

Características antropométricas y de composición corporal asociadas a la fuerza prensil manual en niños y adolescentes. Una Revisión Sistemática Exploratoria

Anthropometric and body composition characteristics associated with handgrip strength in children and adolescents. A scoping review

Javier Martínez-Torres^a, Jaime Alberto Gallo-Villegas^{b,c}, Daniel Camilo Aguirre-Acevedo^d

^aEscuela de Salud Pública, Universidad de los Llanos. Villavicencio, Colombia.

^bGrupo GRINMADE, Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

^cCentro Clínico y de Investigación SICOR. Medellín, Colombia.

^dInstituto de Investigaciones Médicas. Facultad de Medicina, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.

Recibido: 31 de mayo de 2022; Aceptado: 10 de agosto de 2022

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

Tradicionalmente las capacidades físicas relacionadas con la salud han mostrado relación con indicadores de la clasificación nutricional y composición corporal, pero no se cuenta con una síntesis que mapee la relación de diferentes indicadores antropométricos exclusivamente con la fuerza prensil manual.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

Algunos indicadores de la clasificación nutricional y composición corporal mostraron una relación directamente proporcional con los valores de la fuerza prensil manual absoluta, sin embargo, cuando esos indicadores se relacionaban con los valores de la fuerza prensil manual relativa, se comportan inversamente proporcionales.

Resumen

La fuerza prensil manual es un indicador robusto de la salud biológica de los niños y adolescentes.

Objetivos: identificar las características antropométricas y de composición corporal relacionadas con la fuerza prensil manual, y describir las principales características de los protocolos usados para la evaluación de la fuerza prensil manual. **Metodología:** Se desarrolló una revisión sistemática exploratoria o *Scoping Review*; 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 y características antropométricas y composición corporal. **Resultados:** Se seleccionaron 59 reportes, publicados entre los años 2005 y 2020. De los 59 reportes seleccionados, la clasificación nutricional fue la característica más estudiada ($n = 25$; 42,3%), seguida del índice masa corporal ($n = 23$; 38,9%). En el 47,5% (28 reportes) no fue clara la cantidad de ensayos realizados en cada individuo

Palabras clave:

Fuerza Muscular;
Adolescente;
Niño;
Dinamómetro de
Fuerza Muscular;
Aptitud Física

para estimar los valores de la fuerza prensil manual. La marca de dinamómetro de la empresa *Takei Scientific Instrument Co. Ltd.*, con un 49,2 % fue la más usada. El indicador de mayor uso fue la fuerza prensil manual absoluta (86,4 %, 51 reportes). **Conclusiones:** Existe una amplia variabilidad en los protocolos utilizados para la evaluación de la fuerza prensil manual con variaciones en la posición del cuerpo, el brazo, la selección de la mano, el número de repeticiones y el intervalo entre las medidas. Se encontró un patrón de valores proporcionales entre la fuerza prensil manual absoluta con el índice de masa corporal, Σ pliegues cutáneos, no obstante, cuando esta se ajusta por masa (fuerza prensil manual relativa) la relación es inversa.

Abstract

Handgrip strength is a robust indicator of the biological health of children and adolescents. **Objectives:** to identify the anthropometric characteristics and body composition related to handgrip strength, and to describe the main characteristics of the protocols used for its evaluation. **Methodology:** A scoping review was developed; the search was carried out in 1.) Medline; 2.) Web of Science; 3.) Science Direct; 4.) Scielo; and 5.) EBSCO's Sportdiscus. Original investigations were included if they have handgrip strength data, anthropometric characteristics, and body composition. **Results:** 59 reports published between 2005 and 2020 were selected. Among them, nutritional classification was the most studied characteristic ($n = 25$; 42.3%), followed by body mass index ($n = 23$; 38.9%). In 47.5% (28 reports), the number of tests performed on each individual to estimate the handgrip strength value was not clear. The dynamometer brand *Takei Scientific Instrument Co. Ltd.* was the most used, with 49.2 %. The most widely used indicator was absolute handgrip (86.4%, 51 reports). **Conclusions:** There is a wide variety of protocols used for handgrip strength assessment with variations in body position, arm and hand selection, number of repetitions, and intervals between measurements. A proportional pattern of values was found between absolute handgrip strength and body mass index, Σ skinfolds, however, when adjusted by mass (relative handgrip strength), the relationship is inverse.

Keywords:

Muscle Strength;
Adolescent; Child;
Muscle Strength
Dynamometer;
Physical Fitness

Introducción

La capacidad muscular (CM) es un indicador robusto de la salud biológica de niños y adolescentes¹⁻⁴. Varias son las características que han mostrado relación con la CM en este grupo etario, entre ellas se encuentran el sexo y la edad¹; adicionalmente, variables de la composición corporal, tales como la adiposidad^{2,3} y de la salud ósea³, han mostrado relación con la CM en niños y adolescentes. Diferentes mecanismos explicarían la relación entre la CM y la adiposidad⁵⁻⁷ o la salud ósea⁸; por ejemplo, el exceso de adiposidad en los niños genera dos alteraciones principalmente; la primera es un estado de inflamación sistémica crónica de bajo grado^{5,6} y, por otro lado, aparece una acumulación ectópica de lípidos en el músculo esquelético, que contribuyen al deterioro muscular⁵; otros autores han descrito que los niños con sobrepeso tienen unidades motoras más pequeñas que los niños con un peso saludable, lo que contribuye a reducir la capacidad contráctil⁶. Uno de los primeros estudios en niños, que evaluó el efecto de la adiposidad en la fuerza muscular, sugirió que los niños con exceso de adiposidad tendrían menor fuerza debido a que el 10,0% de la activación neural y muscular está condicionada

por los niveles de adiposidad⁷. Con respecto a la salud ósea, algunos mecanismos se podrían explicar a través de la «teoría del mecanostato»⁸, la cual insta a que la adaptación de la masa y la geometría ósea es una resultante de las cargas fisiológicas impuestas por las fuerzas musculares, lo que indica que la masa y la fuerza muscular son importantes predictores de la composición ósea⁸.

Para evaluar la CM se han propuesto diferentes métodos, unos están enfocados en la fuerza, y otros en la resistencia⁹. Sin embargo, ambos tienen efectos similares sobre diferentes desenlaces en la salud del niño o del adolescente². Uno de los indicadores de mayor interés para evaluar la CM es la fuerza prensil manual (FPM)^{10,11}, debido a que es económica¹¹, es una prueba que no requiere de una logística compleja para su medición^{10,11}, se aplica de forma sencilla¹¹ y tiene una fuerte correlación con otros ítems que componen las capacidades físicas relacionadas con la salud (CFRS), independientemente de la edad, el sexo o la maduración sexual^{10,11}. En la literatura se han descrito varios protocolos para evaluar la FPM, con diversificaciones en la posición del cuerpo, las posiciones del mango del dinamómetro, la mano usada para la evaluación, el número de evaluaciones y el in-

tervalo de tiempo entre las medidas^{9,12}. Las diferencias entre las metodologías podrían explicar parte de la variabilidad de los resultados, ya que, por ejemplo, en sujetos diestros la FPM puede ser un 10,0% mayor en su mano dominante, mientras que en zurdos la FPM es similar en ambas manos¹³. Adicional a esto, varios han sido los indicadores de la FPM, dentro de los que se encuentra la $FPM_{Absoluta}$, que corresponde al valor sin ajustar de la FPM; otro indicador utilizado recientemente es la $FPM_{Relativa}$ el cual es la FPM ajustada por la masa del individuo; y, finalmente la $FPM_{Normalizada}$ que estandariza el valor de la FPM generalmente por edad y sexo^{3,4}.

