

Efectos del entrenamiento de fuerza prensil y su asociación sobre la función vascular en sujetos con criterios diagnósticos de síndrome metabólico: una revisión de tema

Effects Of Prehensile Strength Training And Its Association On Vascular Function In Subjects With Diagnostic Criteria For Metabolic Syndrome: A Topic Review

Daniel Efrén García González¹ <https://orcid.org/0000-0002-4424-9831>

Javier Hernán Carreño Robayo² <https://orcid.org/0000-0001-5460-6946>

Paola Andrea Muñoz Pérez¹ <https://orcid.org/0000-0001-6341-3695>

Paul Anthony Camacho López³ <https://orcid.org/0000-0002-6233-9582>

Daniel Dylan Cohen⁴ <https://orcid.org/0000-0002-4424-9831>

Edward Santiago Moreno Ardila¹ <https://orcid.org/0000-0002-5048-9532>

Juan Carlos Sánchez Delgado¹ <https://orcid.org/0000-0001-7198-6258>

¹Universidad Santo Tomás-Bucaramanga. División de Ciencias de la Salud. Grupo de Investigación Ser, Cultura y Movimiento. Bucaramanga, Colombia.

¹Universidad de Santander-Bucaramanga. Facultad de Ciencias de la Salud. Grupo de Investigación Fisioterapia Integral. Bucaramanga, Colombia.

³Universidad Autónoma de Bucaramanga. Dirección de Investigaciones, Desarrollo e Innovación Tecnológica. Fundación Oftalmológica de Santander Clínica Carlos Ardila Lülle-FOSCAL. Bucaramanga, Colombia.

⁴Universidad de Santander-Bucaramanga. Facultad de Ciencias de la Salud. Grupo de Investigación Salud y Comunidad UDES. Bucaramanga, Colombia.

*Autor de la correspondencia: daniel.garcia@ustabuca.edu.co

RESUMEN

Introducción: Diversos estudios han demostrado que la fuerza prensil se asocia con una menor mortalidad cardiovascular y no cardiovascular en diferentes poblaciones.

Objetivo: Describir los efectos del entrenamiento de la fuerza prensil y su asociación sobre la función vascular de sujetos con criterios diagnósticos de síndrome metabólico a través de una revisión de tema.

Método: Se realizó búsqueda bibliográfica en Web of Science, Pubmed, Scopus, Embase, Sciencedirect, de ensayos clínicos controlados, estudios observacionales, de corte transversal o revisiones sistemáticas, publicadas en inglés, portugués y español, que evaluaron parámetros de rigidez arterial e incluyeron como evaluación o tratamiento la fuerza prensil en sujetos que presentaran por lo menos un criterio diagnóstico de síndrome metabólico.

Resultados: De los 69 artículos encontrados, tres cumplieron con los criterios de inclusión. La totalidad de los documentos analizados incluyeron población hipertensa; uno de ellos mostró asociación indirecta entre la máxima contracción isométrica voluntaria, el índice de rigidez arterial y el índice de aumento al 75 %. Otro evidenció disminución de la presión arterial sin cambios en la función vascular posterior a un entrenamiento de fuerza isométrica prensil.

Conclusión: La evidencia que describe los efectos del entrenamiento isométrico y la asociación de la fuerza prensil sobre la función vascular es escasa. La literatura analizada muestra una relación entre la condición de la fuerza prensil y parámetros de rigidez arterial periférica en sujetos con hipertensión. Este entrenamiento parece no mejorar la condición vascular en sujetos hipertensos.

Palabras claves: fuerza prensil; síndrome metabólico; presión arterial; ejercicio.

ABSTRACT

Introduction: Several studies have shown that prehensile strength is associated with lower cardiovascular and non-cardiovascular mortality in different populations.

Objective: To describe the effects of prehensile strength training and its association on vascular function of subjects with diagnostic criteria of metabolic syndrome through a topic review.

Method: A bibliographic search was carried out in Web of Science, Pubmed, Scopus, Embase, Sciencedirect, of controlled clinical trials, observational studies, cross-sectional studies or systematic reviews, published in English, Portuguese and Spanish, which evaluated parameters of arterial stiffness and included as evaluation or treatment prehensile strength in subjects who presented at least one diagnostic criterion of metabolic syndrome.

