

Fuerza prensil y composición corporal en escolares colombianos. Estudio piloto

Grip strength and body composition in Colombian schoolchildren. Pilot study

Gloria Isabel Niño-Cruz¹ ; Elizabeth Herrera-Anaya¹ ; Edna Magaly Gamboa-Delgado^{1*} 

*emgamboa@uis.edu.co

Forma de citar: Niño Cruz GI, Herrera Anaya E, Gamboa Delgado EM. Fuerza prensil y composición corporal en escolares colombianos. Estudio piloto. Salud UIS. 2023; 55: e23013. doi: <https://doi.org/10.18273/saluduis.55.e:23013> 

Resumen

Introducción: algunos estudios han encontrado relación entre exceso de peso y baja fuerza de prensión relativa. En países de ingresos socioeconómicos medianos y bajos hay pocas evidencias que evalúen la fuerza prensil y su relación con la composición corporal en población pediátrica. **Objetivo:** evaluar la correlación entre la fuerza prensil y la composición corporal de escolares de Bucaramanga, Colombia. **Materiales y métodos:** se realizó un estudio piloto de corte transversal, analítico, correlacional. Participaron niños en edad escolar de Bucaramanga, Colombia. Las principales variables dependientes fueron masa muscular, agua corporal total, proteínas (kg) y el porcentaje de grasa corporal. La variable independiente correspondió a la fuerza prensil. Se usó el coeficiente de correlación de Spearman para explorar la relación entre variables. **Resultados:** el promedio de la fuerza prensil en el total de la muestra fue de $13,8 \pm 3,2$ Newton. Se encontraron correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la fuerza prensil y la masa musculoesquelética ($r = 0,73$), agua corporal total ($r = 0,73$) y proteínas ($r = 0,74$). **Discusión:** nuestros resultados son consistentes con evidencias previas que identifican a la fuerza prensil como un indicador de la composición corporal, específicamente en las variables de masa musculoesquelética y proteínas. **Conclusión:** los niños en el tercil más alto de fuerza prensil presentan los terciles más altos de masa musculoesquelética, agua corporal total y proteínas.

Palabras clave: Fuerza de la mano; Niño; Estado nutricional; Desarrollo infantil; Correlación de datos; Proteínas musculares; Desarrollo musculoesquelético.

Abstract

Introduction: Some studies have found a relationship between excess weight and low relative grip strength. In countries with medium and low socioeconomic income, there is little evidence evaluating grip strength and its relationship with body composition in the pediatric population. **Objective:** To evaluate the correlation between grip strength and body composition of schoolchildren from Bucaramanga, Colombia. **Materials and Methods:** A cross-sectional, analytical, correlational pilot study was conducted. Schoolchildren from Bucaramanga, Colombia participated. The main dependent variables were muscle mass, total body water, protein (kg), and percentage of body fat. The independent variable corresponded to the prehensile force. Spearman's Correlation Coefficient was used to

¹ Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia.

explore the relationship between variables. **Results:** The average prehensile force in the total sample was 13.8 ± 3.2 Newton. Positive and statistically significant correlations were found between grip strength and musculoskeletal mass ($r=0.73$), total body water ($r=0.73$), and protein ($r=0.74$). **Discussion:** Our results are consistent with previous evidence that identifies grip strength as an indicator of body composition, specifically in the variables of musculoskeletal mass and protein. **Conclusion:** Children in the highest tertile of prehensile strength present the highest tertiles of skeletal muscle mass, total body water, and protein.

Keywords: Hand strength; Child; Nutritional status; Child development; Correlation of data; Muscle proteins; Musculoskeletal development.

Introducción

La medición de la fuerza prensil constituye un marcador no invasivo de la función muscular en las extremidades superiores, que toma fortaleza como test pronóstico de algunos desenlaces relacionados con el estado nutricional, estado de salud, musculatura, resistencia y destreza¹.

Se reconoce que la síntesis de proteínas musculares está correlacionada con la masa muscular corporal y que la fuerza muscular se ve alterada con la pérdida de funcionalidad física derivada de situaciones inflamatorias como enfermedades agudas o crónicas^{2,3}, desnutrición secundaria a enfermedades y pérdida de peso⁴. Otros factores determinantes de la fuerza de prensión manual son la edad, el sexo, la gravedad de la enfermedad y la carga de comorbilidad⁵.

En cuanto a alteraciones del estado nutricional como la obesidad, se han estudiado los mecanismos por los cuales la fuerza muscular puede verse afectada en presencia de dicho evento. Se ha encontrado que los sujetos obesos poseen menos fibras musculares tipo I y más fibras de tipo IIb que las personas delgadas, dado que la masa grasa está relacionada, de manera inversa, con las fibras tipo I y de manera positiva con las de tipo II⁶. Algunos estudios han reportado que la fuerza absoluta de agarre de la mano es inferior en personas adultas obesas comparado con personas delgadas^{7,8}.

