



## Trabajo Original

### Menores valores de fuerza de prensión manual se asocian a incremento de los niveles de adiposidad y exceso de peso: un estudio transversal

*Lower grip strength values are associated with increased levels of adiposity and excess weight: a cross-sectional study*

Héctor Reynaldo Triana-Reina<sup>1</sup>, Laura Elena Ortiz-Pacheco<sup>1</sup>, Robinson Ramírez-Vélez<sup>2,3,4</sup>

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio físico, el Deporte y la Salud – GICAEDS. Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación. Universidad Santo Tomás. Bogotá, Colombia. <sup>2</sup>Navarrabiomed. Hospital Universitario de Navarra (HUN). Universidad Pública de Navarra (UPNA). IdiSNA. Pamplona, España. <sup>3</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Fragilidad y Envejecimiento Saludable (CIBERFES). Instituto de Salud Carlos III. Madrid, España. <sup>4</sup>Facultad de Ciencias de la Educación. Unidad Central del Valle del Cauca (UCEVA). Túlúa, Colombia

### Resumen

**Objetivo:** la condición física —especialmente la fuerza muscular— es uno de los predictores más relevantes del estado de salud de un individuo. No obstante, son poco los estudios que han descrito la relación del fenotipo de exceso de adiposidad con el componente muscular en escolares latinos. El objetivo del presente estudio fue determinar la asociación entre los niveles de fuerza de prensión (FP) manual con diferentes marcadores de adiposidad. Nuestra hipótesis de trabajo fue demostrar si los menores valores de FP se asocian con un fenotipo de exceso de adiposidad en una muestra de niños y adolescentes escolarizados.

**Métodos y procedimientos de investigación:** estudio transversal realizado en 430 escolares (55,8 % mujeres) entre los 9 y 17,9 años, pertenecientes a 6 instituciones educativas oficiales de Bogotá, Colombia. Se midió la FP por dinamometría manual como indicador de fuerza muscular y se categorizó en tertiles (T) de fuerza, siendo el tertil (T3) la posición con mejor desempeño muscular. La relación cintura/estatura, el índice de masa corporal y los pliegues cutáneos se midieron como parámetros de adiposidad.

**Resultados:** la edad media de los evaluados fue  $13,2 \pm 1,4$  años. Se observaron correlaciones inversas y estadísticamente significativas entre la FP ajustada al peso y los parámetros antropométricos incluidos en este estudio (rango:  $r = -0,40$  a  $-0,61$ ;  $p < 0,001$ ). Esta misma relación se observó tras ajustar la edad como covariable en los escolares con mejor desempeño muscular (T3), independientemente del sexo.

**Conclusión:** basados en los resultados obtenidos en el presente trabajo, los escolares con altos niveles de FP (T3) presentaron menores niveles de adiposidad. Esto permite que los escolares con mejores valores de FP puedan contrarrestar los efectos negativos del exceso de adiposidad. La evaluación de la fuerza muscular en edades tempranas permitirá implementar programas de prevención de riesgo cardiovascular y metabólico en el futuro.

#### Palabras clave:

Obesidad. Fuerza muscular. Escolares. Riesgo cardiovascular.

Recibido: 21/12/2021 • Aceptado: 22/03/2022

*Financiación:* el proyecto "Gamificación educativa y cambio conductual frente a los hábitos de vida saludable como variación del estilo de vida y la condición física en escolares a partir de la educación física" (Proyecto GHAVISA) ha sido financiado por la Universidad Santo Tomás-FODEIN 2019, Código USTA: 1940504.

*Agradecimientos:* los autores envían su especial agradecimiento al Grupo Colaborador "Estrategias Distritales para la promoción de estilos de vida saludable (SDIS/SED)", de la Secretaría de Educación Distrital para la realización de este estudio.

*Conflictos de intereses:* los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses con relación a los resultados del trabajo.