Results: Of the 69 articles found, three met the inclusion criteria. All the documents analyzed included hypertensive population; one of them showed an indirect association between the maximum voluntary isometric contraction, the arterial stiffness index and the rate of increase to 75%. Another showed a decrease in blood pressure without changes in vascular function after prehensile isometric strength training.

Conclusion: Evidence describing the effects of isometric training and the association of prehensile strength on vascular function is scarce. The literature analyzed shows a relationship between the condition of prehensile strength and parameters of peripheral arterial stiffness in subjects with hypertension. This training does not seem to improve vascular condition in hypertensive subjects.

Keywords: prehensile strength; metabolic syndrome; blood pressure; exercise.

Recibido: 13/01/2022

Aprobado 18/02/2022

Introducción

A nivel mundial el síndrome metabólico es considerado un cuadro clínico asociado a un incremento en la incidencia de diabetes, hipertensión arterial, aterosclerosis, hipertrofia ventricular izquierda, disfunción diastólica, así como con un aumento de la mortalidad prematura por enfermedad coronaria y

cerebrovascular.^(1, 2) Saladini y otros consideran este síndrome como un determinante de la rigidez arterial, teniendo en cuenta que se acompaña de un aumento en la producción de sustancias inflamatorias, de la actividad simpática y del sistema renina angiotensina aldosterona, así como con una disminución de la biodisponibilidad de óxido nítrico.⁽³⁾ Esto es importante teniendo en cuenta que el aumento del riesgo cardiovascular en el síndrome metabólico se atribuye principalmente a los cambios evidenciados en los parámetros arteriales.⁽⁴⁾

El ejercicio físico es uno de los pilares de tratamiento para el manejo de los efectos adversos del síndrome metabólico; la mayoría de los estudios demuestran que esta estrategia mejora el perfil lipídico, reduce el peso corporal, la actividad simpática, la presión arterial y la función endotelial. En cuanto a este último efecto, la mayor parte de los estudios encontrados evidencian los resultados producidos por el entrenamiento aeróbico, que produce una desaceleración del envejecimiento vascular, que se relaciona de manera indirecta con la capacidad física cardiopulmonar.^(5, 6, 7)

Las guías de tratamiento para estos pacientes tradicionalmente sugieren el ejercicio de tipo aeróbico o entrenamiento dinámico de resistencia, mostrando resultados considerados con un nivel de evidencia A y B. Estas modalidades de ejercicio han mostrado reducir el peso corporal, la actividad simpática, la presión arterial, mejora el perfil lipídico y la función endotelial. Por otra parte, el entrenamiento isométrico clasificado con un nivel de evidencia C por la American Heart Association (AHA) y considerado como un tratamiento complementario, al parecer demanda un mayor cuerpo de investigación, ya que sus efectos sobre las diferentes variables hemodinámicas, metabólicas y las que describen la condición endotelial no son suficientemente conocidos.^(8, 9, 10, 11)

Algunos estudios muestran que la condición de fuerza prensil está asociada con disminución del riesgo cardiometabólico y específicamente con una disminución de la presión arterial en diferentes poblaciones.^(12, 13, 14, 15) Lo anterior adquiere importancia, al saber que la edad y los niveles de presión sanguínea determinan el 70 % de la varianza de la rigidez arterial.^(16, 17) Por otra parte, se ha evidenciado una alta relación entre la fuerza prensil, la fuerza general y el área de sección

transversal muscular, lo que hace que este tipo de evaluación con dinamometría de mano pueda considerarse una herramienta versátil en la práctica clínica para predecir la mortalidad y el riesgo de enfermedad cardiovascular.^(18, 19, 20, 21)

Finalmente, ante los pocos estudios conocidos que sistematicen o establezcan la relación o el efecto de este tipo de fuerza y la función vascular en sujetos con síndrome metabólico se hace importante la realización de la presente revisión de tema.

Métodos

Se realizó una revisión de tema que usó la estrategia PICO, utilizando palabras claves extraídas de los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS) y de los Medical Subject Headings (MeSH). Se incluyeron descriptores booleanos “OR” dentro del grupo de palabras y “AND” para combinar los términos relacionados con población, intervención y tipo de estudio. Las palabras claves utilizadas para la población fueron: metabolic syndrome, hypertension, dyslipidemias, obesity, abdominal e hyperglycemia; las relacionadas con la intervención: “hand strength”, “isometric contraction” y “hand grip”. Finalmente, el término utilizado para los resultados fue: “vascular stiffness”.