Para el caso de la población pediátrica, una revisión sistemática y metaanálisis encontró que los niños y adolescentes con obesidad mostraron una aptitud muscular deteriorada en comparación con sus compañeros de peso saludable⁹. Entre tanto, en la región de América Latina, un estudio en niños chilenos entre 7 y 15 años analizó la asociación entre la fuerza de prensión relativa y masa grasa. Sus hallazgos señalaron que los participantes que tenían un peso corporal normal presentaron mayor fuerza de prensión relativa que sus pares obesos, después de controlar el efecto

por el estado de madurez¹⁰. Asimismo, otro estudio con niños chilenos entre 10 y 17 años encontró que aquellos con obesidad abdominal, en comparación con quienes tenían peso normal, tuvieron 8,5 y 6,5 veces la probabilidad de presentar baja fuerza de prensión relativa, en niños y niñas respectivamente¹¹.

Ante el contexto de estudios que han evaluado las asociaciones entre fuerza prensil y factores de riesgo para la salud, los cuales han sido desarrollados principalmente en países de altos ingresos y en cohortes con poblaciones caucásicas, surge la necesidad de explorar una relación de este tipo en población infantil colombiana. En el escenario nacional, un estudio realizado en escolares de Bucaramanga que buscaba evaluar la relación entre fuerza cardiorrespiratoria y muscular con factores de riesgo metabólico encontró que los niños con menor fuerza prensil por kg de masa corporal presentaban un peor perfil de riesgo metabólico (relación inversa entre fuerza prensil y presión arterial e índice HOMA, $p < 0,001$; y triglicéridos y proteína C reactiva; $p < 0,05$)¹².

En este sentido, cabe resaltar que la alteración de la fuerza muscular puede generar deficiencias funcionales, y por el contrario, el entrenamiento de la fuerza y resistencia muscular favorece efectos benéficos sobre el sistema cardiovascular y pulmonar, lo cual conlleva la prevención de enfermedades crónicas desde edades tempranas del ciclo de vida¹³, así como efectos sobre la densidad mineral ósea, salud mental, autoimagen y autocuidado, además de favorecer la composición corporal^{14,15}.

Por esto, resulta relevante evaluar la fuerza muscular en niños, en pro de establecer estrategias que aumenten su rendimiento motor, crecimiento, desarrollo, salud y bienestar. Es así como el objetivo de este estudio fue evaluar la correlación entre la fuerza prensil y la composición corporal de escolares de Bucaramanga, Colombia.

Materiales y métodos

Se realizó un estudio piloto utilizando el diseño de corte transversal analítico. La población hace referencia a niños en edad escolar que asisten a instituciones educativas de Bucaramanga y su Área Metropolitana. Debido a la emergencia sanitaria ocasionada por la COVID-19 y la consecuente restricción de la presencialidad en contextos escolares, los datos fueron analizados a manera de estudio piloto. Dentro de los criterios de inclusión se encontraban ser niños en edad escolar, matriculados en instituciones educativas del área urbana de Bucaramanga y su área metropolitana, que aceptaran participar en el estudio y fuesen autorizados por sus padres o representantes legales para participar en este. Fueron excluidos del estudio aquellos niños que presentaran alteraciones neurológicas, bocio o masas cervicales, alteraciones genéticas y enfermedades que alteren el crecimiento.

Las principales variables dependientes de este estudio fueron: masa músculo esquelética (kg), agua corporal total (kg), proteínas corporales (kg) y porcentaje de grasa corporal (%). La variable independiente correspondió a la fuerza prensil (Newton). Además, fueron analizadas las covariables de edad, sexo, grado de escolaridad, ingresos socioeconómicos y actividad física (cumplimiento de las recomendaciones).

Para el proceso de recolección de datos se tomó como marco muestral el listado de instituciones educativas públicas y privadas que ofrecen educación primaria en el área urbana de Bucaramanga y su área metropolitana. Se utilizó muestreo aleatorio simple para seleccionar las instituciones educativas y se realizó la gestión para obtener las correspondientes autorizaciones para lograr la participación de los niños. Al interior de las instituciones se realizó la selección de niños que cumplieran los criterios de inclusión para participar en este estudio. Se diseñó y aplicó un instrumento en el cual se registró la información acerca de las variables de interés para este estudio. Dos nutricionistas profesionales, debidamente entrenadas, se encargaron de realizar la encuesta mediante entrevista directa.

