

REVISIÓN

Indicadores bioquímicos y cardiovasculares asociados a la fuerza prensil manual en niños y adolescentes. Una revisión de alcance



J. Martínez-Torres^{a,*}, J.A. Gallo-Villegas^{b,c} y D.C. Aguirre-Acevedo^d

^a Grupo Grayre, Programa de Fisioterapia, Universidad de los Llanos, Villavicencio, Colombia

^b Grupo GRINMADE, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

^c Centro Clínico y de Investigación SICOR, Medellín, Colombia

^d Grupo GRAEPIC, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia

Recibido el 15 de octubre de 2024; aceptado el 12 de enero de 2025

Disponible en Internet el 11 de febrero de 2025

PALABRAS CLAVE

Fuerza muscular;
Adolescente;
Niño;
Dinamómetro de fuerza muscular;
Aptitud física

Resumen La fuerza prensil manual es un biomarcador de la salud biológica en los niños y adolescentes. El objetivo de esta revisión es identificar los indicadores bioquímicos y cardiovasculares asociados con la fuerza prensil manual. Se desarrolló una revisión de alcance, en la cual la búsqueda fue llevada a cabo en Medline, Web of Science, Science Direct, Scielo y Sportdiscus de EBSCO. Se incluyeron investigaciones originales si incluían fuerza prensil manual e indicadores bioquímicos o cardiovasculares. En la búsqueda inicial se identificaron 15.198 registros en bases de datos. Finalmente, se seleccionaron 31 estudios para esta revisión. En estos reportes se identificaron 36 indicadores (29 bioquímicos y 7 cardiovasculares), a los que se les había estudiado su asociación con la fuerza prensil manual. Las presiones arteriales ($n = 10$; 32,3%) y el modelo de evaluación homeostática para la resistencia a la insulina ($n = 7$; 22,5%) fueron los indicadores más estudiados. En los indicadores bioquímicos se encontró un patrón en el cual la fuerza prensil manual tenía relación directamente proporcional con los valores de HDL, e inversamente proporcional con diferentes puntajes cardiometabólicos. En los indicadores cardiovasculares no se encontraron patrones de relación.

© 2025 Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMERGEN). Publicado por Elsevier España, S.L.U. Se reservan todos los derechos, incluidos los de minería de texto y datos, entrenamiento de IA y tecnologías similares.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: jmartineztorres@unillanos.edu.co (J. Martínez-Torres).

KEYWORDS

Muscle strength;
Adolescent;
Child;
Muscle strength
dynamometer;
Physical fitness

Biochemical and cardiovascular indicators associated with handgrip strength in children and adolescents: A scoping review

Abstract Handgrip strength is an indicator of the biological health of children and adolescents. The review's objective is to identify the biochemical and cardiovascular indicators related to handgrip strength. A scoping review was developed, in which the search was conducted in Medline, Web of Science, Science Direct, Scielo, and Sportdiscus from EBSCO. Original research was included if it involved handgrip strength and biochemical or cardiovascular indicators. In the initial search, 15,198 records were identified in databases. 31 studies were selected for this review. These reports identified 36 indicators (29 biochemical and 7 cardiovascular) that had been analyzed for their association with hand grip strength. Blood pressure ($n=10$; 32.3%) and homeostatic model assessment for insulin resistance ($n=7$; 22.5%) were the most frequently studied characteristics. In the biochemical indicators, a pattern was found in which handgrip strength had a proportional relationship with HDL levels and an inversely proportional relationship with various cardiometabolic scores. No relationship patterns were found in the cardiovascular indicators.

© 2025 Sociedad Española de Médicos de Atención Primaria (SEMERGEN). Published by Elsevier España, S.L.U. All rights are reserved, including those for text and data mining, AI training, and similar technologies.

Introducción

En los últimos años, la fuerza prensil manual (FPM) ha ganado importancia debido a que es un indicador fiable para medir la capacidad muscular de una persona¹. Entre sus ventajas destacan su aplicación sencilla²⁻⁴ sin necesidad de una logística compleja para su medición³, su bajo costo^{1,2} y su alta correlación con otros aspectos relacionados con las capacidades físicas relacionadas con la salud (CFRS), independientemente de factores como la edad, el sexo o la madurez sexual^{1,3}. La FPM tiene varios indicadores, entre los que se encuentra la FPM_{Absoluta}, la cual hace referencia al valor crudo de FPM. También se cuenta con la FPM_{Relativa}, la cual consiste en ajustar la FPM por la masa de cada individuo^{5,6}. Otro indicador usado en la FPM_{Normalizada}, la cual consiste en transformar la escala de medición para que tenga una media de 0 y una desviación estándar de 1⁷.

La FPM ha mostrado relación con diferentes indicadores de la salud biológica en niños y adolescentes^{5,8-13}. Varios estudios señalan que los jóvenes con valores bajos de FPM tienen mayor probabilidad de padecer episodios de depresión o estrés⁸, mientras que aquellos con valores altos de FPM presentan un perfil lipídico más favorable^{9,10}, menor riesgo cardiometabólico^{11,14} y mayores valores de densidad mineral ósea¹². En adultos, se ha observado que un aumento de 5 kg en la FPM reduce el riesgo de mortalidad en un 8%¹³ y el riesgo de deterioro cognitivo en un 3%¹⁵.

A pesar de que los estudios muestran relación con diversos indicadores^{5,8-13}, los resultados en algunos casos no son concluyentes. Por ejemplo, se ha descrito una relación directamente proporcional con los valores de presión arterial¹⁰, relación inversa¹⁶ o incluso la ausencia de una relación¹¹. Este patrón se repite con otros indicadores cardiovasculares o bioquímicos. Identificar los factores asociados podría favorecer el descubrimiento de factores de riesgo metabólico y cardiovascular desde edades tempranas¹⁷.

Metodología

Esta revisión de alcance¹⁸ hace parte del desarrollo de una revisión con un alcance mayor, que buscó identificar las variables a las cuales se les ha evaluado una asociación con las CFRS en niños y adolescentes. No obstante, para el presente reporte, por cuestiones de extensión, solamente se tomaron en cuenta los indicadores bioquímicos y cardiovasculares y su asociación con la FPM en niños y adolescentes.

Identificación de la pregunta problema

La identificación de la pregunta problema tuvo en cuenta el marco «población, concepto y contexto»

Población El grupo poblacional de interés fueron niños y adolescentes (entre 6 y 19 años), sin patologías y que no pertenecieran a grupos deportivos.