La búsqueda bibliográfica fue realizada en Web of Science, Pubmed, Scopus, Embase, Sciondirect, teniendo en cuenta los siguientes criterios: ensayos clínicos controlados, estudios observacionales, de corte transversal o revisiones sistemáticas, publicadas en inglés, portugués y español entre enero 2007 y mayo del 2020. La población objeto de estudio debía presentar Síndrome metabólico o morbilidades asociadas como hipertensión, dislipidemia, obesidad abdominal e hiperglucemia; además, los estudios debían incluir procesos de evaluación y/o tratamiento de rigidez arterial, así como de fuerza prensil. Los criterios de exclusión establecidos fueron: literatura gris (tesis de grado o posgrado), estudios en modelo animal o en niños, o que incluyeran únicamente intervenciones farmacológicas.

La búsqueda fue realizada por dos autores cegados e independientes (DEGG, JHCR) y las discrepancias de selección fue resuelta por un tercer experto (JCSD). Este proceso fue desarrollado durante el mes de abril y mayo del 2020. La búsqueda tuvo en cuenta las recomendaciones descritas por Robinson y Dickersin.⁽²²⁾ Los resultados obtenidos describieron las características generales de la población, el tipo de estudio, el tipo de evaluación e intervención, las variables analizadas y los principales resultados encontrado.

Resultados

Se identificaron 69 artículos, 43 se encontraban duplicados, cinco fueron considerados elegibles basados en la revisión de los resúmenes y finalmente tres fueron analizados (Fig. 1). Dos de estos estudios son de corte transversal y uno experimental, todos usaron población hipertensa para sus análisis (Tablas 1 y 2).

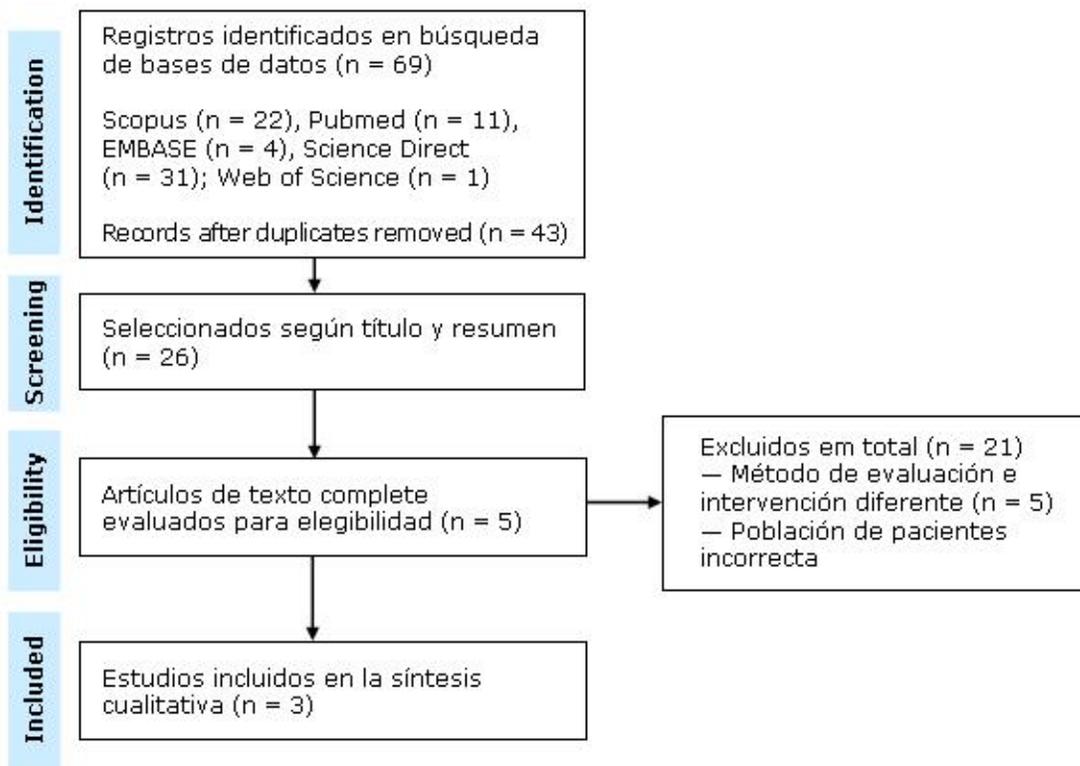


Fig. 1. Diagrama de flujo de los pacientes.

