel 1+/1- (58%) permiten establecer efectos positivos de los entrenamientos centrados en el sistema neuromuscular sobre calidad y economía del movimiento evaluadas a través de pruebas de resistencia máxima dinámica o contracción máxima voluntaria, con rutinas aplicadas entre 2 y 3 días a la semana, de mínimo 12 semanas de duración, con intensidades entre 50% y 80% respecto al esfuerzo máximo y con tiempos totales semanales de mínimo 150 minutos.

No obstante, es evidente que en una parte importante de la información científica circulante se detectan errores metodológicos que se suman a los errores sistemáticos (cometidos por los investigadores), lo cual incide en la fuerza de los resultados publicados; esto debe ser identificado de forma periódica a fin de no motivar la implementación de programas o prácticas con beneficios dudosos o potencialmente riesgosos para la salud y la calidad de vida del practicante.

Conflictos de intereses

Ninguno declarado por los autores.

Financiación

Ninguna declarada por los autores.

Agradecimientos

Ninguno declarado por los autores.

Referencias

- Pate RR, Pratt M, Blair SN, Haskell WL, Macera CA, Bouchard C, *et al.* Physical activity and public health. A recommendation from the Centers for Disease Control and Prevention and the American College of Sports Medicine. *Jama*. 1995;273(5):402-7. <http://doi.org/dd9gnc>.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM, *et al.* American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59. <http://doi.org/c6hwt6>.
- Wahid A, Manek N, Nichols M, Kelly P, Foster C, Webster P, *et al.* Quantifying the Association Between Physical Activity and Cardiovascular Disease and Diabetes: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Heart Assoc*. 2016;5(9). <http://doi.org/cpr9>.
- Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, *et al.* Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis / Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010;39(4):412-23. <http://doi.org/c945zg>.
- Delmonico MJ, Harris TB, Lee JS, Visser M, Nevitt M, Kritchevsky SB, *et al.* Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *J Am Geriatr Soc*. 2007;55(5):769-74. <http://doi.org/chkwvx>.
- Wang J, Leung KS, Chow SK, Cheung WH. Inflammation and age-associated skeletal muscle deterioration (sarcopenia). *J Orthop Translat*. 2017;10:94-101. <http://doi.org/gdcsnj>.
- Hamilton MT. The role of skeletal muscle contractile duration throughout the whole day: reducing sedentary time and promoting universal physical activity in all people. *J Physiol*. 2018;596(8):1331-40. <http://doi.org/cpsc>.
- Pedersen BK. The diseasesome of physical inactivity - and the role of myokines in muscle-fat cross talk. *J Physiol*. 2008;587(Pt 23):5559-68. <http://doi.org/bgwsft>.
- Handschin C. Peroxisome proliferator-activated Receptor-gamma coactivator-1alpha in muscle link metabolism to inflammation. *Clin Exp Pharmacol Physiol*. 2009;36(12):1139-43. <http://doi.org/bx5cx4>.
- Candari CJ, Cylus J, Nolte E. Assessing the economic costs of unhealthy diets and low physical activity. An evidence review and proposed framework. London: World Health Organization; 2017.
- Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, *et al.* Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012;380(9838):219-29. <http://doi.org/f2fthh>.
- Vidt ME, Daly M, Miller ME, Davis CC, Marsh AP, Saul KR. Characterizing upper limb muscle volume and strength in older adults: a comparison with young adults. *J Biomech*. 2012;45(2):334-41. <http://doi.org/fktpmn>.
- Doheny EP, McGrath D, Ditroilo M, Mair JL, Greene BR, Caulfield B, *et al.* Effects of a low-volume, vigorous intensity step exercise program on functional mobility in middle-aged adults. *Ann Biomed Eng*. 2013;41(8):1748-57. <http://doi.org/f44fx4>.
- Walker S, Peltonen H, Avela J, Häkkinen K. Neuromuscular fatigue in young and older men using constant or variable resistance. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(4):1069-79. <http://doi.org/f4qqz2>.
- Pinto RS, Correa CS, Radaelli R, Cadore EL, Brown LE, Bottaro M. Short-term strength training improves muscle quality and functional capacity of elderly women. *Age*. 2014;36(1):365-72. <http://doi.org/cpsd>.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JP, *et al.* The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *PLoS Med*. 2009;6(7):e1000100. <http://doi.org/cw592j>.
- Higgins JP, Green S, *editors*. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions. Version 5.1.0. The Cochrane Collaboration; 2011.
- Zeng X, Zhang Y, Kwong JS, Zhang C, Li S, Sun F, *et al.* The methodological quality assessment tools for preclinical and clinical studies, systematic review and meta-analysis, and clinical practice guideline: a systematic review. *J Evid Based Med*. 2015;8(1):2-10. <http://doi.org/cpsf>.
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. Methodology Checklist 2: Controlled Trials. Edinburgh: SIGN; 2015 [cited 2018 May 16]. Available from: <https://goo.gl/ZXwKaQ>.
- Abreu JL, Parra-González C, Molina-Arenas EH. El Rol de las Preguntas de Investigación en el Método Científico. *Daena: International Journal of Good Conscience*. 2012;7(1):169-87.
- Benton MJ, Kasper MJ, Raab SA, Waggener GT, Swan PD. Short-term effects of resistance training frequency on body composition and strength in middle-aged women. *J Strength Cond Res*. 2011;25(11):3142-9. <http://doi.org/bxw67m>.
- 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. <http://doi.org/cxhfnm>.
- Cannon J, Marino FE. Early-phase neuromuscular adaptations to high-and low-volume resistance training in untrained young and older women. *J Sports Sci*. 2010;28(14):1505-14. <http://doi.org/cfmr8t>.
- Ciolac EG, Garcez-Leme LE, Greve JM. Resistance exercise intensity progression in older men. *Int J Sports Med*. 2010;31(6):433-8. <http://doi.org/b8d9v4>.