Debido a que la mayor síntesis de evidencia se enfoca en la CM en general¹⁻⁴, es necesario realizar una síntesis enfocada en la FPM, por lo tanto, se planteó el desarrollo de una revisión sistemática exploratoria o *Scoping Review*, que permitió identificar las características antropométricas y de composición relacionadas con la FPM, y adicionalmente, describir las principales características de los protocolos usados para la evaluación de la FPM.

Metodología

Esta *Scoping Review* hace parte del desarrollo de una revisión con un alcance mayor, la cual busca identificar las características de los protocolos usados para la evaluación de las CFRS en niños y adolescentes; adicionalmente busca identificar las variables a las que se les ha evaluado una asociación con las CFRS en niños y adolescentes. No obstante, para el presente reporte, solamente se limitó a las características de la composición corporal o antropométrica, y su asociación con la FPM en niños y adolescentes.

1. Identificación de la pregunta problema

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

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

Concepto: Basados en la variabilidad de los protocolos, se busca describir cuáles son las principales características del protocolo de la evaluación de la FPM; a su vez, varias características de la composición corporal han mostrado relación con la CM¹⁻⁴, no obstante, no se tiene un cuerpo de evidencia enfocado en la FPM.

Contexto: Debido a que la evaluación de la FPM se ha realizado en diferentes lugares del mundo, no se realizó limitación geográfica, pues lo que se busca es compilar información sobre esta temática a escala internacional. La evidencia presentada desde cualquier contexto cultural o geográfico fue elegible, siempre y cuando cumpliera la delimitación que se dio en los criterios de inclusión y exclusión descrito en la tabla 1.

2. Identificación de los estudios relevantes

Esta etapa del proceso de la *Scoping Review* tuvo como objetivo identificar los criterios que se utilizaron para seleccionar los estudios que fueron incluidos en la revisión. Se usaron cinco bases de datos. La búsqueda se realizó en: 1) Medline; 2) Web of Science; 3) Science Direct; 4) Scielo; 5) 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. En el material suplementario 1 se muestra la estrategia de búsqueda completa para las bases de datos seleccionadas.

Tabla 1. Criterios de elegibilidad para la selección de los estudios.

Característica	Criterio de inclusión	Criterio de exclusión
Población de estudio	Niños y adolescentes (6-19 años)	Deportistas (club o alto rendimiento) Pacientes de alguna enfermedad física o mental.
Tipo de publicación	Artículos con texto completo	Resúmenes de congresos, reseñas de libros, comentarios o artículos editoriales
Marco de tiempo	Publicados después de 1990 hasta el 31 de agosto de 2020	
Idiomas	Inglés y español	
Tipos de estudio	Se incluyeron estudios analíticos transversales	
Objetivo del estudio	Estudios que tengan como fin primario o secundario evaluar factores asociados con FPM* en adolescentes.	

*Para efectos del presente reporte, solamente se tuvo en cuenta los estudios donde se evaluará una asociación entre la FPM y características antropométricas o de composición corporal.

3. Selección de los estudios

Los resúmenes de los estudios fueron tomados de cada base de datos, y se importaron al software de gestión de Rayyan¹⁴. 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 Rayyan¹⁴. 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 con base en la discusión entre los dos revisores. Luego, se obtuvieron copias de texto completo de los artículos que cumplieron con los criterios de evaluación inicial (resumen y título).

En el tamizaje 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 y variables de clasificación nutricional o composición corporal. Para este proceso, un revisor examinó todos los artículos de texto com-

pleto, y se mantuvieron los estudios en los que se hiciera referencia a esa temática, este proceso fue realizado por un solo evaluador. El proceso de selección se llevó a cabo con las recomendaciones dadas por el PRISMA-ScR¹⁵. Los artículos que cumplían con todos los criterios de inclusión fueron incluidos en la revisión y se les extrajeron los datos.

4. Extracción de los datos

Para esta fase se desarrolló un marco básico de extracción de datos, que incluyó 15 ítems. De ellos se extrajo información bibliográfica estándar, características de la medición de la FPM y de medición de la característica estudiada. A pesar de que las *Scoping Review* no tienen como objetivo principal realizar 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, alto). En la tabla 2 se muestra el marco de extracción de datos.

Tabla 2. Marco de extracción de datos

Información bibliográfica estándar	Autor Año Revista País Tamaño de la muestra Rango etario Proporción de mujeres
Medición de la fuerza prensil manual	Cantidad de mediciones Selección de la medición Marca de Dinamómetro Indicador de la fuerza prensil manual Absoluta: Valor crudo de FPM ($FPM_{Absoluta}$) Relativa: Valor ajustado de la FPM por masa corporal ($FPM_{Relativa}$) Normalizada: Valor normalizar por sexo y edad ($FPM_{Normalizada}$)
Medición de la característica estudiada	Variable estudiada (unidad de medida)
Sesgo de selección:	Bajo: Se reportaron de manera completa los criterios para la selección de la muestra. Medio: Se reportaron de manera incompleta los criterios para la selección de la muestra. Alto: No se reportaron los criterios para la selección de la muestra, o se declaraba que los individuos fueron tomados a conveniencia.
Sesgo de clasificación*:	Bajo: Se reportaron de manera exhaustiva los protocolos desarrollados para la medición. Este es considerado válido para la medición de la característica. Medio: Se reportaron de manera incompleta los protocolos desarrollados para la medición, o este es considerado con cierto grado de incertidumbre para la medición de la característica. Alto: No se reportaron los protocolos desarrollados para la medición.
Confusión:	Bajo: Análisis que eliminaba el efecto de varias variables potenciales confusoras. Medio: Análisis que eliminaba del sexo o la edad como variables potenciales confusoras. Alto: Análisis en los que no se eliminaba el efecto de variables potenciales confusoras.

* Esta información fue aplicada a la variable de estudio (diferente a la FPM). FPM: Fuerza prensil manual.

5. Resumen y reporte de resultados

Inicialmente, se realizó una descripción de las fuentes de evidencia seleccionadas, evaluadas e incluidas en la *Scoping Review*, por medio de un diagrama de flujo, de acuerdo con las recomendaciones dadas por la declaración PRISMA para *Scoping Review*¹⁵.

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 la frecuencia de las características del protocolo de la FPM (cantidad de mediciones, selección de la medición, marca de dinamómetro) y de las variables de composición corporal o de características antropométricas. 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 diferentes variables de composición corporal o clasificación nutricional.

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 2.

Resultados

Desarrollo del proceso de selección de los estudios

En la búsqueda inicial realizada (todas las CFRS) se identificaron 15.198 registros en bases de datos (Medline, Web of Science, Science Direct, Scielo y Sportdiscus de EBSCO). No se realizaron búsquedas manuales adicionales. El primer filtro arrojó 3.883 duplicados, y quedaron 11.315 reportes; posteriormente, se excluyeron 9.494 registros al realizar la lectura de título y resumen, y quedaron 1.821 artículos para lectura de texto completo. Debido al alcance del presente reporte, se excluyeron 1.474 trabajos que no tenían relación con FPM y 90 que no se pudieron ubicar. De esa manera se hizo una revisión de 257 reportes; tras el análisis de criterios de selección, se excluyeron 87 reportes. De los 170 reportes que evaluaban factores asociados a las FPM, solamente en 59 reportes se evaluaban variables de composición corporal y clasificación nutricional; esos fueron seleccionados para que fuesen parte de la presente *Scoping Review* (figura 1).