La actividad física de los niños fue evaluada por medio del cuestionario Youth Risk Behavior Surveillance System (YRBSS), empleado en la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición en niños entre 6 a 12 años para estimar el indicador de cumplimiento de las recomendaciones¹⁶.

La medición de la fuerza máxima de prensión manual o fuerza prensil fue medida en Newtons (N) y se

valoró mediante el test de dinamometría manual con dinamómetro digital Takei ® modelo T.K.K. 5401 GRIP-D, rango de medición de 5,0 a 100 kg y precisión de 100 g. Se verificó la posición bípeda, sosteniendo el dinamómetro en línea recta con el antebrazo y dejándolo colgar sin tocar el muslo de la pierna, con los brazos paralelos al cuerpo sin contacto alguno. Se solicitó a los participantes que apretaran la empuñadura con su máxima fuerza posible¹⁷. Se realizaron dos mediciones alternando cada mano y con reposo de 30 segundos entre cada intento.

Respecto a las variables antropométricas, estas se tomaron y registraron por duplicado, de acuerdo con las técnicas estandarizadas por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK¹⁸, reconocido como un sistema de alta calidad metodológica a nivel internacional para la medición de composición corporal en preescolares en estudios transversales y longitudinales^{19,20,21}. Para su análisis se usó el promedio entre esas dos mediciones. Para todas estas medidas se permitió un rango de error menor a 0,5 cm¹⁸.

Para evaluar la composición corporal se utilizó el método de bioimpedancia eléctrica (BIE) multifrecuencia, segmental y octopolar, mediante el uso del InBody 370 TANITA TBF-310 para estimar agua corporal total, proteínas, masa musculoesquelética y el porcentaje de grasa corporal²². La BIE utiliza una corriente alterna de 220 voltios y las frecuencias utilizadas fueron de 5, 50 y 250. Los pacientes fueron inmovilizados en posición supina con los brazos separados del tronco y los pies ligeramente separados. Posteriormente, se colocaron electrodos de superficie en los dedos pulgar y medio del paciente y dos laterales de los tobillos, previa desinfección con alcohol al 70 %.

Las mediciones antropométricas y del análisis de la composición corporal fueron realizadas en el Laboratorio de Análisis del Físico Corporal (LAFICO) de la Escuela de Nutrición y Dietética de la UIS por profesionales nutricionistas y estudiantes de último nivel de nutrición.

Análisis estadístico

Inicialmente se describieron las características sociodemográficas de la muestra, así como la fuerza prensil, la masa musculoesquelética, agua corporal total, proteínas y grasa corporal, empleando estadística descriptiva (frecuencias absolutas y relativas, promedios y desviaciones estándar) de acuerdo con la naturaleza de las variables. Posteriormente, fueron determinados los terciles para cada una de las variables dependientes

e independiente. Finalmente, para la exploración de la relación entre las variables de estudio, se empleó el coeficiente de correlación de Spearman.

Todos los valores de p fueron considerados a dos colas, con una significancia estadística a un nivel de $p < 0,05$. Todos los datos fueron analizados en el programa Stata, versión 14.0 (College Station, TX: Stata Corporation).

Resultados

En total participaron 43 escolares con un promedio de edad de $9,1 \pm 1,5$ años, 27 (62,8 %) de sexo femenino. El 53,5 % de los cuidadores reportaron pertenecer al nivel socioeconómico medio-alto y el 69,7 % informó

recibir ingresos económicos mayores a cuatro salarios mínimos legales vigentes. **Tabla 1.**

Respecto a las variables principales del estudio, el promedio de la fuerza prensil en el total de la muestra fue de $13,8 \pm 3,2$ Newton. La distribución de los terciles de la fuerza prensil se presentan en la **Tabla 2**, así como los de las variables antropométricas. En relación con la masa musculoesquelética, el promedio fue de $12,6 \pm 2,9$ kg; para el agua corporal total correspondió a $18,0 \pm 3,92$ kg, mientras que para proteínas fue de $4,8 \pm 0,92$ kg y para el porcentaje de grasa corporal fue de $26,8 \pm 8,6$ %. Los hallazgos de las variables antropométricas de acuerdo con el sexo se evidencian en la **Figura 1.**

Tabla 1. Características de la población de estudio (n = 43)