Concepto. Varios han sido los indicadores relacionados con la FPM en niños y adolescentes, entre ellos se cuentan los indicadores de adiposidad¹⁹; sin embargo, no se han desarrollado análisis que permitan analizar los indicadores bioquímicos o cardiovasculares asociados a FPM.

Contexto. Debido a que la evaluación de la FPM se ha realizado en diferentes lugares del mundo, no hubo limitación geográfica. Por ende, la presente revisión planteada responde a la pregunta: ¿cuáles son los indicadores bioquímicos y cardiovasculares asociados a la FPM en niños y adolescentes?

Identificación de los estudios relevantes

Se usaron cinco bases de datos. La búsqueda se realizó en Medline, Web of Science, Science Direct, Scielo y Sportdiscus de EBSCO. Estas bases de datos fueron seleccionadas por ser las más extensas para el estudio de temas relacionados con actividad física. No se hizo búsqueda de información

adicional debido a que se consideró que las bases de datos proporcionan una gran cantidad de literatura publicada en las mejores revistas internacionales. Las ecuaciones de búsqueda usadas para la presente revisión han sido publicadas previamente¹⁹.

Selección de los estudios

Los resúmenes de los estudios fueron tomados de cada base de datos, y posteriormente se importaron al software de gestión de Rayyan²⁰. Inicialmente se realizó la eliminación de los estudios duplicados; este proceso se hizo de manera manual por medio del apoyo de la función «Duplicados de Rayyan»²⁰. Posteriormente, dos revisores independientes examinaron los títulos y resúmenes de los artículos potencialmente relevantes; cada uno de ellos evaluó la pertinencia de los artículos y, si existieron discrepancias entre los revisores, la elegibilidad se decidió a través de una discusión. Luego se obtuvieron copias de texto completo de los artículos que cumplieron con los criterios de evaluación inicial (resumen y título).

En el cribado inicial por resumen y título permanecieron 1.821 reportes potenciales que evaluaban las CFRS y los factores asociados. Para cuestiones relativas a este reporte solamente se tuvieron en cuenta los que tenían evaluación de la FPM e indicadores bioquímicos o cardiovasculares. Para este proceso, un revisor examinó todos los artículos de texto completo, y se mantuvieron los estudios en los que se hiciera referencia a esa temática (FPM e indicadores bioquímicos o cardiovasculares). Este proceso fue realizado por un solo evaluador. El proceso de selección se llevó a cabo con utilización de las recomendaciones dadas por el PRISMA-ScR²¹. Los artículos que cumplían con todos los criterios de inclusión fueron tomados en la revisión y se les extrajeron los datos. Los criterios de inclusión y exclusión de los estudios seleccionados se muestran en el [material suplementario 1](#).

Extracción de los datos

Para esta fase se desarrolló un marco básico de extracción de datos, que incluyó 15 ítems. De ellos se extrajeron: información bibliográfica estándar, características de la medición de la FPM y de medición del indicador estudiado. A pesar de que las revisiones de alcance no tienen como objetivo principal llevar a cabo la evaluación de la calidad metodológica de los reportes, a cada uno de los estudios se les evaluó el sesgo de selección, clasificación (se le aplicó a la variable que se asociaba con la FPM) y confusión; para todos los casos el sesgo se clasificó en tres niveles (bajo, medio y alto). En el [material suplementario 2](#) se muestra el marco de extracción de datos.

Resumen y reporte de resultados

Inicialmente se realizó una descripción de las fuentes de evidencia seleccionadas, evaluadas e incluidas en la revisión de alcance, por medio de un flujograma, de acuerdo con las recomendaciones dadas por la declaración PRISMA ScR²¹. Posteriormente se realizó una descripción de las características bibliográficas de los estudios (año, revista

de publicación, país, tamaño de la muestra, rango etario, proporción de mujeres). Estas se hicieron a través de frecuencias absolutas y porcentuales. Después se realizó una descripción de las variables de los indicadores antropométricos. Para cada uno de los indicadores de la FPM se hizo una síntesis cualitativa del patrón de asociación que tenía con cada una de las variables incluidas.

Finalmente, se realizó una síntesis para cada variable estudiada; en ella se incluye: autor, año de publicación, tamaño de la muestra, rango etario, proporción de mujeres, variable estudiada, características de la medición de la FPM, indicador de la FPM, nivel de riesgo de sesgo (selección, clasificación y confusión) y una síntesis del resultado. Esta información se muestra en el [material suplementario 3](#).

Resultados

Características de la selección de los estudios

En la búsqueda inicial realizada (todas las CFRS) se identificaron 15.198 registros en bases de datos. El primer filtro arrojó 3.883 duplicados, y quedaron 11.315 reportes. Posteriormente, se excluyeron 9.494 registros tras realizar la lectura de título y resumen; quedaron 1.821 artículos para lectura de texto completo. Debido a la adaptación del alcance de la revisión, se excluyeron 1.474 trabajos que no tenían relación con FPM, y 90 artículos a los que no se pudo tener acceso completo. De esa manera se hizo una revisión de 257 reportes. Tras su análisis, con criterios de selección, se excluyeron 87 reportes. Finalmente, se encontraron 170 reportes que estudian factores asociados. Por cuestiones de extensión, en el presente informe se seleccionaron solamente 31 reportes que estudiaron indicadores bioquímicos o cardiovasculares ([fig. 1](#)).

Características de los estudios

Características bibliográficas de los estudios

Las investigaciones incluidas fueron 31. La primera publicación rastreada se encontró en el año 2012, publicada en la revista *The Journal of Pediatrics*. Se rastrearon registros publicados en Europa y América. El 48,4% (16 reportes) fueron desarrollados en Europa. Con respecto a los países, Estados Unidos fue el país con mayor cantidad de reportes, con el 12,9% (4 reportes), seguido de Colombia, España y Brasil, con 3 reportes cada uno. Es importante recalcar que España podría tener una mayor cantidad de reportes, ya que se encontraron 6 reportes (19,4%) que se desarrollaron en diferentes países de Europa, y en algunos de ellos se incluía a España. Se encontraron registros publicados en 26 revistas. La revista con mayor cantidad de artículos publicados es *Pediatric Diabetes*, con 3 reportes (9,7%). Las muestras de los estudios oscilaron entre 81 y 7.329 niños o adolescentes.