El 58 % de los sujetos incluidos en los artículos analizados eran mujeres, el promedio de edad de 59 años y los tamaños de muestra utilizados de 72 y 4 637 sujetos.^(23, 24, 25) La población analizada fue india, japonesa y brasilera, la modalidad de ejercicio utilizada en el trabajo experimental fue la isométrica de mano, con una longitud de 12 semanas, una frecuencia tres sesiones semanales, una duración por sesión de 12 minutos y una intensidad del 30 % de la máxima contracción isométrica voluntaria (Tablas 1 y 2).⁽²⁵⁾

Todos los estudios incluyeron evaluación de la fuerza prensil, sin embargo, difirieron en el tipo de dinamómetro utilizado, instrumento de medición de rigidez arterial y algunos aspectos técnicos. Específicamente, Yamanashi y otros⁽²³⁾ realizaron la valoración de la máxima contracción isométrica voluntaria con los sujetos en posición de pie y escogieron el valor más alto entre dos mediciones realizadas para cada extremidad, contrario a los de Lima y otros⁽²⁴⁾ y Farah y otros⁽²⁵⁾ quienes evaluaron la máxima contracción isométrica voluntaria en posición sedente, escogiendo el mejor resultado de tres mediciones realizadas en cada mano. Para la valoración de la rigidez arterial, Yamanashi y otros usaron ultrasonografía, Lima y otros y Farah y otros tonómetro (ver Tablas 1 y 2).^(23, 24) Yamanashi y otros⁽²²⁾ no observaron ninguna asociación entre la máxima contracción isométrica voluntaria y la rigidez arterial, contrario a lo mostrado por de Lima y otros⁽²⁴⁾ quienes mostraron una asociación negativa entre la máxima contracción isométrica voluntaria, el índice ambulatorio de rigidez arterial y el índice de aumento a 75 lpm $AIx@75\%$ (ver Tabla 1). Por otra parte, el estudio de Farah y otros⁽²⁵⁾ evidenció atenuación de la presión arterial sin cambios en la función vascular.

Tabla 1. Asociación entre máxima contracción isométrica máxima y función vascular.

Estudio	Diseño de estudio	Población		Evaluación de fuerza muscular isométrica		Variables medidas	Principales resultados
		Tamaño de la muestra; promedio de edad (años)	Raza/Condición	Tipo de dinamómetro/medición rigidez arterial.	Protocolo de evaluación MCVI		
Yamanashi 2018 ¹⁸	Corte transversal	n = 4637 H = 1 937 M = 2 700 60,1 años	Asiáticos e indios/ hipertensos y no hipertensos.	Población india: Dinamómetro Lafayette 78010. Ultrasonografía de ACCD, (Ethiroli Tiny-16 ^a). Población japonesa: Dinamómetro Smedley I0-1019-01 Ultrasonografía de ACCD (LOGIQ Book XP).	Paciente de pie, brazo extendido, con dinamómetro posicionado de tal manera que las falanges proximales estuviesen alrededor del mango. Ambas manos fueron medidas alternadamente y se seleccionó la medida más alta entre las dos evaluaciones hechas en cada extremidad	IMC, PAS, PAD, HbA1c, HDL, creatinina, glucosa plasmática en ayunas, triglicéridos, rigidez arterial, VOP, nivel de actividad física, MCVI, peso, colesterol total, comorbilidades	Grosor de la arteria carotídea presentó una asociación negativa con la MCVI en hombres indios no hipertensos (-5,38 B; p < 0,05). Rigidez arterial fue asociada con la MCVI en hombres no hipertensos indios (-0,97 B) (p < 0,001). Asociación negativa entre rigidez arterial y MCVI en mujeres indias (-0,44 B) (p < 0,020) y del Japón (-0,63 B) (p < 0,016) no hipertensas.
De Lima 2018 ¹⁹	Corte transversal	n = 72; H = 22; M = 50 58 ± 10 años	Brasileros hipertensos	Dinamómetro digital (Zhongshan Camry Electronic Co.,Ltd., Zhongshan Guangdong, China). Tonometría (SphygmoCor; AtCor Medical, West Ryde, Australia)	Paciente sentado tocando el suelo con los pies, el codo flexionado a 90° y el antebrazo en posición neutral. Todos los sujetos realizaron tres agarres con mano dominante y mano no dominante alternativamente, el valor más alto se registró para el análisis.	VOP carotídeo-femoral, IAx 75@ en arteria radial, índice de rigidez arterial, MCVI, peso, talla, IMC, PAS, PAD, FC	Asociación negativa entre MCVI y el índice ambulatorio de rigidez arterial (b = -0,41, p = 0,002) y índice de aumento IAx@75 (b = -0,54, p < 0,001). La MCVI no fue asociado con la velocidad de onda de pulso carotídeo-femoral.