Característica	Total (n=43)
Sexo N (%)	
Masculino	16 (37,2%)
Femenino	27 (62,8%)
Edad (años) Media \pm DE	$9,1 \pm 1,5$
[Rango]	[6 – 12]
Estrato Socioeconómico N (%)*	
3	6 (14,0)
4	23 (53,5)
5	9 (20,9)
6	5 (11,6)
Ingresos económicos familiares mensuales (salarios mínimos legales vigentes) N (%)**	
Entre 1 y 2	2 (4,7)
Entre 3 y 4	11 (25,6)
Más de 4	30 (69,7)
Número de días que realiza al menos 60 min/día AFMV N (%)**	
0-2	10 (23,3)
3-4	20 (46,5)
5-6	13 (30,2)

DE: Desviación Estándar

Tabla 2. Características antropométricas evaluadas en la población de estudio (n=43)

Característica	Total (n=43) Media \pm DE
Masa Musculoesquelética (kg)	
Tercil 1 (más bajo)	$9,7 \pm 1,1$
Tercil 2	$12,5 \pm 0,7$
Tercil 3 (más alto)	$15,8 \pm 1,9$
Agua Corporal Total (kg)	
Tercil 1 (más bajo)	$14,0 \pm 2,1$
Tercil 2	$18,0 \pm 1,0$
Tercil 3 (más alto)	$22,2 \pm 2,2$
Proteínas (kg)	
Tercil 1 (más bajo)	$3,9 \pm 0,3$
Tercil 2	$4,9 \pm 0,3$
Tercil 3 (más alto)	$6,0 \pm 0,6$
Grasa Corporal (%)	
Tercil 1 (más bajo)	$17,4 \pm 3,1$
Tercil 2	$26,9 \pm 1,8$
Tercil 3 (más alto)	$36,6 \pm 4,6$
Fuerza Prensil (N)	
Tercil 1 (más bajo)	$11,1 \pm 1,8$
Tercil 2	$14,5 \pm 0,4$
Tercil 3 (más alto)	$17,2 \pm 2,5$

DE: Desviación Estándar

Fuerza prensil y composición corporal en escolares colombianos. Estudio piloto

De otro lado, la exploración gráfica entre la fuerza prensil y las variables antropométricas muestra que los niños en el tercil más alto de fuerza prensil presentan mayor masa musculoesquelética, agua corporal total y proteínas, como se aprecia en la **Figura 2**. Finalmente,

la matriz de correlación, **Figura 3**, evidencia correlaciones positivas y estadísticamente significativas entre la fuerza prensil con la masa musculoesquelética ($r = 0,73$), agua corporal total ($r = 0,73$) y proteínas ($r = 0,74$).

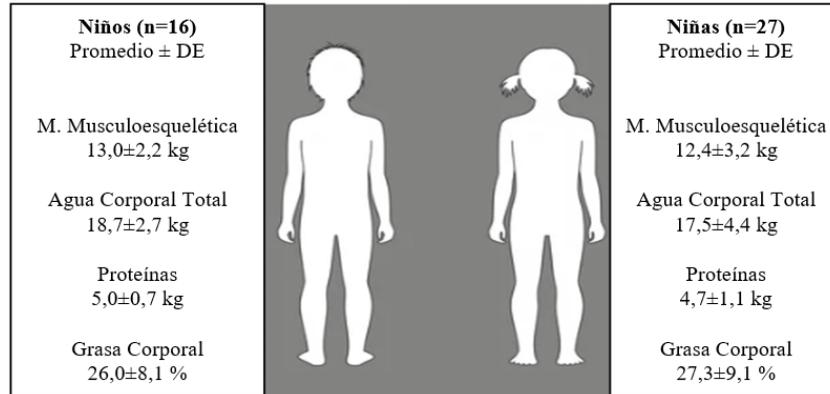


Figura 1. Promedio de las mediciones antropométricas realizadas en el InBody 370 TANITA TBF-310, de acuerdo con el sexo de los participantes (n=43). DE: Desviación Estándar. M. Musculoesquelética: Masa Musculoesquelética.