Características bibliográficas de los estudios

Las investigaciones incluidas fueron 59, la primera publicación rastreada se encontró en el año 2005. La

mayor cantidad de reportes se encuentran publicados entre los años 2015 y 2020. Se rastrearon registros publicados en todos los continentes (excepto Antártica); el 54,2% (32 reportes) fueron desarrollados en Europa. El continente con menos reportes fue Oceanía, con 1,7% (1 reporte). Con respecto a España y EE. UU., estos fueron los países con mayor cantidad de reportes (25,4% y 6,8%), respectivamente, 15 y 4 reportes. Es importante recalcar que España podría tener una mayor cantidad de reportes, ya que se encontraron 5 (8,5%) que se desarrollaban en diferentes países de Europa, y en algunos de ellos se incluía a España. Se encontraron registros publicados en 44 revistas. La revista con mayor cantidad de artículos publicados fue *Nutrients* (6,8%, 4 reportes). Las muestras de los estudios oscilaron entre 57 y 88.865 niños o adolescentes. El 50,0% de los estudios tenían tamaños de muestras inferiores a 404, un 75,0% tiene muestras inferiores a 1.224 niños o adolescentes. La gran mayoría de los estudios fueron realizados entre ambos sexos, solamente en un 5,1% (3 reportes) se desarrolló exclusivamente en masculinos. Un punto de interés es que en aproximadamente el 11,9% (7 reportes) de los estudios no era clara la distribución por sexo.

Variables antropométricas o de composición corporal, y características del protocolo de la medición de la FPM

En los 59 reportes se identificaron 17 diferentes variables, a los cuales se les estimó la asociación con la FPM. La variable con mayor cantidad de reportes era la clasificación nutricional, con 42,3% (25 reportes), seguido por el grupo del índice de masa corporal 38,9% (23 reportes) (tabla 3). En el 47,5% (28 reportes) no fue clara la cantidad de ensayos realizados en cada individuo para estimar los valores de la FPM. En los artículos en los que se reportó esta característica, se encontró que la más común era «dos ensayos por cada mano», con 23,7% (14 registros). Con respecto a la selección de la medida para cada sujeto, en el 44,1% (26 reportes) no fue claro cómo se estimó el valor para cada individuo. En los artículos en los que se describió este rasgo, se encontró que el más común era «usar la mayor», con 22,0% (13 reportes). En relación a la marca de dinamómetro, la empresa *Takei Scientific Instrument Co. Ltd.*, con un 49,2% (29 reportes), fue la más utilizada; entre los modelos de esta empresa, el Takei TTK 5101 fue el más usado (16,9%, 10 reportes). La segunda marca de dinamómetros que se usó fue de la empresa *Jamar Technologies Inc.*, con un 8,5% (5 reportes). Cabe resaltar que en un 30,5% (18 reportes) no se describió la marca o el modelo del dinamómetro. El indicador de mayor uso fue la FPM absoluta (86,4%, 51 reportes). En la tabla 3 se muestran las características de los protocolos de medición y las demás variables antropométricas y de composición corporal.

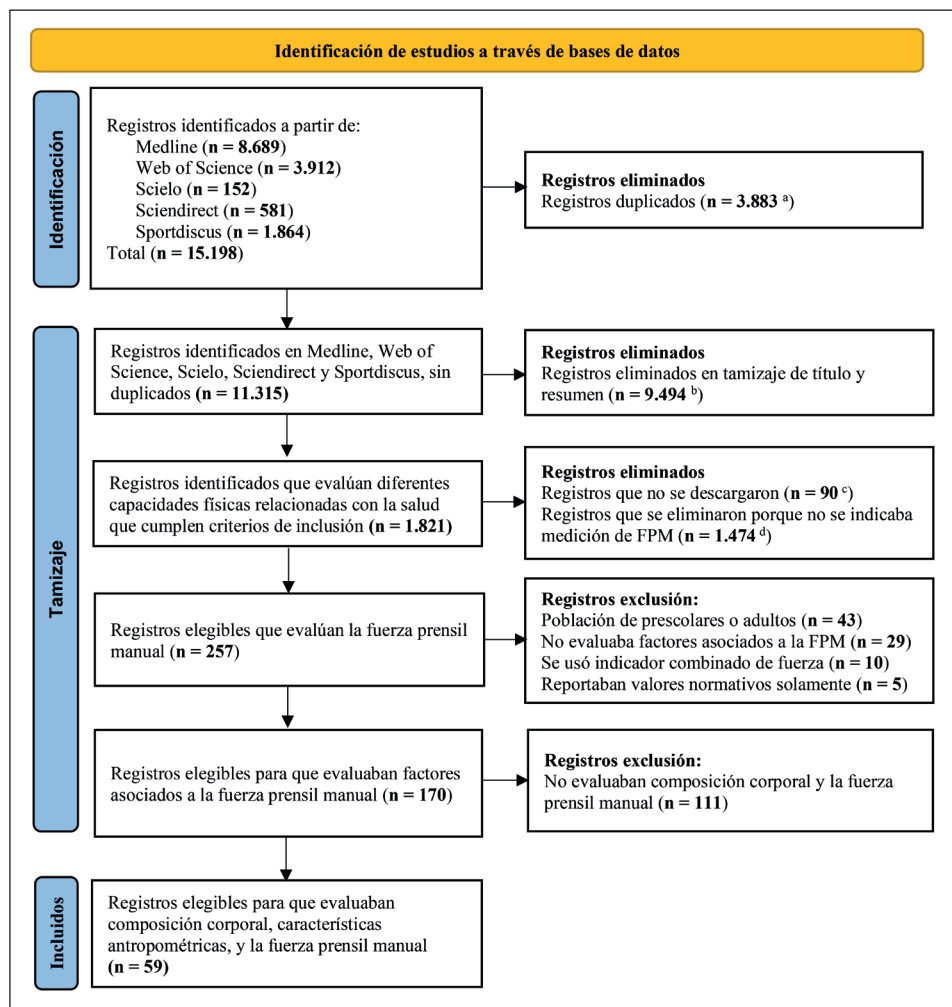


Figura 1. Resumen de las búsquedas sistemáticas y el tratamiento de la información.

FPM = Fuerza prensil manual.

- Los registros duplicados fueron detectados por Rayyan¹⁴, 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 Rayyan.
- 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 o dinamometría.