Indicadores bioquímicos

Se identificaron 29 diferentes indicadores bioquímicos en 23 estudios a los cuales se les estimó la asociación con diferentes indicadores de la FPM. En la FPM_{Absoluta} fueron 21 variables, en la FPM_{Relativa}, 20, y en la FPM_{Normalizada}, 5 variables. La variable con mayor cantidad de estudios fue

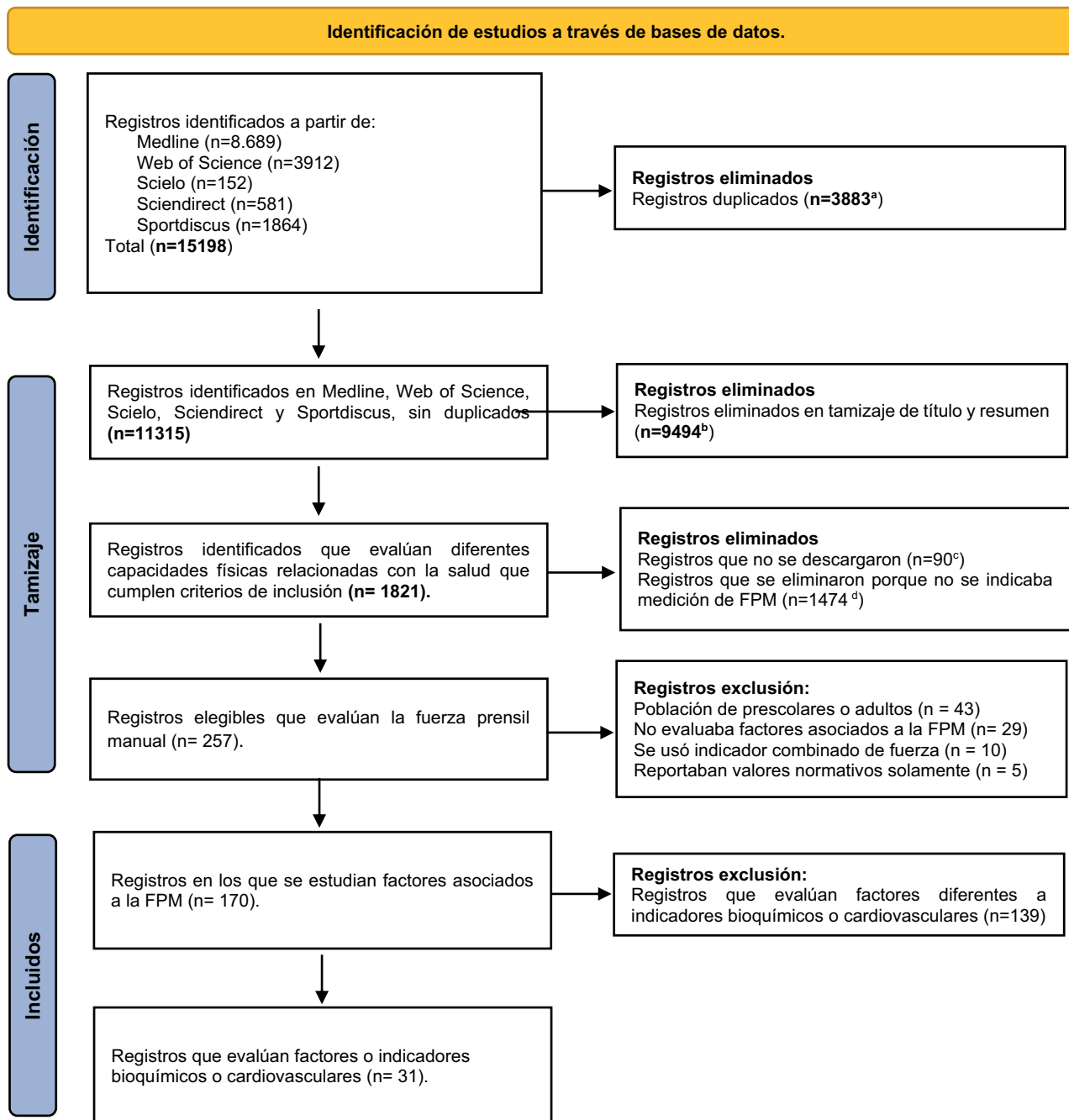


Figura 1 Resumen de las búsquedas y el tratamiento de la información.

FPM: fuerza prensil manual.

- Los registros duplicados fueron detectados por Rayyan20 y eliminados a través de un revisor.
- Registros eliminados en el proceso por evaluación de dos pares. Este proceso se desarrolló en el software de gestión Rayyan20.
- Los 90 artículos no aparecían en diferentes bases de datos, el 50% de los trabajos que no se ubicaron fueron publicados antes del 2000.
- Eliminados después de verificar en el texto completo que no se hacía referencia a FPM.

el puntaje metabólico (7 reportes), seguida del indicador del Modelo de Evaluación Homeostática para la Resistencia a la Insulina (HOMA-IR, por sus siglas en inglés) (7 reportes). Estos datos se muestran con detalle en la [tabla 1](#). El resumen de cada una de las variables en cada estudio se encuentra en el [material suplementario 3](#).

Indicadores cardiovasculares

Se identificaron 7 diferentes variables en este grupo distribuido en 14 estudios, a los cuales se les estimó la asociación con diferentes indicadores de la FPM. En la $FPM_{Absoluta}$ fueron 4 variables, en la $FPM_{Relativa}$, 7 variables, y en la $FPM_{Normalizada}$, 3 variables. La variable con mayor cantidad de reportes era

Tabla 1 Estudios que evalúan las variables bioquímicas con diferentes indicadores de la fuerza prensil manual