IMC: índice de masa corporal; ACCD: arteria carótida común derecha; MCVI: máxima contracción voluntaria isométrica; VOP: velocidad de onda de pulso; IAx 75@: índice de aumento a 75 lpm. PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica;
 FC: frecuencia cardíaca; HbA1c: hemoglobina glicosilada.

Tabla 2. Efectos del entrenamiento isométrico sobre la función vascular

Estudio	Diseño	Población		Intervención Grupo Experimental					Intervención Grupo Control	Variables medidas	Principales resultados
		Muestra; edad (años)	Raza Condición	Modalidad de ejercicio.	Longitud (Sem)	Duración (min/ss)	Frecuencia (ss/sem)	Intensidad	Control		
Farah 2018 ²⁰	ECA	n=72 H=22; M=50 58 ± 10 años	Brasileros Hipertensos	Entrenamiento isométrico prensil. Evaluación: MCVI	12	12	3	30 % MCVI/4 series de 2 min cada una/1 minuto de descanso/cargas fueron ajustadas a las 6 semanas.	Grupo de trabajo en casa: Se desarrolló la primera sesión y el ajuste de la carga en el laboratorio, las demás sesiones eran desarrolladas en casa. Grupo control: recibieron recomendaciones sobre hábitos alimenticios y cumplimiento de los niveles de AF	Índice de aumento, MCVI, PAD, PAS, PP, FC, VOP carótido-femoral, IMC, peso, talla, PAM, VFC, marcadores inflamatorios.	No se observó efecto significativo para la rigidez arterial, VFC, función vascular, estrés oxidativo y marcadores inflamatorios en los 3 grupos. La presión sanguínea braquial se redujo en el grupo supervisado (PAS Pre:132± 4 vs. PAS pos 120±3 mmHg; PAD pre: 71±2 vs. PAD pos 66±2 mmHg, p < 0.05).

ECA: ensayo clínico aleatorizado; IMC: Índice de Masa Corporal; MCVI: máxima contracción voluntaria isométrica; VOP: Velocidad de Onda de Pulso; PAS: presión arterial sistólica; PAD: presión arterial diastólica; PAM: Presión Arterial Media; PP: Presión de Pulso; VFC: Variabilidad de la Frecuencia Cardíaca; ss: sesiones; sem: semana.

Discusión

La asociación entre la máxima contracción isométrica voluntaria y los efectos del entrenamiento isométrico sobre la condición vascular de sujetos que presenten algún criterio diagnóstico de síndrome metabólico es escasa. Los estudios analizados muestran una asociación indirecta entre la máxima contracción isométrica voluntaria prensil y la condición vascular. Adicionalmente, no se evidencia que el entrenamiento isométrico mejore la condición arterial.

Los resultados encontrados por Lima et al.,⁽²⁵⁾ sugieren que la condición de fuerza prensil en sujetos hipertensos se relaciona con dos parámetros indirectos que evalúan la rigidez arterial (Alx, Alx@75 %). Estos muestran principalmente el estado de las arterias musculares o periféricas^(25, 26) y son considerados predictores de riesgo cardiovascular y de muerte.⁽²⁷⁾ Es posible justificar esta asociación teniendo en cuenta que el flujo sanguíneo, principalmente el microvascular es un determinante de los procesos anabólicos, que como consecuencia de su detrimento puede derivar en una pérdida de masa, fuerza y función muscular.^(28, 29) Lo anterior sugiere que un buen estado de fuerza prensil puede llegar a afectar la microcirculación y a su vez disminuir el riesgo de muerte cardiovascular.