Discusión

El primer objetivo de la presente revisión es identificar las características antropométricas y de composición relacionadas con la FPM. Los hallazgos indican un patrón hacia una relación directamente proporcional entre la $FPM_{Absoluta}$ y algunas variables de la composición corporal, como son: el IMC (índice de masa corporal)¹⁶⁻²⁹ y el perímetro de cintura^{16,18,30-33}. En el caso de la clasificación nutricional, se encontró que los individuos con obesidad eran quienes tendían a presentar mayores valores^{16,19,20,32,34-52}; no obstante, cuando se usó la $FPM_{Relativa}$ las relaciones con el IMC^{18,30,53-55} y el perímetro de cintura^{18,30,53-56} fueron inversamente proporcionales; y en el caso de la clasificación nutricional, se encontró que los obesos tendían a tener los menores valores, mientras que los de bajo peso tenían los mayores valores^{37,39,51}. Con respecto a la $FPM_{Normalizada}$ por edad y sexo, ella tuvo pocos estudios⁵⁷⁻⁵⁹ (tabla 4). La relación directamente proporcional entre la $FPM_{Absoluta}$ y

los indicadores de adiposidad ha sido reportado en revisiones previas³; no obstante, cabe resaltar que cuando la CM evaluada requiere que el individuo levante su peso corporal (abdominales, flexiones de brazo)^{3,41}, o que desplace su cuerpo a través del espacio (salto vertical, salto de longitudinal)^{3,18,41,44,46}, se encuentran asociados inversamente con diferentes indicadores de adiposidad. Este fenómeno sugiere la necesidad de realizar ajustes a la FPM ^{3,18,41,44,46}, los cuales se dan porque en la $FPM_{Absoluta}$ no se requieren desplazamientos de pesos corporales; al ajustarse, eliminaría la influencia de una característica que modifica la direccionalidad del indicador. Adicionalmente, la masa está intrínsecamente en la medición de otras pruebas de la CM (abdominales, flexiones de brazo o saltos). De esta manera, la $FPM_{Relativa}$ podría ser un indicador más robusto, que iría en la misma línea de los mecanismos fisiológicos por los que se propone que los sujetos con mayores niveles de adiposidad tengan menores niveles de fuerza⁵⁻⁷. Referente a otros indicadores de adiposidad,

Tabla 3. Características de los protocolos de evaluación

	n (%)
Total	59 (100 %)
Características antropométricas y de composición corporal*	
Clasificación nutricional	25 (42,3 %)
Índice de masa corporal	23 (38,9 %)
Porcentaje de grasa	17 (29,3 %)
Perímetro de cintura	13 (22,0 %)
Estatura	8 (13,8 %)
Masa	8 (13,8 %)
Σ pliegues cutáneos	7 (12,1 %)
Densidad mineral ósea	4 (6,9 %)
Masa libre de grasa	3 (5,2 %)
Razón 2D:4D	3 (5,2 %)
Área de superficie corporal	1 (1,7 %)
Área del brazo	1 (1,7 %)
Área muscular del brazo	1 (1,7 %)
Área total del brazo	1 (1,7 %)
Perímetro brazo en extensión	1 (1,7 %)
Razón cintura-altura	1 (1,7 %)
Razón cintura-cadera	1 (1,7 %)
Cantidad de mediciones para cada sujeto	
No se reportó o no es claro.	28 (47,5 %)
Dos veces en cada mano	14 (23,7 %)
Tres mediciones en cada mano	6 (10,2 %)
Dos mediciones sin especificar	4 (6,8 %)
Hemicuerpo dominante 2 veces	3 (5,1 %)
Una en cada mano	2 (3,4 %)
Hemicuerpo derecho 2 veces	1 (1,7 %)
Hemicuerpo dominante 3 veces	1 (1,7 %)
Selección de la medición para cada sujeto.	
No se reportó o no es claro.	26 (44,1 %)
Se uso la mayor	13 (22,0 %)
Media de la mejor en cada mano	10 (16,9 %)
Promedio de las mediciones	5 (8,5 %)
Suma de las dos mejores	5 (8,5 %)
Marca del dinamómetro	
Takkei	29 (49,2 %)
No se reportó	18 (30,5 %)
Jamar	5 (8,5 %)
Lafayette	2 (3,4 %)
Saehan	2 (3,4 %)
Camry	1 (1,7 %)
Martin	1 (1,7 %)
Stoelting Smedley	1 (1,7 %)
Indicadores de la FPM*	
FPM Absoluta	51 (86,4 %)
FPM Relativa	10 (16,9 %)
FPM Normalizada	3 (5,0 %)

n: frecuencia absoluta, %: frecuencia porcentual. FPM = Fuerza preñil manual. *No es correcto sumar la cantidad de n para estimar el 100 %, esto debido a que hay estudios que incluyen más de un indicador de la FPM o variable de composición corporal.

se encontró que en los estudios que evaluaban la Σ pliegues cutáneos no se mostraba un patrón de asociación con la FPM_{Absoluta}^{30,31,60}, pero sí con la FPM_{Relativa}^{30,53-55}, lo que apuntaría que el indicador cuando es ajustado por masa corporal sería más robusto.

En lo referente al porcentaje de grasa, no se encontró un patrón específico de asociación con la FPM_{Absoluta}^{16-18,21,22,26,28,31,37,40,61-65}, ni con la FPM_{Relativa}^{18,33,37,56} (tabla 4). Esto puede estar relacionado con el hecho de que la mayoría de reportes –que estimaban el porcentaje de grasa– usaron como insumo pliegues cutáneos en diferentes ecuaciones^{16-18,21,26,37,64,65}, y de acuerdo con la evidencia reciente, ecuaciones tradicionales del porcentaje de grasa, tales como la de Slaughter et al.⁶⁶ y la de Goran et al.⁶⁷ no son funcionales para evaluar el porcentaje de grasa en niños y adolescentes⁶⁸.

Solamente se encontraron 4 reportes⁶⁹⁻⁷² que evaluaban la relación entre la FPM y la salud ósea. En todos los estudios hallados se evaluó la FPM_{Absoluta}, en ellos no se reportaron resultados consistentes que permitieran sintetizar algún tipo de relación. Estos resultados contrastan con los reportados por Smith et al.³, quien sintetizó, por medio de una revisión sistemática, que en 12 de 17 estudios se reportaba una relación directamente proporcional entre la CM e indicadores de la salud ósea, tales como la densidad mineral ósea, el contenido mineral óseo y el área ósea. Las divergencias con los resultados podrían estar relacionadas con las CM que se tuvieron en cuenta en la revisión realizada por Smith et al.³, que eran variadas; entre ellas se encontraban diferentes tipos de saltos. La capacidad de salto estaría en la línea del desarrollo de la «teoría del mecanostato»⁸, y lo cual cuenta con evidencia en algunos estudios recientes⁷³; por ejemplo, en jóvenes atletas se encontró que existía una estrecha relación directamente proporcional entre la salud ósea y el salto horizontal⁷³.

De las 17 variables de composición corporal, solamente 7 fueron hallados en un reporte (tabla 3 y 4). Entre ellas se encuentran: área de superficie corporal³², área del brazo²¹, área muscular del brazo²¹, área total del brazo²¹, perímetro del brazo en extensión²¹, razón cintura/cadera²² y la razón cintura/altura⁵⁴. Cabe resaltar que, con excepción de la razón cintura/cadera y la razón cintura/altura, son indicadores que tradicionalmente no se evalúan en estudios de CFRS.