	Asociados	No asociados	n/N ^a	Resumen general
<i>FPM absoluta</i>				
HDL	9,10,22	22,23	3/4	Los sujetos con valores más altos de HDL presentan mayores valores de FPM _{Absoluta}
Puntaje metabólico ^b	22,24	22,25	2/3	No existe un patrón definido
Vitamina D	26	9,26,27	1/3	Los valores de vitamina D generalmente no muestran asociación con los valores de FPM _{Absoluta}
Glucosa	10	10,28,29	1/3	Los valores de glucosa generalmente no muestran asociación con los valores de FPM _{Absoluta}
HOMA-IR	29	28,30	1/3	Los valores de HOMA-IR generalmente no muestran asociación los valores de FPM _{Absoluta}
Colesterol	10,23	23	2/2	No existe un patrón definido
TG/HDL	22,30	22	2/2	Los valores de la razón TG/HDL generalmente muestran una relación inversa con los valores de FPM _{Absoluta}
LDL	10,23	23	2/2	Los valores de LDL generalmente muestran una relación inversa con los valores de FPM _{Absoluta}
Insulina	29	28	1/2	No existe un patrón definido
Triglicéridos	10	9	1/2	No existe un patrón definido
Leptina	31		1/1	Se encontró una relación inversa entre la leptina y la FPM _{Absoluta} ^a
Glucosa posprandial	29		1/1	Se encontró una relación inversa entre los valores de glucosa posprandial y la FPM _{Absoluta} ^a
Hemoglobina glicosilada		22	1/1	La hemoglobina glucosilada no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Carotenoides		32	0/1	Los carotenoides no mostraron relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Índice Quicky		28	0/1	El índice Quicky no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
ALT (U/l)		30	0/1	La ALT (U/l) no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
CGT (U/l)		30	0/1	La CGT (U/l) no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
AST/ALT		30	0/1	La AST/ALT no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Interleucina		33	0/1	Las interleucinas no mostraron relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Alpha 1-ácido glucoproteína		33	0/1	La Alpha 1-ácido glucoproteína no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Alpha 1-antiquimotripsina		33	0/1	La Alpha 1-antiquimotripsina no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
<i>FPM relativa</i>				
Puntaje metabólico ^b	11,14,24,34,35		5/5	Los sujetos con mejores puntajes metabólicos presentan mayores valores de FPM _{Relativa}
HOMA-IR	14,36,37	11,28	3/5	No existe un patrón definido
PCR	14,37,38		3/3	Los valores de PCR muestran una relación inversa con los valores de FPM _{Relativa}
HDL	37	14	1/2	No existe un patrón definido
Triglicéridos	14	11	1/2	No existe un patrón definido
Glucosa		14,28	0/2	Los valores de glucosa no reportan relación con los valores de FPM _{Relativa}
Leptina	38		1/1	Se encontró una relación inversa entre la leptina y la FPM _{Relativa} ^a
Adiponectina	37		1/1	Se encontró una relación inversa entre la adiponectina y la FPM _{Relativa} ^a
Vitamina D	39		1/1	Se encontró una relación directamente proporcional entre la vitamina D y la FPM _{Relativa} ^a
Factor de complemento C3	38		1/1	Se encontró una relación inversa entre el factor de complemento C3 y la FPM _{Relativa} ^a
Factor de complemento C4	38		1/1	Se encontró una relación inversa entre el factor de complemento C4 y la FPM _{Relativa} ^a
Puntaje de inflamación	38		1/1	Se encontró una relación inversa entre el puntaje de inflamación y la FPM _{Relativa} ^a

Tabla 1 (continuación)

	Asociados	No asociados	n/N ^a	Resumen general
Non-HDL	35	0/1	0/1	El Non-HDL no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
TC/HDL	11	0/1	0/1	La razón TC/HDL no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
TG/HDL	11	0/1	0/1	La razón TG/HDL no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
Insulina	28	0/1	0/1	La insulina no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
Carotenoides	32	0/1	0/1	Los carotenoides no reportaron relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
Índice Quicky	28	0/1	0/1	El índice Quicky no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
Hemoglobina glucosilada	35	0/1	0/1	La hemoglobina glucosilada no reportó relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
Leucocitos	38	0/1	0/1	Los leucocitos no reportaron relación con los valores de FPM _{Relativa} ^a
<i>FPM normalizada</i>				
HDL	7	0/1	0/1	El HDL no reportó relación con los valores de FPM _{Normalizada} ^a
Colesterol	7	0/1	0/1	El colesterol no reportó relación con los valores de FPM _{Normalizada} ^a
TC/HDL	7	0/1	0/1	La razón TC/HDL no reportó relación con los valores de FPM _{Normalizada} ^a
Glucosa	7	0/1	0/1	La glucosa no reportó relación con los valores de FPM _{Normalizada} ^a
PCR	7	0/1	0/1	La PCR no reportó relación con los valores de FPM _{Normalizada} ^a

ALT: alanina aminotransferasa; AST: aspartato aminotransferasa; FPM_{Absoluta}: fuerza prensil manual absoluta; FPM_{Normalizada}: fuerza prensil manual normalizada; FPM_{Relativa}: fuerza prensil manual relativa; GGT: gama-glutamyl transferasa; n: cantidad de estudios donde se encontraron diferencias de la FPM en las variables de interés, o asociación entre la FPM y las variables de interés; N: cantidad de estudios. Algunas características muestran asociación y a la vez no asociación, esto se dio cuando en análisis estratificados algún estrato mostró divergencias; PCR: proteína C reactiva; TC/HDL: razón colesterol total/colecsterol HDL.

^a El resumen es desarrollado solamente con un estudio.

^b Puntaje metabólico: es una medida compuesta que resume varias variables relacionadas con el metabolismo, incluye diferentes variables y en cada investigación está compuesta de manera diferente.

la presión arterial media (PAM), con 10 reportes, al igual que la presión arterial diastólica (PAD), con 10 reportes. Estos datos se muestran con detalle en la [tabla 2](#). El resumen de cada una de las variables en cada estudio se encuentra en el [material suplementario 3](#).

Finalmente, se encontró que el 61,3% de los estudios presentaban sesgos de selección altos, y en el 5,0% se consideró que existía un sesgo clasificación medio o alto. Finalmente, aproximadamente en uno de cada dos análisis el sesgo de confusión era medio-alto. Los datos sobre la distribución de la clasificación de sesgos se muestran en la [tabla 3](#).

Discusión

Diferentes estudios muestran que la capacidad muscular tiene una relación inversa con valores de colesterol total, colesterol LDL (cLDL) y triglicéridos, y directamente proporcional con el colesterol HDL (cHDL)⁴⁷ y la capacidad cardiorrespiratoria (CCR)^{47,48}. En la presente revisión, pocos fueron los estudios que se asociaron en los diferentes indicadores de la FPM con esos lípidos y lipoproteínas. De los indicadores de la FPM, solamente la FPM_{Absoluta} mostró una relación directamente proporcional con el HDL^{9,10,22,23}, e inversamente proporcional con LDL^{10,23} y la

razón TG/HDL^{22,30}. Con respecto a los FPM_{Relativa} no se encontraron patrones que permitieran inferir una asociación con las lipoproteínas estudiadas^{11,14,35,37}. Por otro lado, se halló una relación inversamente proporcional entre diferentes puntajes metabólicos y la FPM_{Relativa}^{11,14,24,34,35}; en el caso de la FPM_{Absoluta}^{22,24,25}, esta relación no se encontró.