25. Cotofana S, Ring-Dimitriou S, Hudelmaier M, Himmer M, Wirth W, Sänger AM, et al. Effects of exercise intervention on knee morphology in middle-aged women: A longitudinal analysis using magnetic resonance imaging. *Cells Tissues Organs*. 2010;192(1):64-72. <http://doi.org/cjz3t2>.
26. DeFreitas JM, Beck TW, Stock MS, Dillon MA, Kasishke PR. An examination of the time courses of training-induced skeletal muscle hypertrophy. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(11):2785-90. <http://doi.org/fss2ng>.
27. Dragert K, Zehr EP. Bilateral neuromuscular plasticity from unilateral training of the ankle dorsiflexors. *Exp Brain Res*. 2011;208(2):217-27. <http://doi.org/dxn45p>.
28. Drummond MD, Couto BP, Augusto IG, Rodrigues SA, Szmurowski LA. Effects of 12 weeks of dynamic strength training with local vibration. *Eur J Sport Sci*. 2014;14(7):695-702. <http://doi.org/cpsh>.
29. Simão R, Spineti J, de Salles BF, Matta T, Fernandes L, Fleck SJ, et al. Comparison between nonlinear and linear periodized resistance training: hypertrophic and strength effects. *J Strength Cond Res*. 2012;26(5):1389-95. <http://doi.org/f3zr7p>.
30. Erskine RM, Fletcher G, Folland JP. The contribution of muscle hypertrophy to strength changes following resistance training. *Eur J Appl Physiol*. 2014;114(6):1239-49. <http://doi.org/cpsj>.
31. Erskine RM, Fletcher G, Hanson B, Folland JP. Whey protein does not enhance the adaptations to elbow flexor resistance training. *Med Sci Sports Exerc*. 2012;44(9):1791-800. <http://doi.org/f43vxc>.
32. Erskine RM, Jones DA, Williams AG, Stewart CE, Degens H. Inter-individual variability in the adaptation of human muscle specific tension to progressive resistance training. *Eur J Appl Physiol*. 2010;110(6):1117-25. <http://doi.org/fsn479>.
33. Erskine RM, Jones DA, Williams AG, Stewart CE, Degens H. Resistance training increases *in vivo* quadriceps femoris muscle specific tension in young men. *Acta Physiologica*. 2010;199(1):83-9. <http://doi.org/dthbf>.
34. Griffin L, Painter PE, Wadhwa A, Spirduso WW. Motor unit firing variability and synchronization during short-term light-load training in older adults. *Exp Brain Res*. 2009;197(4):337-45. <http://doi.org/ddngwr>.
35. Hanson ED, Srivatsan SR, Agrawal S, Menon KS, Delmonico MJ, Wang MQ, et al. Effects of Strength Training on Physical Function: Influence of Power, Strength, and Body Composition. *J Strength Cond Res*. 2009;23(9):2627-37. <http://doi.org/bh6vqn>.
36. Ho JY, Kuo TY, Liu KL, Dong XY, Tung K. Combining normobaric hypoxia with short-term resistance training has no additive beneficial effect on muscular performance and body composition. *J Strength Cond Res*. 2014;28(4):935-41. <http://doi.org/cpsm>.
37. Karavirta L, Costa MD, Goldberger AL, Tulppo MP, Laaksonen DE, Nyman K, et al. Heart Rate Dynamics after Combined Strength and Endurance Training in Middle-Aged Women: Heterogeneity of Responses. *PLoS One*. 2013;8(8):72664. <http://doi.org/f5f3mj>.
38. Kidgell DJ, Pearce AJ. Corticospinal properties following short-term strength training of an intrinsic hand muscle. *Hum Mov Sci*. 2010;29(5):631-41. <http://doi.org/bg69v7>.
39. Lambert BS, Shimkus KL, Fluckey JD, Riechman SE, Greene NP, Cardin JM, et al. Anabolic responses to acute and chronic resistance exercise are enhanced when combined with aquatic treadmill exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab*. 2015;308(3):E192-E200. <http://doi.org/f6zs8c>.
40. Lee M, Gandevia SC, Carroll TJ. Short-term strength training does not change cortical voluntary activation. *Med Sci Sports Exerc*. 2009;41(7):1452-60. <http://doi.org/cwzgnv>.
41. Lee M, Gandevia SC, Carroll TJ. Unilateral strength training increases voluntary activation of the opposite untrained limb. *Clin Neurophysiol*. 2009;120(4):802-8. <http://doi.org/cvrg92>.