El segundo objetivo de esta revisión fue identificar las características del protocolo de evaluación de la FPM. El primer hallazgo de interés fue una diversidad de metodologías para su medición; por ejemplo, se encontró una variabilidad considerable en relación al modelo de dinamómetro utilizado para la evaluación de la FPM en niños y adolescentes, similar a lo descrito previamente^{12,74}. No obstante, cabe resaltar que en aproximadamente uno de cada 3 estudios no

Tabla 4. Resumen de los estudios que examinan la asociación entre las características antropométricas y la fuerza prensil manual

	Asociados	No asociados	n/N*	Síntesis general
FPM Absoluta				
Clasificación nutricional	(16, 19, 20, 32, 34-52)	(41, 65, 78)	23/25	Hay un patrón de mayores valores de FPM en los sujetos con obesidad, mientras que los menores valores de FPM se encuentra en los sujetos con bajo peso.
Índice de masa corporal	(16-29)	(65)	14/15	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM, mayores valores de índice de masa corporal
Porcentaje de grasa	(16-18, 21, 22, 26, 31, 37, 40, 61-63)	(16, 28, 40, 61, 62, 64, 65)	12/15	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Perímetro de cintura	(16, 18, 30-33)	(40, 65)	6/8	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM, mayores valores de perímetro de cintura.
Estatura	(17, 20-22, 27)	(24, 32)	5/7	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Masa	(16, 17, 20-22, 24, 32, 60)		8/8	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM, mayores valores de la masa corporal.
Σ pliegues cutáneos	(60)	(30, 31)	1/3	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Salud ósea	(69-72)	(70, 72)	4/4	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Masa libre de grasa	(19, 21)	(28)	2/3	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Razón 2D:4D	(79)	(75, 80)	1/3	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Área de superficie corporal	(32)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM y el área de superficie corporal*
Área del brazo		(21)	1/1	No existe relación entre el área del brazo y la FPM*
Área muscular del brazo	(21)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM y el área muscular en el brazo*
Área total del brazo	(21)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM y el área total del brazo*
Perímetro del brazo en extensión	(21)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM y el perímetro de brazo en extensión*
Razón cintura-cadera	(22)		1/1	Los sujetos del tertil bajo de FPM y presentan menores valores de la razón cintura-cadera*
FPM Relativa				
Clasificación nutricional	(37, 39, 51)		3/3	Hay un patrón de menores valores de FPM relativa en los sujetos con obesidad, mientras que los mayores valores de FPM relativa se encuentra en los sujetos con bajo peso.
Índice de masa corporal	(18, 30, 53-55)	(56, 81)	5/7	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM relativa, menores valores de índice de masa corporal
Porcentaje de grasa	(18, 33, 37)	(56)	3/4	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Perímetro de cintura	(18, 30, 53-56)		6/6	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM relativa, menores valores de perímetro de cintura
Σ pliegues cutáneos	(30, 53-55)		4/4	Hay un patrón que indica que a mayores valores de FPM relativa, menores valores de la Σ pliegues cutáneos.
Razón cintura-altura	(54)		1/1	Existe una relación inversamente proporcional entre la FPM relativa y la razón cintura-altura*
FPM Normalizada				
Índice de masa corporal	(57)	(58)	1/2	No hay consistencia en los resultados de la asociación entre los diferentes estudios.
Perímetro de cintura	(57)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM normalizada y el perímetro de cintura*
Estatura	(59)		1/1	Existe una relación directamente proporcional entre la FPM normalizada y la estatura normalizada*
Σ pliegues cutáneos		(57)	0/1	No existe relación entre la FPM normalizada y la Σ pliegues cutáneos*

n: Cantidad de estudios donde se encontraron diferencias de la FPM o asociación entre la FPM y las variables de interés; N: Cantidad de estudios. Algunas características muestran asociación y a la vez no asociación en un mismo estudio, esto se dio cuando en análisis estratificados, algún estrato mostró divergencias. * La síntesis es desarrollada solamente con un estudio

se reportó la marca o la referencia del dinamómetro^{17,19,23,25,28,31,34,39-41,46-48,50,60,61,70,75}, el dinamómetro que fue usado en la mayor cantidad de estudios fue el Takei 5101, con 16,9%^{16,30,33,44,52-54,65,69,72} (tabla 3). Esto toma relevancia porque se ha descrito que existe una variabilidad para la estimación de la medición entre las diferentes marcas de dinamómetros, y algunas marcas de dinamómetro han sido consideradas las de menor incertidumbre⁷⁶; por ejemplo, en adultos, la marca Jamar ha mostrado una buena fiabilidad y validez⁷⁶. Otro punto que hay en la variabilidad de las metodologías es el de la selección de la medida válida para cada persona; en el 16,9% (10 reportes) de las mediciones se empleó la media de la mejor de cada mano^{16,18,26,37,52,55,57,64,65,69,72}, y en el 8,5%, el promedio de las mediciones^{19,20,22,38,54}. Esto puede explicar parte de la variabilidad de los resultados, debido a que se ha descrito que en individuos diestros la FPM puede ser un 10,0% mayor en su mano dominante, mientras que en izquierdos la FPM es igual en ambas manos¹³. Aunque no hay un criterio específico para determinar cuál es el valor de la FPM válida para cada niño o adolescente, a diferencia de algunos consensos en adultos^{74,77}, sí es importante resaltar que algunos autores han descrito que una de las estrategias para reducir el error de medición es usar el promedio¹². Se recomienda la descripción de criterios que permita la reproducibilidad del protocolo⁷⁴ (ver material suplementario 2).

Fortalezas y limitaciones

El presente reporte tiene varias fortalezas: aunque hay disponibles revisiones que han sintetizado la relación de la CM con diferentes resultados en salud en niños y adolescentes¹⁻⁴, ninguna de ellas se ha enfocado en FPM; y para nuestro conocimiento esta es la primera revisión que estudia la asociación entre características antropométricas o de composición corporal, con la FPM en niños y adolescentes. Adicionalmente, también es una de las primeras revisiones que analiza las características del protocolo de evaluación de la FPM en niños y adolescentes¹². Otra fortaleza del presente reporte es que se incluyó una gran cantidad de estudios que permiten vislumbrar un panorama general del marco conceptual estudiado. Sin embargo, se cuenta con una serie de limitaciones. La primera fue que, solamente se incluyeron estudios transversales; la síntesis de evidencia con estudios longitudinales generaría una evidencia más robusta sobre la relación entre FPM y variables de interés; no obstante, esto no anula la síntesis de información que hemos desarrollado. Otra limitante fue que debido a la amplia cantidad de variables antropométricas y de composición corporal, se imposibilitó un análisis a mayor profundidad del efecto de la edad, sexo, etnia u otras características que puedan moderar el efecto de las relaciones. Por ejem-

plo, en el caso de la edad, los rangos etarios en los estudios incluidos variaron entre 6 y 19 años, periodos en los que podrían existir una gran variabilidad en la direccionalidad y magnitud de las asociaciones. Las moderaciones de los efectos que se puedan generar por diferentes variables son importantes para generar un cuerpo de evidencia sólido. Sin embargo, esto estaba más allá del alcance de nuestra revisión. Finalmente, es relevante tener en cuenta que excluimos a jóvenes deportistas y niños o adolescentes con patologías, con el fin de que nuestra síntesis se enfocase en población de niños y adolescentes en general. Cabe resaltar que la *Scoping Review* tiene una serie de limitaciones y sus conclusiones no deben considerarse como las de las revisiones sistemáticas.