Otro marcador bioquímico de la función metabólica que se rastreó en la presente revisión fue el HOMA-IR; tanto en la FPM_{Absoluta}²⁸⁻³⁰ como en la FPM_{Relativa}^{11,14,28,36,37} no se reportó un patrón de asociación. En lo que respecta a estudios que han evaluado la relación entre la HOMA-IR y las CCR, se ha descrito una relación inversamente proporcional⁴⁹. A modo de ejemplo, en niños americanos se ha indicado que, independientemente del sexo, los ubicados en el tercil más bajo de la CCR presentan mayores valores de HOMA-IR⁴⁹.

Una variable de interés que no mostró tener relación con los diferentes indicadores de la FPM fue la glucosa^{7,10,14,28,29}. Ese resultado es acorde con lo reportado en un estudio de cohortes, el cual informó que ni la fuerza, ni la resistencia o potencia muscular en la niñez, se asociaban con los valores de glucosa en la edad adulta, tanto en hombres como en mujeres⁵⁰. Otras variables de interés, en las cuales no se encontró un patrón de asociación con los diferentes indicadores de la FPM, fueron la insulina^{28,29,35}, la hemoglobina glucosilada^{22,35} y la glucosa posprandial²⁹.

Tabla 2 Estudios que evalúan los indicadores cardiovasculares con diferentes indicadores de la fuerza prensil manual

	Asociados	No asociados	n/N ^a	Resumen general
FPM absoluta				
PAS	10,16,22,40-42	43	6/7	No existe un patrón definido
PAD	10,22,40,42	16,41,43	4/7	No existe un patrón definido
PAM	42		1/1	La PAM no mostró relación con la FPM _{Absoluta} ^a
Frecuencia cardiaca en reposo	44	44	1/1	La frecuencia cardiaca en reposo no mostró relación con la FPM _{Relativa} ^a
FPM relativa				
PAS	11,14,45		3/3	No existe un patrón definido
PAD	14	11,45	1/3	No existe un patrón definido
Espesor íntima-media de la arteria carótida común	45		1/1	Se encontró una relación inversa entre el espesor íntima-media de la arteria carótida común y la FPM _{Relativa} ^a
Diámetro de la carótida interna	45		1/1	Se encontró una relación inversa entre el diámetro de la carótida interna y la FPM _{Relativa} ^a
PAM		35	0/1	La PAM no mostró relación con la FPM _{Relativa} ^a
Frecuencia cardiaca en reposo		45	0/1	La frecuencia cardiaca en reposo no mostró relación con la FPM _{Relativa} ^a
Frecuencia cardiaca: máxima		45	0/1	La frecuencia cardiaca máxima no mostró relación con la FPM _{Relativa} ^a
FPM normalizada				
PAS	7,46	7	1/2	No existe un patrón definido
PAD	46	7	1/2	No existe un patrón definido
Frecuencia cardiaca en reposo	7	7	1/1	No existe un patrón definido

FPM_{Absoluta}: fuerza prensil manual absoluta; FPM_{Normalizada}: fuerza prensil manual normalizada; FPM_{Relativa}: fuerza prensil manual relativa; n: cantidad de estudios donde se encontraron diferencias de la FPM en las variables de interés, o asociación entre la FPM y las variables de interés; N: cantidad de estudios; algunos indicadores muestran asociación y, a la vez, no asociación, y esto se dio cuando, en análisis estratificados, algún estrato mostró divergencias; PAD: presión arterial diastólica; PAM: presión arterial media; PAS: presión arterial sistólica.

^a El resumen es desarrollado solamente con un estudio

Tabla 3 Distribución de los sesgos en los estudios rastreados

Sesgos de selección^a	
Alto	19 (61,3%)
Bajo	12 (38,7%)
Sesgo de clasificación^b	
Alto	3 (3,0%)
Medio	2 (2,0%)
Bajo	95 (95,0%)
Sesgo de confusión^b	
Alto	16 (16,0%)
Medio	36 (36,0%)
Bajo	48 (48,0%)

n: frecuencia absoluta; %: frecuencia porcentual.

^a El total analizado corresponde a 31, que son los estudios incluidos en la revisión.

^b El total analizado corresponde a 100, que son las asociaciones estudiadas en los 31 estudios incluidos en la revisión.

Correspondiente a los indicadores de inflamación^{7,14,33,37,38}, un hallazgo de interés fue la relación inversa que se reportó en los diferentes estudios entre la proteína C reactiva (PCR)^{14,37,38}, el puntaje de inflamación³⁸, el factor de complemento C3³⁸ y C4³⁸ y los valores de la FPM_{Relativa}. Solamente la concentración de

leucocitos no mostró relación³⁸ con la FPM_{Relativa}. Entre los posibles mecanismos que expliquen la relación entre la FPM y esos indicadores se encuentra la inflamación sistémica de bajo grado, descrita en niños y adolescentes con exceso de peso⁵¹; el exceso de peso es una variable que muestra una estrecha relación con la FPM¹⁹.

Finalmente, en los estudios rastreados en la revisión se encontró que los valores de vitamina D no mostraban relación con la FPM_{Relativa}³⁹ o con la FPM_{Absoluta}^{9,26,27}. Sin embargo, un reporte reciente mostró que, en adolescentes americanos, los clasificados con baja FPM_{Relativa} tenían mayor riesgo de presentar déficit de vitamina D⁵². Estudios en adultos han descrito la estrecha relación entre la vitamina D y la CCR^{53,54}, independientemente de que sean hombres⁵³ o mujeres⁵⁴.

En general, los siete indicadores cardiovasculares rastreados no mostraron relación con los diferentes indicadores de la FPM^{7,10,11,14,16,22,35,40-46}. Tales resultados van en la misma línea de otros estudios reportados previamente^{55,56}. Por ejemplo, un estudio longitudinal en adolescentes reportó que valores iniciales de la FPM_{Relativa} y del salto longitudinal no tienen relación con los valores de la presión arterial sistólica (PAS) y la PAD después de dos años de seguimiento⁵⁵. En la misma línea, en niños daneses se reportó que no existe una relación entre la fuerza muscular de miembros inferiores y la PAS⁵⁶. En contraste, los estudios que han evaluado la relación entre las presiones

arteriales y la CCR sí muestran relaciones inversamente proporcionales^{41,57,58}. A modo de ejemplo, se ha descrito una relación inversa entre las cifras de presión arterial y el test de caminata de 6 minutos⁵⁷. En la misma línea, un estudio longitudinal en adolescentes reveló que aquellos con bajos valores de CCR presentaban cifras de presión arterial más altas después de hacerles un seguimiento de dos años⁵⁸.