Por otra parte, el tratamiento para estos pacientes tradicionalmente sugiere al ejercicio de tipo aeróbico o dinámico de resistencia, siendo el isométrico de mano considerado un tratamiento complementario, que demanda un mayor cuerpo de investigación, ya que sus efectos sobre las variables que describen la condición arterial no son suficientemente conocidos.^(28, 29, 30) Evidencia de lo anterior, es que solo encontré un artículo que evaluó el efecto del entrenamiento de fuerza prensil sobre la condición arterial de sujetos hipertensos, que no mostró ningún cambio en los parámetros de rigidez arterial posterior a un programa de 12 semanas de duración.⁽²⁵⁾ No obstante, mostró una atenuación de la presión arterial, sugiriendo que la alteración endotelial puede ser precedida por el estado de hipertensión, teniendo en cuenta que este es considerado un factor relevante para el desarrollo de aterosclerosis preclínica y la disfunción endotelial.⁽³¹⁾

Entre las características que no permiten generalizar los resultados de los estudios analizados, están: el pequeño tamaño de muestra utilizado en dos de ellos,^(23, 24) la heterogeneidad en los procesos de evaluación tanto de fuerza prensil, como de condición vascular y el no control de algunas variables de confusión como el uso de medicamentos, estado nutricional y niveles de actividad física.^(32, 33, 34)

Conclusiones

Se sugiere continuar realizando estudios observacionales o experimentales, controlando las variables que generan confusión, como las anteriormente descritas, para poder evidenciar el potencial impacto de la fuerza muscular isométrica prensil sobre la salud cardiovascular. Además, se sugiere sistematizar el efecto del entrenamiento isométrico de otros segmentos corporales como los miembros inferiores, que demandan el uso de una mayor cantidad de masa muscular, por lo cual sus efectos podrían ser diferentes a los mostrados por el de fuerza prensil. Lo anterior, le permitiría al profesional de la salud y/o ejercicio físico considerar la máxima contracción isométrica voluntaria como un criterio pronóstico de la condición vascular periférica o una herramienta de tratamiento para atenuar la rigidez arterial de sujetos que cumplan los criterios diagnósticos de síndrome metabólico.

Referencias bibliográficas

1. Sherling DH, Perumareddi P, Hennekens CH. Metabolic syndrome: Clinical and policy implications of the new silent killer. *J Cardiovasc Pharmacol Ther.* 2017; 22:365-367. DOI: <https://doi.org/10.1177/1074248416686187>
2. Rochlani Y, Pothineni NV, Kovelamudi S, Mehta JL. Metabolic syndrome: pathophysiology, management, and modulation by natural compounds. *Ther Adv Cardiovasc Dis.* 2017;11:215-225. DOI: <https://doi.org/10.1177/1753944717711379>

3. Saladini F, Palatini P. Arterial Distensibility, Physical Activity, and the Metabolic Syndrome *Curr Hypertens Rep.* 2018;20(5):39. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11906-018-0837-3>
4. Scuteri A, Najjar SS, Orru' M, Usala G, Piras MG, Ferrucci L, et al. The central arterial burden of the metabolic syndrome is similar in men and women: the SardiNIA Study. *Eur Heart J.* 2010; 31(5):602-613. DOI: <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehp491>
5. Joo HJ, Cho SA, Cho JY, Lee S, Park JH, Yu CW, et al. Different relationship between physical activity, arterial stiffness, and metabolic status in obese subjects. *J Phys Act Health.* 2017;14:716-25. DOI: <https://doi.org/10.1123/jpah.2016-0595>
6. Ashor AW, Lara J, Siervo M, Celis-Morales C, Mathers JC. Effects of Exercise Modalities on Arterial Stiffness and Wave Reflection: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *PLOS ONE.* 2014;9(10):e110034. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0110034>
7. Kingwell BA. Large artery stiffness: implications for exercise capacity and cardiovascular risk. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2002;29:214-7. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1681.2002.03622.x>
8. Cornelissen VA, Smart NA. Exercise training for blood pressure: a systematic review and meta-analysis. *J Am Heart Assoc.* 2013;2:e004473. DOI: <https://doi.org/10.1161/JAHA.112.004473>
9. Howden R, Lightfoot JT, Brown SJ, Swaine IL. The effects of isometric exercise training on resting blood pressure and orthostatic tolerance in humans. *Exp Physiol.* 2002;87:507-15. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1469-445X.2002.tb00064.x>
10. Millar P, MacGowan C, Cornelissen V, Araujo C., Swaine I. Evidence for the role of isometric exercise training in reducing blood pressure: Potential mechanisms and future directions. *Sports Med.* 2014;44:345-356. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0118-x>