Conclusiones

Basados en los dos objetivos planteados previamente, esta *Scoping Review* permite concluir que:

1. Existe una amplia variabilidad en los protocolos usados para la evaluación de la FPM con variaciones en la posición del cuerpo, el brazo, la selección de la mano, el número de repeticiones y el intervalo entre las medidas¹². Esta variabilidad en la evaluación de la prueba podría influir o modificar los resultados. Por eso se requiere un método poblacional estandarizado para niños y adolescentes similar al desarrollado recientemente para adultos^{74,76,77}.
2. Se encontró una relación de proporcionalidad entre el perímetro de cintura, el IMC y la $FPM_{Absoluta}$; no obstante, cuando se relacionan estas dos variables con la $FPM_{Relativa}$ (ajustada por masa, generalmente), la relación es inversa; adicionalmente, en el caso de la clasificación nutricional, se encontró que los individuos clasificados con bajo peso eran los que presentaban los menores valores de $FPM_{Absoluta}$ y a medida que la clasificación aumentaba, los niveles de $FPM_{Absoluta}$ aumentaban; no obstante, con la $FPM_{Relativa}$, esta relación es inversa; este fenómeno apunta a que la masa es una fuerte confusora de la FPM y, por ende, soportaría que la $FPM_{Relativa}$ es un indicador más robusto que la FPM por sí sola.

Estos hallazgos son de relevancia para educadores físicos, profesionales de la salud, legisladores e investigadores interesados en la salud pediátrica.

Implicaciones para futuras investigaciones

Se recomienda a los investigadores describir de manera completa el protocolo de evaluación de la FPM ya que, a pesar de no existir un proceso estan-

darizado para su evaluación, esto podría facilitar las comparaciones, un claro ejemplo de los ítems necesarios está propuesto por Mehmet et al.⁷⁴. En el reporte de resultados, pocos estudios informaron coeficientes estandarizados, lo cual impidió realizar una síntesis con mayor detalle de las asociaciones entre FPM y variables de características antropométricas y composición corporal. Los estudios futuros deben informar coeficientes estandarizados para permitir comparaciones más simples de los hallazgos. Finalmente, como fue evidente, la asociación puede cambiar su dirección o la magnitud, lo que depende de si se usa una medida de $FPM_{Absoluta}$ o una $FPM_{Relativa}$; se recomienda que en futuros estudios se tenga en cuenta este apartado porque cuando se usa la $FPM_{Relativa}$ el indicador sufre una fuerte variabilidad, e inclusive produce magnitudes de

asociación inversa. También es importante, cuando se usan indicadores compuestos de la CM o CFRS, que se tenga en cuenta la dirección de la asociación del indicador individual, ya que, si se usa alguno con magnitud inversa a los otros, podría afectar la validez del indicador construido.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Financiación

La investigación fue financiada por Universidad de Antioquia.

Referencias

- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, et al. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes*. 2008;32:1-11. <https://dx.doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- García-Hermoso A, Ramírez-Campillo R, Izquierdo M. Is muscular fitness associated with future health benefits in children and adolescents? a systematic review and meta-analysis of longitudinal studies. *Sport Med*. 2019;49(7):1079-94. <https://dx.doi.org/10.1007/s40279-019-01098-6>
- Smith JJ, Eather N, Morgan PJ, et al. The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Sport Med*. 2014;44(9):1209-23. <https://dx.doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Ruiz JR, Castro-Piñero J, Artero EG, et al. Predictive validity of health-related fitness in youth: A systematic review. *Br J Sports Med*. 2009;43(12):909-23. <https://dx.doi.org/10.1136/bjism.2008.056499>
- Akhmedov D, Berdeaux R. The effects of obesity on skeletal muscle regeneration. *Front Physiol*. 2013;4:371. <https://dx.doi.org/10.3389/fphys.2013.00371>
- Miller JD, Sterezala AJ, Trevino MA, et al. Examination of muscle composition and motor unit behavior of the first dorsal interosseous of normal and overweight children. *J Neurophysiol*. 2018;119(5):1902-11. <https://dx.doi.org/10.1152/jn.00675.2017>
- Blimkie CJR, Sale DG, Bar-Or O. Voluntary strength, evoked twitch contractile properties and motor unit activation of knee extensors in obese and non-obese adolescent males. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990;61(3-4):313-8. <https://dx.doi.org/10.1007/BF00357619>
- Schoenau E, Neu CM, Beck B, et al. Bone mineral content per muscle cross-sectional area as an index of the functional muscle-bone unit. *J Bone Miner Res*. 2002;17(6):1095-101. <https://dx.doi.org/10.1359/jbmr.2002.17.6.1095>
- Bianco A, Jemmi M, Thomas E, et al. A systematic review to determine reliability and usefulness of the field-based test batteries for the assessment of physical fitness in adolescents - The ASSO Project. *Int J Occup Med Environ Health*. 2015;28(3):445-78. <https://dx.doi.org/10.13075/ijomeh.1896.00393>
- Wind AE, Takken T, Helders PJM, et al. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *Eur J Pediatr*. 2010;169(3):281-7. <http://dx.doi.org/10.1007/s00431-009-1010-4>
- Keihan V, Matsudo R, Matsudo SM, et al. Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum*. 2015;17(1):1-10. <http://dx.doi.org/10.5007/1980-0037.2015v17n1p1>
- Martínez-Torres J, Gallo-villegas JA, 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 In press. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2022.02.004>
- Bohannon RW. Grip strength: A summary of studies comparing dominant and nondominant limb measurements. *Percept Mot Skills*. 2003;96(3 I):728-30. <http://dx.doi.org/10.2466/pms.2003.96.3.728>
- Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, et al. Rayyan-a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev*. 2016;5:210. <https://dx.doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Tricco AC, Lillie E, Zarin W, et al. PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR): Checklist and explanation. *Ann Intern Med*. 2018;169(7):467-73. <https://dx.doi.org/10.7326/M18-0850>
- Arriscado D, Muros JJ, Zabala M, et al. Relación entre condición física y composición corporal en escolares de primaria del norte de España (Logroño). *Nutr Hosp*. 2014;30(2):385-94. <https://dx.doi.org/10.3305/nh.2014.30.2.7217>
- Muhumbe E, Van Gent M. Correlation between anthropometrical and health-related physical fitness components for 7- to 10-year-old rural and urban boys in the Eastern Cape province. *South African J Res Sport Phys Educ Recreat*. 2014;36(2):153-65. <https://hdl.handle.net/10520/EJC159562>
- López-Gil JF, Brazo-Sayavera J, Lucas JLY, et al. Weight status is related to health-related physical fitness and physical activity but not to sedentary behaviour in children. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(12):1-13. <https://dx.doi.org/10.3390/ijerph17124518>
- Saeedi P, Black KE, Haszard JJ, et al. Dietary patterns, cardiorespiratory and muscular fitness in 9-11-year-old children from Dunedin, New Zealand. *Nutrients*. 2018;10(7):1-13.
- Blakeley CE, Van Rompay MI, Schultz NS, et al. Relationship between muscle strength and dyslipidemia, serum 25(OH) D, and weight status among diverse schoolchildren: A cross-sectional analysis. *BMC Pediatr*. 2018;18(1):23. <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-018-0998-x>
- Marrodán Serrano MD, Romero Collazos JF, Moreno Romero S, et al. Dinamometría en niños y jóvenes de