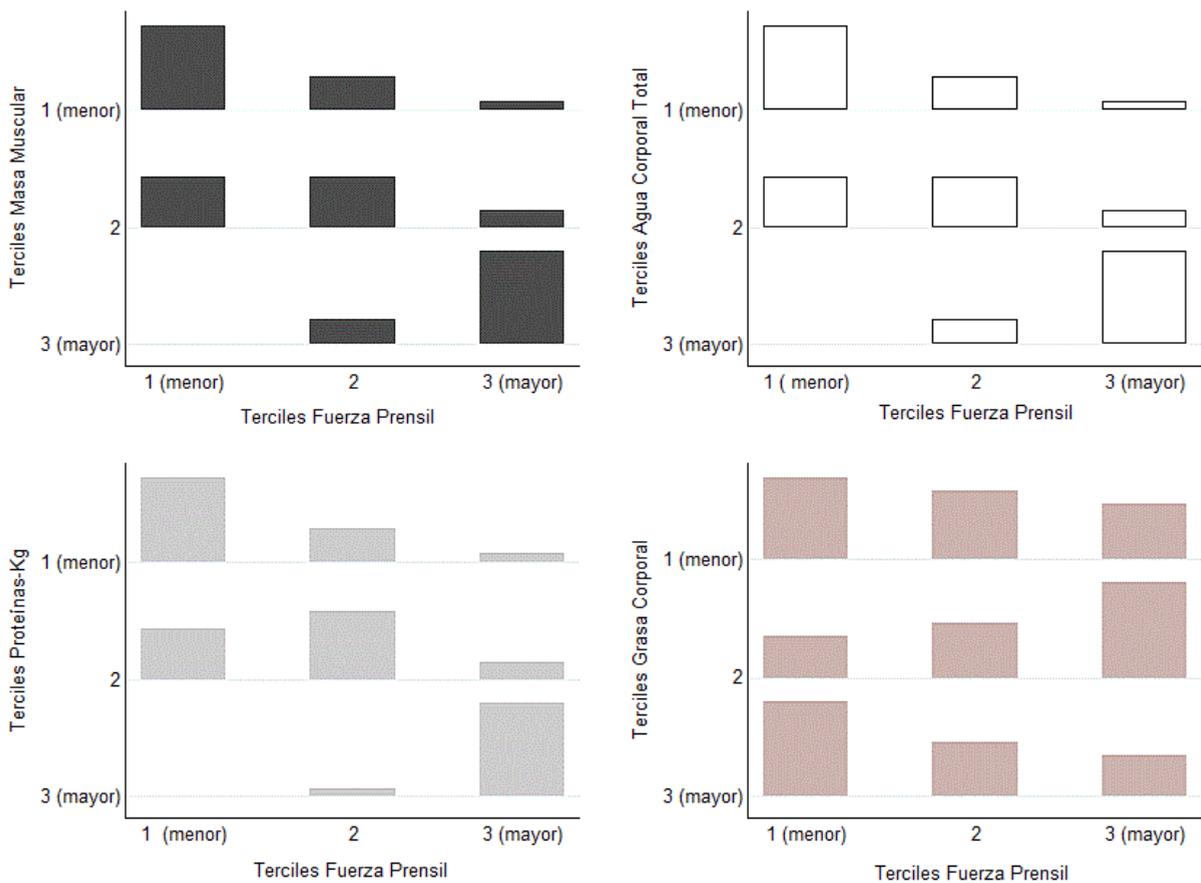


Figura 2. Relación entre los terciles de fuerza prensil y las variables antropométricas evaluadas con el InBody en la población de estudio (n = 43).

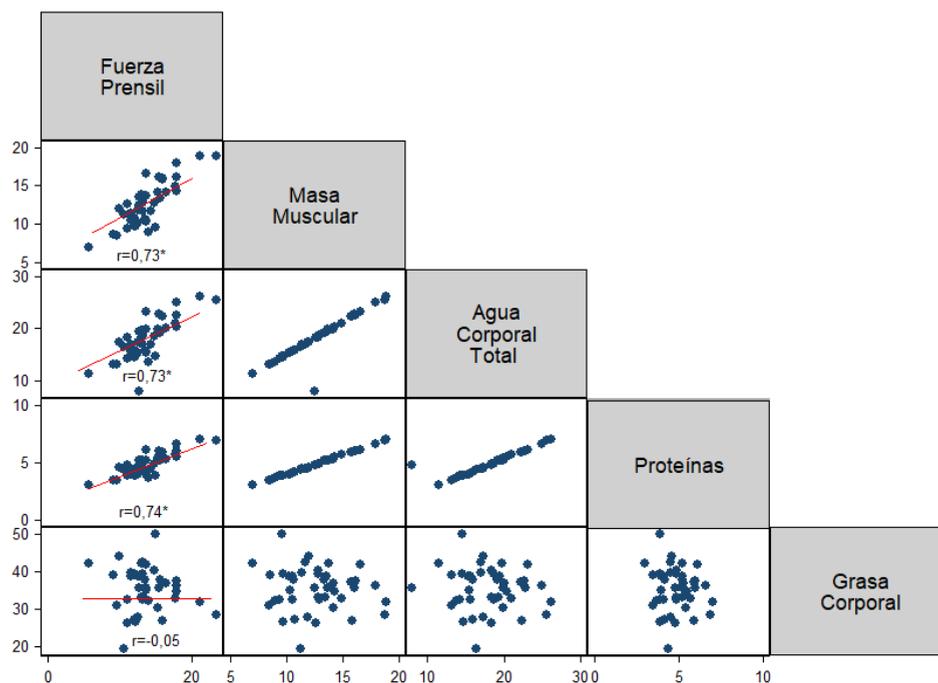


Figura 3. Matriz de correlación entre la fuerza prensil y las variables antropométricas evaluadas en la población de estudio (n=43)

Discusión

El presente estudio exploró la relación entre la fuerza prensil en niños entre 6 a 12 años y la composición corporal. El principal resultado de esta prueba piloto sugiere una posible relación de tipo lineal entre la fuerza prensil con mayor cantidad de masa músculo esquelética, agua corporal total y proteínas en niños de la ciudad de Bucaramanga, Colombia.