42. Lovell DI, Cuneo R, Gass GC. The effect of strength training and short-term detraining on maximum force and the rate of force development of older men. *Eur J Appl Physiol*. 2010;109(3):429-35. <http://doi.org/d22r33>.
43. Lowndes J, Carpenter RL, Zoeller RF, Seip RL, Moyna NM, Price TB, et al. Association of age with muscle size and strength before and after short-term resistance training in young adults. *J Strength Cond Res*. 2009;23(7):1915-20. <http://doi.org/fbdqdr>.
44. MacKenzie SJ, Rannelli LA, Yurchevich JJ. Neuromuscular adaptations following antagonist resisted training. *J Strength Cond Res*. 2010;24(1):156-64. <http://doi.org/c858rm>.
45. Moghadasi M, Siavashpour S. The effect of 12 weeks of resistance training on hormones of bone formation in young sedentary women. *Eur J Appl Physiol*. 2013;113(1):25-32. <http://doi.org/f4jxg4>.
46. Ogasawara R, Yasuda T, Sakamaki M, Ozaki H, Abe T. Effects of periodic and continued resistance training on muscle CSA and strength in previously untrained men. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2011;31(5):399-404. <http://doi.org/cgh357>.
47. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effects of muscle contraction timing during resistance training on vascular function. *J Hum Hypertens*. 2009;23(7):470-78. <http://doi.org/bjfpnm>.
48. Okamoto T, Masuhara M, Ikuta K. Effect of low-intensity resistance training on arterial function. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(5):743-48. <http://doi.org/cxrq8f>.
49. Onambélé-Pearson GL, Breen L, Stewart CE. Influence of exercise intensity in older persons with unchanged habitual nutritional intake: skeletal muscle and endocrine adaptations. *Age*. 2010;32(2):139-53. <http://doi.org/c2nmf8>.
50. Osawa Y, Oguma Y. Effects of resistance training with whole-body vibration on muscle fitness in untrained adults. *Scand J Med Sci Sports*. 2013;23(1):84-95. <http://doi.org/bk7bz9>.
51. Patterson SD, Ferguson RA. Enhancing strength and postocclusive calf blood flow in older people with training with blood-flow restriction. *J Aging Phys Act*. 2011;19(3):201-13. <http://doi.org/f3wgcm>.
52. Peeterson G, Dobson AJ, Deeg DJ, Brown WJ. A life-course perspective on physical functioning in women. *Bull World Health Organ*. 2013;91(9):661-70. <http://doi.org/f5gbxx>.
53. Prestes J, Shiguemoto G, Botero JP, Frollini A, Dias R, Leite R, et al. Effects of resistance training on resistin, leptin, cytokines, and muscle force in elderly post-menopausal women. *J Sports Sci*. 2009;27(14):1607-15. <http://doi.org/dcxtt3>.
54. Sampson JA, McAndrew D, Donohoe A, Jenkins A, Groeller H. The effect of a familiarization period on subsequent strength gain. *J Sports Sci*. 2013;31(2):204-11. <http://doi.org/cpsx>.
55. Santos E, Rhea MR, Simão R, Dias I, Salles BF, Novaes J, et al. Influence of moderately intense strength training on flexibility in sedentary young women. *J Strength Cond Res*. 2010;24(11):3144-9. <http://doi.org/bcx7x2>.
56. Scharhag-Rosenberger F, Meyer T, Wegmann M, Ruppenthal S, Kaestner L, Morsch A, et al. Irisin does not mediate resistance training-induced alterations in resting metabolic rate. *Med Sci Sports Exerc*. 2014;46(9):1736-43. <http://doi.org/f6fq9v>.
57. Sedliak M, Finni T, Cheng S, Lind M, Häkkinen K. Effect of time-of-day-specific strength training on muscular hypertrophy in men. *J Strength Cond Res*. 2009;23(9):2451-7. <http://doi.org/bfz2z4>.
58. Shaw BS, Shaw I, Brown G. Comparison of resistance and concurrent resistance and endurance training regimes in the development of strength. *J Strength Cond Res*. 2009;23(9):2507-14. <http://doi.org/d9zhzx>.
59. Shimose R, Matsunaga A, Muro M. Effect of submaximal isometric wrist extension training on grip strength. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(3):557-65. <http://doi.org/fnbv5p>.