- entre 6 y 18 años: Valores de referencia, asociación con tamaño y composición corporal. *An Pediatr.* 2009;70(4):340-8. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anpedi.2008.11.025>
22. Peterson MD, Saltarelli WA, Visich PS, et al. Strength capacity and cardiometabolic risk clustering in adolescents. *Pediatrics.* 2014;133(4). <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2013-3169>
23. Bestard V, Cantalops J, Vidal-Conti J. The relationship between physical fitness and academic performance in adolescents from the Balearic Islands. *J Phys Educ Heal Soc Perspect.* 2017;6(9):19-25.
24. Hamed AI, Agbonlahor EI. Relationship between anthropometrics and handgrip strength among Nigerian school children. *Biomed Hum Kinet.* 2017;9(1):51-6. <http://dx.doi.org/10.1515/bhk-2017-0008>
25. Kidokoro T, Tanaka H, Naoi K, et al. Sex-specific associations of moderate and vigorous physical activity with physical fitness in adolescents. *Eur J Sport Sci.* 2016;16(8):1159-66. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2016.1183050>
26. Kalantari HA, Esmailzadeh S. Association between academic achievement and physical status including physical activity, aerobic and muscular fitness tests in adolescent boys. *Environ Health Prev Med.* 2016;21(1):27-33. <http://dx.doi.org/10.1007/s12199-015-0495-x>
27. Ingle L, Stephenson A, Sandercock GR. Physical activity profiles and selected muscular fitness variables in English schoolchildren: A north-south divide? *Eur J Sport Sci.* 2016;16(8):1187-96. <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2016.1183714>
28. Glapa A, Grzesiak J, Monyeki MA. Relationship between body composition and selected motor components in 17-year-old adolescents residing in the city of Poznań in Poland. *Biomed Hum Kinet.* 2018;10(1):53-8. <http://dx.doi.org/10.1515/bhk-2018-0009>
29. Santos C, Reyes A, Moura-Dos-Santos MA, et al. A multi-level analysis of individual and school-level correlates of physical fitness in children. *Ann Hum Biol.* 2018;45(6-8):470-7. <http://dx.doi.org/10.1080/03014460.2018.1549684>
30. Jiménez-Pavón D, Ortega FB, Valtueña J, et al. Muscular strength and markers of insulin resistance in European adolescents: The HELENA Study. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(7):2455-65. <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2216-5>
31. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, et al. Associations of muscular and cardiorespiratory fitness with total and central body fat in adolescents: The HELENA study. *Br J Sports Med.* 2011;45(2):101-8. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsm.2009.062430>
32. Rosa Guillamón A, Rodríguez García P, García Cantó E, et al. Niveles de condición física de escolares de 8 a 11 años en relación al género y a su estatus corporal. *Agora para la Educ física y el Deport.* 2015;17(3):237-50.
33. Mojica GT, Poveda JG, Pinilla MI, et al. Sobrepeso, inactividad física y baja condición física en un colegio de bogotá, colombia. *Arch Latinoam Nutr.* 2008;58(3):265-73.
34. Nhantumbo L, Ribeiro Maia JA, Dos Santos FK, et al. Nutritional status and its association with physical fitness, physical activity and parasitological indicators in youths from rural mozambique. *Am J Hum Biol.* 2013;25(4):516-23. <http://dx.doi.org/10.1002/ajhb.22403>
35. Gulías-González R, Martínez-Vizcaíno V, García-Prieto JC, et al. Excess of weight, but not underweight, is associated with poor physical fitness in children and adolescents from Castilla-La Mancha, Spain. *Eur J Pediatr.* 2014;173(6):727-35. <http://dx.doi.org/10.1007/s00431-013-2233-y>
36. Ervin RB, Fryar CD, Wang CY, et al. Strength and body weight in US children and adolescents. *Pediatrics.* 2014;134(3):e782-9. <http://dx.doi.org/10.1542/peds.2014-0794>
37. Tishukaj F, Shalaj I, Gjaka M, et al. Physical fitness and anthropometric characteristics among adolescents living in urban or rural areas of Kosovo. *BMC Public Health.* 2017;17(1):711. <http://dx.doi.org/10.1186/s12889-017-4727-4>
38. Gall S, Müller I, Walter C, et al. Associations between selective attention and soil-transmitted helminth infections, socioeconomic status, and physical fitness in disadvantaged children in Port Elizabeth, South Africa: An observational study. *PLoS Negl Trop Dis.* 2017;8(2):e0005573. <https://dx.doi.org/10.1371/journal.pntd.0005573>
39. Dong B, Wang Z, Arnold L, et al. The association between blood pressure and grip strength in adolescents: Does body mass index matter. *Hypertens Res.* 2016;39(12):919-25. <http://dx.doi.org/10.1038/hr.2016.84>
40. Galan-Lopez P, Sanchez-Oliver AJ, Pihu M, et al. Association between adherence to the mediterranean diet and physical fitness with body composition parameters in 1717 european adolescents: The adoleshealth study. *Nutrients.* 2020;12(1):77. <http://dx.doi.org/10.3390/nu12010077>
41. Fernández-García JC, Castillo-Rodríguez A, Onetti-Onetti W. Influencia del sobrepeso y la obesidad sobre la fuerza en la infancia. *Nutr Hosp.* 2019;36(5):1055-60. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.02596%0A>
42. He H, Pan L, Du J, et al. Muscle fitness and its association with body mass index in children and adolescents aged 7-18 years in China: A cross-sectional study. *BMC Pediatr.* 2019;19(1):1-10. <http://dx.doi.org/10.1186/s12887-019-1477-8>
43. Bonney E, Ferguson G, Smits-Engelsman B. Relationship between body mass index, cardiorespiratory and musculoskeletal fitness among south african adolescent girls. *Int J Environ Res Public Health.* 2018;15(6). <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph15061087>
44. Delextrat A, Hayes LD, Al Ghannami SS, et al. Physical fitness characteristics of Omani primary school children according to body mass index. *J Sports Med Phys Fitness.* 2019;59(3):440-8. <http://dx.doi.org/10.23736/S0022-4707.18.08136-7>
45. Santos C, Bustamante A, Vasconcelos O, et al. Stunting and physical fitness. The peruvian health and optimist growth study. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17:3440. <http://dx.doi.org/10.3390/ijerph17103440>
46. Kodzoman K. Physical fitness and body composition in correlation with body weight of pupils in primary schools on the territory of the city of Skopje. *Res Phys Educ Sport Heal.* 2020;9:125-32. <http://dx.doi.org/10.46733/pesh2090125k>
47. Sung RYT, Yu CW, So RCH, et al. Self-perception of physical competences in preadolescent overweight Chinese children. *Eur J Clin Nutr.* 2005;59(1):101-6. <http://dx.doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602044>
48. de la Cruz Sánchez E, Pino Ortega J. Análisis de la condición física en escolares extremeños asociada a las recomendaciones de práctica de actividad física vigentes en España. *Cult Cienc y Deport.* 2010;5(13):45-9. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3189542>
49. Rosa-Guillamón A, Carrillo-López PJ, García-Cantó E. Analysis of physical fitness according to sex, age, body mass index and level of physical activity in Spanish elementary school students. *Rev Fac Med.* 2020;68(1):92-9. <http://dx.doi.org/10.15446/revfacmed.v68n1.69977>
50. Pino-Ortega J, De La Cruz-Sánchez E, Martínez-Santos R. Health-related fitness in school children: Compliance with physical activity recommendations and its relationship with body mass index and diet quality. *Arch Latinoam Nutr.* 2010;60(4):374-9. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21866688/>
51. Malina RM, Reyes MEP, Tan SK, et al. Physical fitness of normal, stunted and overweight children 6-13 years in Oaxaca, Mexico. *Eur J Clin Nutr.* 2011;65(7):826-