Nuestros resultados son consistentes con evidencias previas que identifican a la fuerza prensil como un indicador de la composición corporal, específicamente en las variables de masa musculoesquelética y proteínas^{23,24}. Aunque la fuerza prensil evalúa directamente la fuerza máxima de la mano, es un predictor adecuado de la fuerza muscular total en niños, adolescentes, adultos y personas mayores²⁵. Particularmente, en población escolar, un estudio de cohorte desarrollado en Australia demostró que la fuerza muscular se encuentra asociada con mayor masa musculoesquelética, debido a mecanismos que involucran hormonas como la testosterona, estrógenos y el factor de crecimiento insulínico tipo 1 (Insulin-like growth factor I, IGF-1, por sus siglas en inglés) en la unión músculo hueso²⁶.

En concordancia con este supuesto teórico, estudios en países europeos han indicado la evaluación de la fuerza

prensil como herramienta de tamizaje en las escuelas, sin embargo, en países de ingresos socioeconómicos medianos y bajos hay pocas evidencias que evalúen la fuerza prensil y su relación con la composición corporal²⁷. Recientemente, un estudio multicéntrico desarrollado en países africanos encontró una asociación positiva entre la fuerza de presión y la masa muscular ($\beta = 7,68$ IC 95 %: 5,0-10,4), incluso después de controlar por variables de confusión biológicas y del entorno, indicando así una posible relación causal²⁴.

En el contexto latinoamericano, un estudio en adolescentes chilenos estudió la relación entre la fuerza de presión con la obesidad abdominal e identificaron una relación inversa entre estas dos variables¹¹. Aunque en nuestro estudio no se identificaron hallazgos relacionados con la grasa corporal que sean similares al trabajo desarrollado en Chile, esto puede explicarse debido a que la medición realizada fue específica al tejido adiposo del área abdominal, mientras que el porcentaje de grasa corporal obedece a todos los segmentos del cuerpo.

Para nuestro conocimiento, este es el primer trabajo de investigación publicado en la literatura científica que, en el contexto colombiano, describe la relación entre la fuerza prensil y la composición corporal en escolares, donde se evidencian correlaciones positivas de fuerza

moderada y estadísticamente significativas en la población de estudio, resultado similar a las evidencias que han empleado metodologías de estudio similares^{11,24}. Uno de los aspectos por destacar de este piloto es el uso de metodologías robustas de medición caracterizadas por instrumentos de medición con propiedades psicométricas que clasifican adecuadamente las variables de estudios, permitiendo explorar de forma adecuada su relación^{28,29}, que demuestran de esta forma la validez interna del estudio.

Sin embargo, nuestros hallazgos deben interpretarse con precaución debido al tamaño de la muestra y a las características de la población de estudio, que limitan la generalización de los resultados. Considerando lo anterior, es necesario que los próximos estudios incluyan la evaluación de la asociación en la fuerza prensil y la composición corporal empleando diseños longitudinales y considerando variables individuales y del entorno que pueden mediar esta asociación.

Conclusiones

Los resultados de este estudio piloto señalan una posible relación positiva y estadísticamente significativa entre la fuerza prensil y la composición corporal en población pediátrica colombiana en edad escolar. Estos hallazgos requieren mayores estudios a profundidad que permitan, con mayor tamaño de muestra, demostrar la relación entre esas variables, con el fin de aportar evidencia sólida que tenga impacto en cuanto a las implicaciones que tendría la utilidad de la fuerza prensil como potencial prueba pronóstica de ciertos eventos relacionados con el estado nutricional.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) de la Universidad Industrial de Santander, Código del proyecto: 2452.

Consideraciones éticas

Este trabajo de investigación respetó en todo momento los criterios éticos contemplados en la declaración de Helsinki, así como los principios éticos de justicia, autonomía, beneficencia y no maleficencia. En todo momento se respetó la confidencialidad de los datos. El estudio del cual se deriva este estudio tuvo aprobación por parte del Comité de Ética en Investigación Científica, CEINCI, de la Universidad Industrial de Santander.