60. Stock MS, Thompson BJ. Sex comparisons of strength and coactivation following ten weeks of deadlift training. *J Musculoskelet Neuronal Interact.* 2014;14(3):387-97.
61. Tanimoto M, Arakawa H, Sanada K, Miyachi M, Ishii N. Changes in muscle activation and force generation patterns during cycling movements because of low-intensity squat training with slow movement and tonic force generation. *J Strength Cond Res.* 2009;23(8): 2367-76. <http://doi.org/b9vt7j>.
62. Tapp LR, Signorile JF. Efficacy of WBV as a modality for inducing changes in body composition, aerobic fitness, and muscular strength: a pilot study. *Clin Interv Aging.* 2014;9:63-72. <http://doi.org/eps2>.
63. Vanni AC, Meyer F, da Veiga AD, Zanardo VP. Comparison of the effects of two resistance training regimens on muscular and bone responses in premenopausal women. *Osteoporos Int.* 2010;21(9):1537-44. <http://doi.org/czmzxz>.
64. Vila-Chá C, Falla D, Farina D. Motor unit behavior during submaximal contractions following six weeks of either endurance or strength training. *J Appl Physiol (1985).* 2010;109(5):1455-66. <http://doi.org/dz5hd3>.
65. Vila-Chá C, Falla D, Correia M V, Farina D. Changes in H reflex and V wave following short-term endurance and strength training. *J Appl Physiol (1985).* 2012;112(1):54-63. <http://doi.org/cvcsr9>.
66. Walsh S, Kelsey BK, Angelopoulos TJ, Clarkson PM, Gordon PM, Moyna NM, et al. CNTF 1357 G → A polymorphism and the muscle strength response to resistance training. *J Appl Physiol (1985).* 2009;107(4):1235-40. <http://doi.org/bfc6t>.
67. Williams AD, Almond J, Ahuja KD, Beard DC, Robertson IK, Ball MJ. Cardiovascular and metabolic effects of community based resistance training in an older population. *J Sci Med Sport.* 2011;14(4): 331-7. <http://doi.org/d9bwz>.
68. Zoeller RF, Angelopoulos TJ, Thompson BC, Wenta MR, Price TB, Thompson PD, et al. Vascular remodeling in response to 12 wk of upper arm unilateral resistance training. *Med Sci Sports Exerc.* 2009;41(11):2003-8. <http://doi.org/bcgdp8>.
69. World Health Organization. A guide for population-based approaches to increasing levels of physical activity: implementation of the WHO global strategy on diet, physical activity and health. Geneve WHO; 2007.
70. Phillips SM, Tipton KD, Aarsland A, Wolf SE, Wolfe RR. Mixed muscle protein synthesis and breakdown after resistance exercise in humans. *Am J Physiol.* 1997;273(1 Pt 1):E99-107. <http://doi.org/cps3>.
71. Gibala MJ, MacDougall JD, Tarnopolsky MA, Stauber WT, Elorriaga A. Changes in human skeletal muscle ultrastructure and force production after acute resistance exercise. *J Appl Physiol (1985).* 1995;78(2):702-8. <http://doi.org/cps4>.
72. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal responses and adaptations to resistance exercise and training. *Sports Med.* 2005;35(4):339-61. <http://doi.org/ccns8g>.