Triana-Reina HR, Ortiz-Pacheco LE, Ramírez-Vélez R. Menores valores de fuerza de prensión manual se asocian a incremento de los niveles de adiposidad y exceso de peso: un estudio transversal. *Nutr Hosp* 2022;39(4):752-759

DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.04004>

#### Correspondencia:

Robinson Ramírez-Vélez. Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Pública de Navarra. Av. de Barañain, s/n. 31008 Pamplona, España  
e-mail: [robin640@hotmail.com](mailto:robin640@hotmail.com)

## Abstract

**Objective:** physical fitness (particularly the muscular strength component) is one of the most powerful markers of health. However, few studies have described the relationship of the higher adiposity phenotype with muscular strength in Latino schoolchildren. The aim of the present study was to determine the association between levels of handgrip strength (HGS) with different anthropometric markers. The central hypothesis of this study was that lower HGS values are associated with a higher adiposity phenotype in a sample of schoolchildren and adolescents.

**Research methods and procedures:** a cross-sectional study was carried out in 6 public schools in Bogotá, Colombia, with a final sample of 430 participants (55.8 % women) between 9 and 17.9 years of age. HGS was assessed with a grip dynamometer, and normalized as HGS per body mass (i.e., [grip strength in kg]/[body mass in kg]). Tertiles of normalized HGS were obtained separately for both sexes and high HGS was defined as higher tertile (T3). Waist-to-height ratio, body mass index, and skinfold thickness were measured as adiposity parameters.

**Results:** the mean (SD) age of participants was 13.2 (1.4) years. A significant inverse correlation were found between normalized HGS, waist-to-height ratio, body mass index, and skinfold thickness (range,  $r = -0.40$  to  $-0.61$ ;  $p < 0.001$ ). Regardless of sex, participants with low HGS (below first tertile) had highest values of waist-to-height ratio, body mass index, and skinfold thickness after adjusting for age.

**Conclusion:** muscular strength was inversely associated with a higher adiposity phenotype. HGS could have protective potential for increased levels of adiposity excess. The evaluation of muscular fitness at an early age will allow the implementation of future cardiovascular and metabolic risk prevention programs.

### Keywords:

Obesity. Muscular strength. Schoolchildren. Cardiovascular risk.

## INTRODUCCIÓN

El aumento de los depósitos de grasa a nivel central desde la infancia es un importante problema de salud pública por su asociación a un mayor riesgo de sufrir enfermedades no transmisibles en etapas posteriores de la vida. Se ha descrito que el exceso de adiposidad y el exceso de peso se sitúan entre los principales factores relacionados con el aumento de padecer patología isquémica cardíaca, accidentes cerebrovasculares, ciertos tipos de cáncer y enfermedades metabólicas (1). A nivel mundial se ha estimado que la prevalencia del exceso de peso alcanzará el 18 % en los hombres y superará el 21 % en las mujeres para el 2025, mientras que la obesidad severa superará el 6 % en los hombres y el 9 % en las mujeres. En Colombia, las cifras de la Encuesta de Situación Nutricional (ENSIN) ponen de relieve que el exceso de peso (sobrepeso + obesidad) infanto-juvenil sigue siendo un problema sin resolver. Desde el año 2000, los datos de la ENSIN han mostrado que la proporción de niños y adolescentes con exceso de peso entre los 5 y 19 años se incrementó de 2 por cada 10 a casi 2 por cada 5, mientras que tan solo 3 de cada 10 cumplen con las recomendaciones de actividad física sugeridas por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (2).

Por definición, uno de los factores que más influye en la aparición del exceso de peso y la adiposidad en los escolares es el conjunto de hábitos saludables, particularmente la relación entre los niveles de actividad física, la calidad de los alimentos ingeridos y los patrones de sueño (3). Adicionalmente, un factor íntimamente ligado al nivel de actividad física y/o ejercicio que se realiza es el estado de condición física o nivel de "fitness" que tiene un individuo. Sobre este último, la fuerza muscular (medida a través de la fuerza de prensión manual [FP] por dinamometría) se ha descrito ampliamente como indicador "proxy" para evaluar el estado y/o desempeño muscular de un individuo. Esta medición portátil, no invasiva, confiable y de bajo costo (4) se ha utilizado en varios estudios poblacionales, incluso en el ámbito escolar, por su estrecha relación con el estado nutricional y variedad de resultados de salud, incluidos los eventos cardiovasculares y no cardiovasculares adversos mayores, la calidad

de vida, las estancias hospitalarias prolongadas, la pérdida de la independencia y la función física, el deterioro cognitivo y la mortalidad por todas las causas (5,6).