11. Farah BQ, Vianna LC, Rodrigues SL, Correia MA, Teixeira AL, de Andrade FM, et al. Effects of isometric handgrip training in patients with cardiovascular disease: rationale and design of the ISOPRESS network. Motriz: Rev. Educ. Fis. 2017;23(4):1-10. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1980-6574201700040011>
12. Lima-Junior D de, Farah BQ, Germano-Soares AH, Andrade-Lima A, Silva GO, Rodrigues SLC, et al. Association between handgrip strength and vascular function in patients with hypertension. Clin Exp Hypertens. 2019;41(7):692-5. DOI: <https://doi.org/10.1080/10641963.2018.1539096>.
13. Mathiowetz V. Comparison of Rolyan and Jamar dynamometers for measuring grip strength. Occup Ther Int. 2002;9(3):201-9. DOI: <https://doi.org/10.1002/oti.165>.
14. Mijnders DM, Meijers JM, Halfens RJ, Borg S, Luiking YC, Verlaan S, et al. Validity and reliability of tools to measure muscle mass, strength, and physical performance in community-dwelling older people: a systematic review. J Am Med Dir Assoc. 2013;14(3):170-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2012.10.009>
15. Comella A, Carles J, Javierre C, Garrido E, Serral A, Puigdesens P, et al. Fuerza prensil de la mano asociada al grado de autonomía y riesgo de caída en ancianos. Riuvic. 2011;1-19. DOI: <http://hdl.handle.net/10854/416>
16. Vivas Díaz JA, Ramírez Vélez R, Correa-Bautista JE, Izquierdo M. Handgrip strength of Colombian university students. Nutr Hosp 2016;33:330-336. Disponible em: <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309245773024.pdf>
17. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, Lopez Jaramillo P, Avezum A Jr, Orlandini A, et al. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. LANCET. 2015;386(9990):266-73. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(14\)62000-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(14)62000-6)
18. Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Camacho PA, Pinzon S, Hormiga C, Trejos-Suarez J et al. Low muscle strength is associated with metabolic risk factors

- in Colombian children: the ACFIES study. *Plos One*. 2014;9(4):e93150-e93150. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093150>
19. Lawman HG, Troiano RP, Perna FM, Wang CY, Fryar CD, Ogden CL. Associations of relative handgrip strength and cardiovascular disease biomarkers in U.S. Adults, 2011-2012. *Am J Prev Med*. 2016;50(6):677-83. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.amepre.2015.10.022>
20. McEniery CM, Yasmin, Maki-Petaja KM, McDonnell BJ, Munnery M, Hickson SS et al. The impact of cardiovascular risk factors on aortic stiffness and wave reflections depends on age: the Anglo-Cardiff collaborative trial (ACCT III). *Hypertension*. 2010;56:591-7. DOI: <https://doi.org/10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.156950>
21. Dodds RM, Syddall HE, Cooper R, Kuh D, Cooper C, Sayer AA. Global variation in grip strength: a systematic review and meta-analysis of normative data. *Age Ageing*. 2016;45(2):209-16. DOI: <https://doi.org/10.1093/ageing/afv192>
22. Robinson K, Dickersin K. Development of a highly sensitive search strategy for the retrieval of reports of controlled trials using PubMed. *International Journal of Epidemiology*. 2002;31(1):150-156. DOI: <https://doi.org/10.1093/ije/31.1.150>
23. de Lima Junior D, Farah BQ, Germano-Soares AH, Andrade Lima A, Oliveira Silva G, Rodrigues SL et al. Association between handgrip strength and vascular function in patients with hypertension. *Clinical and experimental hypertension*. 2019;41(7):692-695 DOI: <https://doi.org/10.1080/10641963.2018.1539096>
24. Farah BQ, Rodrigues SLC, Silva GO, Pedrosa RP, Correia MA, Barros MVG, Deminice R, Marinello PC, Smart NA, Vianna LC, Ritti Dias RM. Supervised, but Not Home-Based, Isometric Training Improves Brachial and Central Blood Pressure in Medicated Hypertensive Patients: A Randomized Controlled Trial. *Front Physiol*. 2018;9:961. DOI: <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.00961>