Entre los diferentes hallazgos de la revisión, un estudio mostró una relación inversamente proporcional entre la $FPM_{Relativa}$ y el espesor íntimo/media de la arteria carótida común⁴⁵. Los estudios que han evaluado la relación entre diferentes CFRS y el espesor íntimo/media de la arteria carótida se han centrado en la CCR; en ellos también se ha mostrado que existe una relación inversamente proporcional^{59,60}, tanto en adultos⁵⁹ como en adolescentes⁶⁰.

Limitaciones

Entre las limitaciones de la presente revisión de alcance se encuentra que se decidió incluir solamente estudios transversales. Esa decisión se tomó debido al alto volumen de artículos potencialmente seleccionables para realizarles la extracción de datos y su posterior análisis. Es importante tener en cuenta que la inclusión de estudios longitudinales generaría una evidencia más sólida y robusta sobre la relación entre la FPM y las variables de interés; sin embargo, esto no anula el resumen de información que se ha desarrollado.

Es relevante tener en cuenta que un análisis más profundo en las diferentes relaciones generaría un cuerpo de evidencia sólido; no obstante, esto iba más allá del objetivo de la presente revisión.

También se excluyeron jóvenes deportistas y niños o adolescentes con patologías, debido a que la presente revisión de alcance se enfoca en población de niños y adolescentes en general.

Se debe tener en cuenta que las revisiones de alcance tienen una serie de limitantes y que sus conclusiones no podrían valorarse como las de las revisiones sistemáticas, pues, en general, las revisiones de alcance solamente buscan desarrollar un bosquejo global, mientras que las revisiones sistemáticas pretenden sintetizar evidencia con respecto a un tema. La presente revisión servirá como insumo para el planteamiento de revisiones sistemáticas donde se puedan desarrollar análisis más profundos que permitan llegar a conclusiones robustas sobre la relación entre variables.

No se realizó una actualización posterior a septiembre de 2020 (fecha en la que se realizaron las ecuaciones de búsqueda) por varias razones, entre las que destaca que el cribado de los 15.198 artículos y la extracción de datos para los 31 artículos incluidos en esta revisión fue dispendiosa, y terminó a finales de 2022. Se decidió no actualizar la presente búsqueda para incluir artículos más recientes (es decir, publicados a partir de octubre de 2020) porque no creemos que hayan ocurrido cambios sustanciales durante este periodo de tiempo.

Conclusiones

En los indicadores bioquímicos se encontró un patrón en el cual la $FPM_{Absoluta}$ tenía relación proporcional con los valores de HDL. Por otro lado, en el caso de la $FPM_{Relativa}$, el patrón indicaba una relación inversamente proporcional con diferentes puntajes cardiometabólicos. En los indicadores cardiovasculares no se encontraron patrones de relación.

Financiación

El financiamiento y la aportación original para su elaboración son responsabilidad de los autores y sus instituciones de filiación.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en [doi:10.1016/j.semereg.2025.102459](https://doi.org/10.1016/j.semereg.2025.102459).

Bibliografía

- Rodrigues Matsudo V, Mahecha Matsudo S, Machado de Rezende L, Raso V. Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2015;17:1–10, <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p1>.
- Kang Y, Park S, Kim S, Koh H. Handgrip strength among Korean adolescents with metabolic syndrome in 2014-2015. *J Clin Densitom*. 2021;23:271–7, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jocd.2018.09.002>.
- Bohannon RW. Muscle strength: Clinical and prognostic value of hand-grip dynamometry. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2015;18:465–70, <http://dx.doi.org/10.1097/MCO.0000000000000202>.
- Mateus-Arias OE, Echeverría-Rueda M, López-Páez ME, Martínez-Torres J. Effects of 30-second active stretching on manual grip strength in young adults: A randomized cross-over study. *Rev Duazary*. 2024;21:285–94, <http://dx.doi.org/10.21676/2389783X.6128>.
- Martínez-Torres J, Gallo Villegas J, Aguirre-Acevedo DC. Normative values for handgrip strength in Colombian children and adolescents from 6 to 17 years of age: Estimation using quantile regression. *J Pediatr (Rio J)*. 2022;98:590–8, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2022.02.004>.
- Cagua Ardila YA, Portilla Díaz M, Martínez-Torres J. Normative values for handgrip strength in Colombian older adults: Estimation by quantile regression. *Semergen*. 2023;50:102123, <http://dx.doi.org/10.1016/j.semereg.2023.102123>.
- Lang JJ, Larouche R, Tremblay MS. The association between physical fitness and health in a nationally representative sample of Canadian children and youth aged 6 to 17 years. *Heal Promot Chronic Dis Prev Canada*. 2019;39:104–11, <http://dx.doi.org/10.24095/hpcdp.39.3.02>.
- Hwang IC, Ahn HY, Choi SJ. Association between handgrip strength and mental health in Korean adolescents. *Fam Pract*. 2021;38:826–9, <http://dx.doi.org/10.1093/fampra/cmab041>.