Conflicto de intereses

Las autoras declaran no tener conflictos de interés reales o potenciales relacionados con el tema de este manuscrito.

Referencias

1. Bobos P, Nazari G, Lu Z, MacDermid JC. Measurement properties of the hand grip strength assessment: A systematic review with meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2020; 101(3): 553-565. doi: [10.1016/j.apmr.2019.10.183](https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.183).
2. Schefold JC, Wollersheim T, Grunow JJ, Luedi MM, Z'Graggen WJ, Weber-Carstens S. Muscular weakness and muscle wasting in the critically ill. *J Cachexia Sarcopenia Muscle.* 2020; 11(6): 1399-1412. doi: [10.1002/jcsm.12620](https://doi.org/10.1002/jcsm.12620)
3. Tuttle CSL, Thang LAN, Maier AB. Markers of inflammation and their association with muscle strength and mass: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Res Rev.* 2020; 64:101185. doi: [10.1016/j.arr.2020.101185](https://doi.org/10.1016/j.arr.2020.101185)
4. Smith S, Madden AM. Body composition and functional assessment of nutritional status in adults: a narrative review of imaging, impedance, strength and functional techniques. *J Hum Nutr Diet.* 2016; 29(6):714-732. doi: [10.1111/jhn.12372](https://doi.org/10.1111/jhn.12372)
5. Wu R, Delahunt E, Ditroilo M, Lowery M, De Vito G. Effects of age and sex on neuromuscular-mechanical determinants of muscle strength. *Age (Dordr).* 2016; 38(3): 57. doi: [10.1007/s11357-016-9921-2](https://doi.org/10.1007/s11357-016-9921-2)
6. Tanner CJ, Barakat HA, Dohm GL, Pories WJ, MacDonald KG, Cunningham PR, et al. Muscle fiber type is associated with obesity and weight loss. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2002; 282: E1191e6. doi: [10.1152/ajpendo.00416.2001](https://doi.org/10.1152/ajpendo.00416.2001)
7. Hulens M, Vansant G, Lysens R, Claessens AL, Muls E, Brumagne S. Study of differences in peripheral muscle strength of lean versus obese women: An allometric approach. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001; 25: 676e81. doi: [10.1038/sj.ijo.0801560](https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0801560)
8. Tomlinson DJ, Erskine RM, Morse CI, Winwood K, Onambélé-Pearson G. The impact of obesity on skeletal muscle strength and structure through adolescence to old age. *Biogerontology.* 2016; 17(3): 467-483. doi: [10.1007/s10522-015-9626-4](https://doi.org/10.1007/s10522-015-9626-4)
9. Thivel D, Ring-Dimitriou S, Weghuber D, Frelut ML, O'Malley G. Muscle strength and fitness in pediatric obesity: A systematic review from the