25. Fahs CA, Rossow LM, Seo D-I, Loenneke JP, Sherk VD, Kim E, Bembien DA, Bembien MG. Effect of different types of resistance exercise on arterial compliance and calf blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(12):2969-75. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-011-1927-y>
26. Okamoto T, Min S, Sakamaki-Sunaga M. Arterial compliance and stiffness following low-intensity resistance exercise. *Eur J Appl Physiol.* 2014;114(2):235-41. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00421-013-2770-0>
27. Mendes Pinto D, Rodrigues Machado MG. Aplicabilidade dos marcadores de rigidez arterial na doença arterial periférica. *J Vasc Bras.* 2019;18:e20180093. DOI: <https://doi.org/10.1590/1677-5449.009318>
28. Rodriguez AJ, Karim MN, Srikanth V, Ebeling PR, Scott D. Lower muscle tissue is associated with higher pulse wave velocity: A systematic review and meta-analysis of observational study data. *Clin. Exp. Pharmacol. Physiol.* 2017;44:980-992. DOI: <https://doi.org/10.1111/1440-1681.12805>
29. Dvoretzkiy S, Lieblein-Boff JC, Jonnalagadda S, Atherton PJ, Phillips BE, Pereira SL. Exploring the Association between Vascular Dysfunction and Skeletal Muscle Mass, Strength and Function in Healthy Adults: A Systematic Review. *Nutrients.* 2020;12(3):715. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu12030715>
30. Hasegawa N, Fujie S, Horii N et al. Effects of Different Exercise Modes on Arterial Stiffness and Nitric Oxide Synthesis. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(6):1177-1185. DOI: <https://10.1249/MSS.0000000000001567>
31. Yamanashi H, Shimizu Y, Koyamatsu J et al. Multiple somatic symptoms and frailty: cross-sectional study in Japanese community-dwelling elderly people. *Fam Pract* 2016;33:453-460. DOI: <https://doi.org/10.1093/fampra/cmw028>
32. Shimizu Y, Sato S, Koyamatsu J, Yamanashi H, Nagayoshi M, Kadota K et al. Platelets and circulating CD34 positive cells as an indicator of the activity of the vicious cycle between hypertension and endothelial dysfunction in

elderly Japanese men. *Atherosclerosis*. 2017; 259:26-31. DOI:

<https://doi.org/10.1016/j.atherosclerosis.2017.02.016>

33. Ren C, Zhang J, Xu Y, Xu B, Sun W, Sun J et al. Association between carotid intima-media thickness and index of central fat distribution in middle-aged and elderly Chinese. *Cardiovascular Diabetology*. 2014;13:139. DOI:

<https://doi.org/10.1186/s12933-014-0139-2>

34. Keevil VL, Luben R, Dalzell Net al. Cross-sectional associations between different measures of obesity and muscle strength in men and women in a British cohort study. *J Nutr Health Aging* 2015;19:3-11. DOI:

<https://doi.org/10.1007/s12603-014-0492-6>

Declaración de conflicto de interés

Los autores manifestamos no tener ningún conflicto de interés para la publicación del presente manuscrito.

Contribución de autoría

Conceptualización: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado y Javier Hernán Carreño Robayo.

Curación de datos: Paola Andrea Muñoz Pérez y Edward Santiago Moreno Ardila.

Análisis formal: Paul Anthony Camacho López, Daniel Dylan Cohen, Juan Carlos Sánchez Delgado.

Adquisición de fondos: Daniel Efrén García González Juan Carlos Sánchez Delgado y Javier Hernán Carreño Robayo.

Investigación: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado, Javier Hernán Carreño Robayo, Paola Andrea Muñoz Pérez, Edward Santiago Moreno Ardila, Paul Anthony Camacho López y Daniel Dylan Cohen.

Metodología: Paul Anthony Camacho López, Daniel Dylan Cohen y Juan Carlos Sánchez Delgado.

Administración del proyecto: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado.

Recursos: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado y Javier Hernán Carreño Robayo.

Software: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado, Javier Hernán Carreño Robayo, Paola Andrea Muñoz Pérez y Edward Santiago Moreno Ardila.

Supervisión: Paul Anthony Camacho López y Daniel Dylan Cohen.

Validación: Paul Anthony Camacho López y Daniel Dylan Cohen.

Visualización: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado y Paola Andrea Muñoz Pérez.

Redacción del borrador original: Daniel Efrén García González, Juan Carlos Sánchez Delgado, Javier Hernán Carreño Robayo, Paola Andrea Muñoz Pérez y Edward Santiago Moreno Ardila.

Redacción, revisión y edición: Paul Anthony Camacho López, Daniel Dylan Cohen.