9. Blakeley CE, van Rompay MI, Schultz NS, Sacheck JM. Relationship between muscle strength and dyslipidemia, serum 25(OH)D, and weight status among diverse schoolchildren: A cross-sectional analysis. *BMC Pediatr*. 2018;18:23, <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-0998-x>.
10. Peterson MD, Saltarelli WA, Visich PS, Gordon PM. Strength capacity and cardiometabolic risk clustering in adolescents. *Pediatrics*. 2014;133:e896-903, <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-3169>.
11. Barker AR, Gracia-Marco L, Ruiz JR, Castillo MJ, Aparicio-Ugarriza R, González-Gross M, et al. Physical activity, sedentary time, TV viewing, physical fitness and cardiovascular disease risk in adolescents: The HELENA study. *Int J Cardiol*. 2018;254:303-9, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.080>.
12. Forero-Bogotá MA, Ojeda-Pardo ML, García-Hermoso A, Correa-Bautista JE, González-Jiménez E, Schmidt-RioValle J, et al. Body composition, nutritional profile and muscular fitness affect bone health in a sample of schoolchildren from Colombia: The Fuprecol study. *Nutrients*. 2017;9:106, <http://dx.doi.org/10.3390/nu9020106>.
13. Sasaki H, Kasagi F, Yamada M, Fujita S. Grip strength predicts cause-specific mortality in middle-aged and elderly persons. *Am J Med*. 2007;120:337-42, <http://dx.doi.org/10.1016/j.amjmed.2006.04.018>.
14. 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:e93150, <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0093150>.
15. Mcgrath R, Vincent BM, Hackney KJ, Robinson-Lane SG, Downer B, Clark BC. The longitudinal associations of handgrip strength and cognitive function in aging Americans. *J Am Med Dir Assoc*. 2020;21:634-9.e1, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jamda.2019.08.032>.
16. Delgado-Floody P, Caamaño-Navarrete F, Palomino-Devia C, Jerez-Mayorga D, Martínez-Salazar C. Relationship in obese Chilean schoolchildren between physical fitness, physical activity levels and cardiovascular risk factors. *Nutr Hosp*. 2019;36:13-9, <http://dx.doi.org/10.20960/nh.1932>.
17. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: A powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32:1-11, <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>.
18. Arksey H, O'Malley L. Scoping studies: Towards a methodological framework. *Int J Soc Res Methodol Theory Pract*. 2005;8:19-32, <http://dx.doi.org/10.1080/1364557032000119616>.
19. Martínez-Torres J, Gallo Villegas J, Aguirre-Acevedo DC, Gallo-Villegas JA, Aguirre-Acevedo DC. Características antropométricas y de composición corporal asociadas a la fuerza prensil manual en niños y adolescentes. Una revisión sistemática exploratoria. *Andes Pediatr*. 2022;93:906-17, <http://dx.doi.org/10.32641/andespediatr.v93i6.4408>.
20. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev*. 2016;5:210, <http://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>.
21. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169:467-73, <http://dx.doi.org/10.7326/M18-0850>.
22. Rioux BV, Kuwornu P, Sharma A, Tremblay MS, McGavock JM, Sénéchal M. Association between handgrip muscle strength and cardiometabolic z-score in children 6 to 19 years of age: Results from the Canadian health measures survey. *Metab Syndr Relat Disord*. 2017;15:379-84, <http://dx.doi.org/10.1089/met.2016.0147>.
23. Andrade S, Ochoa-avilés A, Lachat C, Escobar P, Verstraeten R, Van Camp J, et al. Physical fitness among urban and rural Ecuadorian adolescents and its association with blood lipids: A cross sectional study. *BMC Pediatr*. 2014;14:1-11, <http://dx.doi.org/10.1186/1471-2431-14-106>.
24. Ramírez-Vélez R, Tordecilla-Sanders A, Correa-Bautista JE, Peterson MD, García-Hermoso A. Handgrip strength and ideal cardiovascular health among Colombian children and adolescents. *J Pediatr*. 2016;179:82-9.e1, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.08.099>.
25. Valerio G, Licenziati MR, Tortorelli P, Calandriello LF, Alicante P, Scalfi L. Lower performance in the six-minute walk test in obese youth with cardiometabolic risk clustering. *Front Endocrinol (Lausanne)*. 2018;9:1-8, <http://dx.doi.org/10.3389/fendo.2018.00701>.
26. Valtueña Santamaría J, Gracia-Marco L, Huybrechts I, Breidenassel C, Ferrari M, Gottrand F, et al. Cardiorespiratory fitness in males, and upper limbs muscular strength in females, are positively related with 25-hydroxyvitamin D plasma concentrations in European adolescents: The HELENA study. *QJM*. 2013;106:809-21, <http://dx.doi.org/10.1093/qjmed/hct089>.
27. Carson EL, Pourshahidi LK, Hill TR, Cashman KD, Strain JJ, Boreham CA, et al. Vitamin D, muscle function, and cardiorespiratory fitness in adolescents from the young hearts study. *J Clin Endocrinol Metab*. 2015;100:4621-8, <http://dx.doi.org/10.1210/jc.2015-2956>.
28. Jiménez-Pavón D, Ortega FB, Valtueña J, Castro-Piñero J, Gómez-Martínez S, Zaccaria M, et al. Muscular strength and markers of insulin resistance in European adolescents: The HELENA Study. *Eur J Appl Physiol*. 2012;112:2455-65, <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2216-5>.
29. Li S, Zhang R, Pan G, Zheng L, Li C. Handgrip strength is associated with insulin resistance and glucose metabolism in adolescents: Evidence from National Health and Nutrition Examination Survey 2011 to 2014. *Pediatr Diabetes*. 2018;19:375-80, <http://dx.doi.org/10.1111/pedi.12596>.
30. Medrano M, Arenaza L, Migueles JH, Rodríguez-Vigil B, Ruiz JR, Labayen I. Associations of physical activity and fitness with hepatic steatosis, liver enzymes, and insulin resistance in children with overweight/obesity. *Pediatr Diabetes*. 2020;21:565-74, <http://dx.doi.org/10.1111/pedi.13011>.
31. Jiménez-Pavón D, Ortega FB, Artero EG, Labayen I, Vicente-Rodríguez G, Huybrechts I, et al. Physical activity, fitness, and serum leptin concentrations in adolescents. *J Pediatr*. 2012;160:598-603, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2011.09.058>.
32. Jeong D, Park S, Kim H, Kwon O. Association of carotenoids concentration in blood with physical performance in Korean adolescents: The 2018 national fitness award project. *Nutrients*. 2020;12:1821, <http://dx.doi.org/10.3390/nu12061821>.
33. Sobieska M, Gajewska E, Kalmus G, Samborski W. Obesity, physical fitness, and inflammatory markers in Polish children. *Med Sci Monit*. 2013;19:493-500, <http://dx.doi.org/10.12659/MSM.883959>.
34. Barbosa JPDAS, Basso L, Seabra A, Prista A, Tani G, Maia JAR, et al. Relationship between physical activity, physical fitness and multiple metabolic risk in youths from Muzambinho's study. *Eur J Sport Sci*. 2016;16:618-23, <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2015.1088576>.
35. Morikawa SY, Fujihara K, Hatta M, Osawa T, Ishizawa M, Yamamoto M, et al. Relationships among cardiorespiratory fitness, muscular fitness, and cardiometabolic risk factors in Japanese adolescents: Niigata screening for and preventing the development of non-communicable disease study-Agano (NICE EVIDENCE Study-Agano) 2. *Pediatr Diabetes*. 2018;19:593-602, <http://dx.doi.org/10.1111/pedi.12623>.
36. Jiménez-Pavón D, Sesé MA, Valtueña J, Cuenca-García M, González-Gross M, Gottrand F, et al. Leptin, vitamin D, and cardiorespiratory fitness as risk factors for insulin resistance in European adolescents: Gender differences in the