- European childhood obesity group. *Obes Facts.* 2016;9(1):52-63. doi: [10.1159/000443687](https://doi.org/10.1159/000443687).
10. Cossio-Bolaños M, Gómez-Campos R, Castelli Correia de Campos LF, Sulla-Torres J, Urra-Albornoz C, Pires Lopes V. Muscle strength and body fat percentage in children and adolescents from the Maule region, Chile. *Arch Argent Pediatr.* 2020;118(5): 320-326. doi: [10.5546/aap.2020.eng.320](https://doi.org/10.5546/aap.2020.eng.320)
 11. Palacio-Agüero A, Díaz-Torrente X, Quintiliano Scarpelli Dourado D. Relative handgrip strength, nutritional status and abdominal obesity in Chilean adolescents. *PLoS One.* 2020;15(6): e0234316. doi: [10.1371/journal.pone.0234316](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234316)
 12. Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Camacho PA, Pinzon S, Hormiga C, Trejos-Suarez J, et al. Low muscle strength is associated with metabolic risk factors in Colombian children: the ACFIES study. *PLoS One.* 2014;9(4): e93150. doi: [10.1371/journal.pone.0093150](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0093150)
 13. Sothorn MS, Loftin M, Suskind RM, Udall JN, Blecker U. The health benefits of physical activity in children and adolescents: Implications for chronic disease prevention. *Eur J Pediatr.* 1999; 158(4):271-274. doi: [10.1007/s004310051070](https://doi.org/10.1007/s004310051070)
 14. Wind AE, Takken T, Helders PJ, Engelbert RH. Is grip strength a predictor for total muscle strength in healthy children, adolescents, and young adults? *Eur J Pediatr.* 2010; 169(3): 281- 287. doi: [10.1007/s00431-009-1010-4](https://doi.org/10.1007/s00431-009-1010-4)
 15. Castro-Piñero J, Ortega FB, Artero E, Girela-Rejón MJ, Mora J, Sjöström M, et al. Assessing muscular strength in youth: Usefulness of standing long jump as a general index of muscular fitness. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(7): 810-817. doi: [10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d](https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181ddb03d)
 16. Redfield R, Schuchat A, Dauphin L. Youth risk behavior surveillance, morbidity and mortality weekly report. United States; 2017. (Morbidity and Mortality Weekly Report). *Cent Dis Control Prev.* 2018; 67(8): 1-114. Disponible en: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/67/ss/ss6708a1.htm>
 17. Matsudo VK, Matsudo SM, Machado de Rezende LF, Raso W. Handgrip strength as a predictor of physical fitness in children and adolescents. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2015, 17(1): 1-10.
 18. Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría ISAK. Normas Internacionales para la Valoración Antropométrica. 2001. Librería Nacional de Australia. ISBN 0 86803 712 5.
 19. Reisberg K, Riso EM, Jürimäe J. Physical fitness in preschool children in relation to later body composition at first grade in school. *PLoS One.* 2021; 16(1): e0244603. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0244603>
 20. Makgae PJ, Monyeki KD, Brits SJ, Kemper HC, Mashita J. Somatotype and blood pressure of rural South African children aged 6-13 years: Ellsiras longitudinal growth and health study. *Ann Hum Biol.* 2007; 34(2): 240-251. doi: [10.1080/03014460601144219](https://doi.org/10.1080/03014460601144219). PMID: 17558594.
 21. Monyeki KD, Toriola AL, de Ridder JH, Kemper HC, Steyn NP, Nthangeni ME, et al. Stability of somatotypes in 4 to 10 year-old rural South African girls. *Ann Hum Biol.* 2002; 29(1): 37-49. doi: [10.1080/03014460110054984](https://doi.org/10.1080/03014460110054984)
 22. Talma H, Chinapaw MJ, Bakker B, HiraSing RA, Terwee CB, Altenburg TM. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obes Rev.* 2013; 14(11): 895-905. doi: [10.1111/obr.12061](https://doi.org/10.1111/obr.12061)
 23. Norman K, Stobäus N, Gonzalez MC, Schulzke JD, Pirlich M. Hand grip strength: outcome predictor and marker of nutritional status. *Clin Nutr.* 2011; 30(2): 135-42. doi: [10.1016/j.clnu.2010.09.010](https://doi.org/10.1016/j.clnu.2010.09.010)
 24. Gerber M, Ayekoé S, Bonfoh B, Coulibaly J, Daouda D, Gba B, et al. Is grip strength linked to body composition and cardiovascular risk markers in primary schoolchildren? Cross-sectional data from three African countries. *BMJ Open.* 2022; 12(6): e052326. doi: [10.1136/bmjopen-2021-052326](https://doi.org/10.1136/bmjopen-2021-052326)
 25. Lu Y, Li G, Ferrari P, Freisling H, Qiao Y, Wu L, Shao L, Ke C. Associations of handgrip strength with morbidity and all-cause mortality of cardiometabolic multimorbidity. *BMC Med.* 2022; 20(1): 191. doi: [10.1186/s12916-022-02389-y](https://doi.org/10.1186/s12916-022-02389-y)
 26. Hyde N, Duckham R, Wark J, Brennan-Olsen S, Hosking S, Holloway-Kew K, et al. The association between muscle mass and strength in relation to bone measures in a paediatric population: Sex-specific effects. *Calcif Tissue Int.* 2020; 107:121-125. doi: [10.1007/s00223-020-00699-y](https://doi.org/10.1007/s00223-020-00699-y). Epub 2020 May 2.
 27. Ruiz JR, Castro-Pinero J, Espana-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med.* 2011; 45: 518-524. doi: [10.1136/bjism.2010.075341](https://doi.org/10.1136/bjism.2010.075341). Epub 2010 Oct 19.
 28. Cadenas-Sanchez C, Sanchez-Delgado G, Martinez-Tellez B, Mora-Gonzalez J, Löf M, España-Romero V, et al. Reliability and Validity of Different Models of TKK Hand Dynamometers. *Am J Occup*

- Ther. 2016; 70(4): 7004300010. doi: [10.5014/ajot.2016.019117](https://doi.org/10.5014/ajot.2016.019117)
29. Larsen N, Krstrup P, Araújo SC, Castagna C. Accuracy and reliability of the InBody 270 multi-frequency body composition analyser in 10-12-year-old children. PLoS One. 2021; 16(3): e0247362. doi: [10.1371/journal.pone.0247362](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0247362)