34. <http://dx.doi.org/10.1038/ejcn.2011.44q>
52. Artero EG, España-Romero V, Ortega FB, et al. Health-related fitness in adolescents: Underweight, and not only overweight, as an influencing factor. The AVENA study. *Scand J Med Sci Sport*. 2010;20(3):418-27. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1600-0838.2009.00959.x>
53. Jiménez-Pavón D, Sesé MA, Valtueña J, 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*. 2014;39(5):530-7. <http://dx.doi.org/10.1139/apnm-2013-0250>
54. Barker AR, Gracia-Marco L, Ruiz JR, 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. <https://dx.doi.org/10.1016/j.ijcard.2017.11.080>
55. Agostinis-Sobrinho C, Santos R, Moreira C, et al. Association between serum adiponectin levels and muscular fitness in Portuguese adolescents: LabMed Physical Activity Study. *Nutr Metab Cardiovasc Dis*. 2016;26(6):517-24. <http://dx.doi.org/10.1016/j.numecd.2016.02.011>
56. Melo X, Santa-Clara H, Santos DA, et al. Independent association of muscular strength and carotid intima-media thickness in children. *Int J Sports Med*. 2015;36(8):624-30. <http://dx.doi.org/10.1055/s-0034-1398678>
57. 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(3):104-11. <http://dx.doi.org/10.24095/hpcdp.39.3.02>
58. Weston KL, Pasecinic N, Basterfield L. A preliminary study of physical fitness in 8- To 10-year-old primary school children from North East England in comparison with national and international data. *Pediatr Exerc Sci*. 2019;31(2):229-37. <http://dx.doi.org/10.1123/pes.2018-0135>
59. Sandercock GRH, Lobelo F, Correa-Bautista JE, et al. The relationship between socioeconomic status, family income, and measures of muscular and cardiorespiratory fitness in Colombian schoolchildren. *J Pediatr*. 2017;185:81-7.e2. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jpeds.2016.12.058>
60. Hoekstra T, Boreham CA, Murray LJ, et al. Associations between aerobic and muscular fitness and cardiovascular disease risk: the northern Ireland young hearts study. *J Phys Act Health*. 2008;5:815-29. <http://dx.doi.org/10.1123/jpah.5.6.815>
61. Minematsu K, Kawabuchi R, Okazaki H, et al. Physical activity cut-offs and risk factors for preventing child obesity in Japan. *Pediatr Int*. 2015;57(1):131-6. <http://dx.doi.org/10.1111/ped.12446>
62. Aphamis G, Giannaki CD, Tseloulapas CN, et al. The relationship between physical fitness and obesity among a sample of adolescents in Cyprus. *Int J Adolesc Med Health*. 2015;27(4):369-75. <http://dx.doi.org/10.1515/ijamh-2014-0054>
63. García-Pastor T, Salinero JJ, Sanz-Frias D, et al. Body fat percentage is more associated with low physical fitness than with sedentarism and diet in male and female adolescents. *Physiol Behav*. 2016;165:166-72. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.07.016>
64. Haapala EA, Väistö J, Lintu N, et al. Adiposity, physical activity and neuromuscular performance in children. *J Sports Sci*. 2016;34(18):1699-706. <http://dx.doi.org/10.1080/02640414.2015.1134805>
65. Delgado-Floody P, Caamaño-Navarrete F, Palomino-Devia C, et al. Relationship in obese Chilean schoolchildren between physical fitness, physical activity levels and cardiovascular risk factors. *Nutr Hosp*. 2019;36(1):15-8. <https://dx.doi.org/10.20960/nh.1932>
66. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, et al. Skinfold equations for estimations of body fatness in children and youth. *Hum Biol*. 1988;60(5):709-23.
67. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, et al. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr*. 1996;63(3):299-305.
68. Forte GC, Rodrigues CAS, Mundstock E, et al. Can skinfold thickness equations be substituted for bioimpedance analysis in children? *J Pediatr (Rio J)*. 2021;97(1):75-9. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jped.2019.12.006>
69. Vicente-Rodríguez G, Urzanqui A, Mesana MI, et al. Physical fitness effect on bone mass is mediated by the independent association between lean mass and bone mass through adolescence: A cross-sectional study. *J Bone Miner Metab*. 2008;26(3):288-94. <https://dx.doi.org/10.1007/s00774-007-0818-0>
70. Gracia-Marco L, Vicente-Rodríguez G, Casajús JA, et al. Effect of fitness and physical activity on bone mass in adolescents: The HELENA Study. *Eur J Appl Physiol*. 2011;111(11):2671-80. <https://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-1897-0>
71. Forero-Bogotá MA, Ojeda-Pardo ML, García-Hermoso A, 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(2):106. <http://dx.doi.org/10.3390/nu9020106>
72. Gil-Cosano JJ, Gracia-Marco L, Ubago-Guisado E, et al. Muscular fitness mediates the association between 25-hydroxyvitamin D and areal bone mineral density in children with overweight/obesity. *Nutrients*. 2019;11(11):1-10. <http://dx.doi.org/10.3390/nu11112760>
73. Barreto JM, Vidal-Espinoza R, Campos RG, et al. Relationship between muscular fitness and bone health in young baseball players. *Eur J Transl Myol*. 2021;31(1). <http://dx.doi.org/10.4081/ejtm.2021.9642>
74. Mehmet H, Yang AWH, Robinson SR. Measurement of hand grip strength in the elderly: A scoping review with recommendations. *J Bodyw Mov Ther*. 2020;24(1):235-43. <https://dx.doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.05.029>
75. Ranson R, Stratton G, Taylor SR. Digit ratio (2D:4D) and physical fitness (Eurofit test battery) in school children. *Early Hum Dev*. 2015;91(5):327-31. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2015.03.005>
76. Roberts HC, Denison HJ, Martin HJ, et al. A review of the measurement of grip strength in clinical and epidemiological studies: Towards a standardised approach. *Age Ageing*. 2011;40(4):423-9. <http://dx.doi.org/10.1093/ageing/afr051>
77. Cruz-Jentoft AJ, Bahat G, Bauer J, et al. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age Ageing*. 2019;48(1):16-31. <https://dx.doi.org/10.1093/ageing/afy169>
78. Häcker AL, Bigras JL, Henderson M, et al. Motor skills of children and adolescents with obesity and severe obesity. A CIRCUIT Study. *J strength Cond Res*. 2020;34(12):3577-86. <https://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000002213>
79. Tomkinson JM, Tomkinson GR. Digit ratio (2D:4D) and muscular strength in adolescent boys. *Early Hum Dev*. 2017;113(June):7-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earlhumdev.2017.07.013>
80. Eghbali E. The relationship between digit ratio (2D:4D) and physical fitness in boys 7 to 13 years. *Phys Act Rev*. 2016;4:154-62. <http://dx.doi.org/10.16926/par.2016.04.19>
81. Morikawa SY, Fujihara K, Hatta 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(4):593-602. <http://dx.doi.org/10.1111/medi.12623>