- HELENA Study. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2013;39:530–7, <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2013-0250>.
37. Agostinis-Sobrinho C, Santos R, Moreira C, Abreu S, Lopes L, Oliveira-Santos J, et al. Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2016;26, <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>.
 38. Artero E, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Martínez-Gómez D, Warnberg J, Gómez-Martínez S, et al. Muscular fitness, fatness and inflammatory biomarkers in adolescents. *Pediatr Obes*. 2014;9:391–400, <http://dx.doi.org/10.1111/j.2047-6310.2013.00186.x>.
 39. Gil-Cosano JJ, Gracia-Marco L, Ubago-Guisado E, Miguéles JH, Mora-Gonzalez J, Escolano-Margarit MV, et al. Muscular fitness mediates the association between 25-hydroxyvitamin D and areal bone mineral density in children with overweight/obesity. *Nutrients*. 2019;11:2760, <http://dx.doi.org/10.3390/nu1112760>.
 40. Arriscado D, Muros JJ, Zabala M, Dalmau JM. Relación entre condición física y composición corporal en escolares de primaria del norte de España (Logroño). *Nutr Hosp*. 2014;30:385–94, <http://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.2.7217>.
 41. Nunes HEG, Alves CAS, Gonçalves ECA, Silva DAS. What physical fitness component is most closely associated with adolescents' blood pressure? *Percept Mot Skills*. 2017;124:1107–20, <http://dx.doi.org/10.1177/0031512517730414>.
 42. García-Hermoso A, Vegas-Heredia ED, Fernández-Vergara O, Ceballos-Ceballos R, Andrade-Schnettler R, Arellano-Ruiz P, et al. Independent and combined effects of hand-grip strength and adherence to a Mediterranean diet on blood pressure in Chilean children. *Nutrition*. 2019;60:170–4, <http://dx.doi.org/10.1016/j.nut.2018.08.019>.
 43. Cohen DD, López-Jaramillo P, Fernández-Santos JR, Castro-Piñero J, Sandercock GRH. Muscle strength is associated with lower diastolic blood pressure in schoolchildren. *Prev Med (Baltim)*. 2017;95:1–6, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ypmed.2016.11.006>.
 44. Silva DAS, de Lima TR, Tremblay MS. Association between resting heart rate and health-related physical fitness in Brazilian adolescents. *Biomed Res Int*. 2018;2018:3812197, <http://dx.doi.org/10.1155/2018/3812197>.
 45. Melo X, Santa-Clara H, Santos DA, Pimenta NM, Minderico CS, Fernhall B, et al. Independent association of muscular strength and carotid intima-media thickness in children. *Int J Sports Med*. 2015;36:624–30, <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1398678>.
 46. Zhang R, Li C, Liu T, Zheng L, Li S. Handgrip strength and blood pressure in children and adolescents: Evidence from NHANES 2011 to 2014. *Am J Hypertens*. 2018;31:792–6, <http://dx.doi.org/10.1093/ajh/hpy032>.
 47. Kujala UM, Vaara JP, Kainulainen H, Vasankari T, Vaara E, Kyröläinen H. Associations of aerobic fitness and maximal muscular strength with metabolites in Young Men. *JAMA Netw Open*. 2019;2:e198265, <http://dx.doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2019.8265>.
 48. Yong-Moon MP, Sui Z, Liu J, Zhou H, Peter F, Kokkinos PF, et al. The impact of cardiorespiratory fitness on age-related lipids and lipoproteins. *J Am Coll Cardiol*. 2015;65:2091–100, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2015.03.517>.
 49. Ahn B, McMurray R, Harrell J. Scaling of VO₂max and its relationship with insulin resistance in children. *Pediatr Exerc Sci*. 2013;25:43–51, <http://dx.doi.org/10.1123/pes.25.1.43>.
 50. Fraser BJ, Blizzard L, Schmidt MD, Juonala M, Dwyer T, Venn AJ, et al. Childhood cardiorespiratory fitness, muscular fitness and adult measures of glucose homeostasis. *J Sci Med Sport*. 2018;21:935–40, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsams.2018.02.002>.
 51. Tam CS, Clément K, Baur LA, Tordjman J. Obesity and low-grade inflammation: A paediatric perspective. *Obes Rev*. 2010;11:118–26, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-789X.2009.00674.x>.
 52. Laurson KR, Thomas JN, Barnes JL. Vitamin D status is associated with muscular strength in a nationally representative sample of US youth. *Acta Paediatr Int J Paediatr*. 2020;109:2755–61, <http://dx.doi.org/10.1111/apa.15253>.
 53. Farrell SW, Cleaver JP, Willis BL. Cardiorespiratory fitness, adiposity, and serum 25-dihydroxyvitamin D levels in men. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43:266–71, <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181ed5ec6>.
 54. Farrell SW, Willis BL. Cardiorespiratory fitness, adiposity, and serum 25-dihydroxyvitamin D levels in women: The cooper center longitudinal study. *J Women's Heal*. 2012;21:80–6, <http://dx.doi.org/10.1089/jwh.2010.2684>.
 55. Agostinis-Sobrinho C, Ruiz JR, Moreira C, Lopes L, Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, et al. Changes in muscular fitness and its association with blood pressure in adolescents. *Eur J Pediatr*. 2018;177:1101–9, <http://dx.doi.org/10.1007/s00431-018-3164-4>.
 56. Andersen L. Blood pressure, physical fitness and physical activity in 17-year-old Danish adolescents. *J Intern Med*. 1994;236:323–30, <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2796.1994.tb00803.x>.
 57. Pinheiro G, Mello J, Gaya A, Gaya AR. Blood pressure in children: Association with anthropometric indicators, body composition, cardiorespiratory fitness and physical activity. *Arq Bras Cardiol*. 2021;116:950–6, <http://dx.doi.org/10.36660/abc.20190520>.
 58. Agostinis-Sobrinho C, Ruiz JR, Moreira C, Lopes L, Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, et al. Cardiorespiratory fitness and blood pressure: A longitudinal analysis. *J Pediatr*. 2018;192:130–5, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2017.09.055>.
 59. Lin G-M, Liu P-Y, Tsai K-Z, Lin Y-K, Huang W-C, Lavie CJ. Cardiorespiratory fitness and carotid intima-media thickness in physically active young adults: CHIEF Atherosclerosis Study. *J Clin Med*. 2022;11:3653, <http://dx.doi.org/10.3390/jcm11133653>.
 60. Pahkala AK, Laitinen TT. Association of fitness with vascular intima-media thickness and elasticity in adolescence. *Pediatrics*. 2013;132:e77–84, <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-0041>.