En este contexto, el estudio de la fuerza y/o función muscular dentro de la prevención de diversas enfermedades viene siendo objeto de creciente atención en los últimos años (7-10). En los estudios transversales se ha descrito que los mayores niveles de exceso de peso y adiposidad central se relacionan inversamente con una menor calidad y cantidad de masa muscular magra independientemente de la ingesta nutricional (7). Entre los estudios longitudinales, Hasselstrøm y cols. (8) concluyeron que los cambios de la fuerza muscular desde la adolescencia a la edad adulta (de 15-19 a 23-27 años) se asociaban negativamente a cambios en los niveles de grasa corporal total (medida mediante pliegues cutáneos) y en la circunferencia de la cintura. En la población colombiana, autores como Gómez-Arbeláez y cols. (9) en escolares de Bucaramanga, y Ramírez-Vélez y cols. (10) en escolares de Bogotá, demostraron que el índice de masa corporal (IMC), la relación cintura-cadera y el porcentaje de grasa corporal (%G) se relacionan inversamente con la FP. Además, el fenotipo de baja fuerza muscular con altos niveles de adiposidad se ha observado también en niños y adolescentes con alteraciones del perfil lipídico, hipertensión y resistencia a la insulina (9). Esto sugiere que los mejores niveles de fuerza muscular podrían ser un elemento crítico para contrarrestar los efectos negativos del exceso de adiposidad, que se relacionan con distintos parámetros de la salud cardiovascular y metabólica.

Como se ha descrito, el mantenimiento del exceso de peso de la niñez a la edad adulta incrementa significativamente el riesgo de padecer trastornos cardiovasculares. Por lo tanto, la investigación de las posibles relaciones entre función muscular y adiposidad podría ser un enfoque prometedor para identificar posibles factores relacionados con la obesidad infantil. Por tanto, el objetivo del presente estudio fue determinar la asociación entre los niveles de FP con diferentes marcadores antropométricos de adiposidad. Nuestra hipótesis de trabajo fue demostrar si los menores valores de FP podrían estar asociados al fenotipo de exceso de adiposidad en una muestra de niños y adolescentes escolarizados de Bogotá, Colombia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### DISEÑO Y POBLACIÓN

Durante el 2019 se realizó el Proyecto GHAVISA (Gamificación educativa y cambio conductual frente a los hábitos de vida saludable, como variación del estilo de vida y la condición física en escolares a partir de la educación física), en articulación con la USTA–Secretaría de Educación Distrital (SED), con el propósito de identificar la variación en el estilo de vida y la condición física de los escolares de Bogotá mediante el cambio conductual frente a los hábitos de vida saludable a partir del uso de la gamificación educativa como estrategia desde la educación física, aplicado en seis instituciones educativas oficiales (Antonio García, El Porvenir, Arborizadora Baja, Nuevo Horizonte, Luis López de Mesa y Manuel Cepeda Vargas). La selección de los establecimientos fue por conveniencia, sobre la base de la cercanía de los colegios a los lugares de medición de las variables evaluadas y de la necesidad de trasladar al equipo de profesionales que realizó la intervención.

El presente trabajo es un análisis transversal y secundario del Proyecto GHAVISA, realizado en niños y adolescentes en edad escolar, de entre 9 y 17,9 años de edad. De la población universo del estudio ( $n = 1200$ ), 430 escolares ( $n = 240$  mujeres) tenían datos de valoración antropométrica y de condición física completos para el análisis. Se excluyeron los escolares con discapacidad física, sensorial o intelectual permanente; con enfermedades no transmisibles como la diabetes de tipo 1 o 2, las enfermedades cardiovasculares y autoinmunes y el cáncer diagnosticado; en estado de gestación; con abuso en el consumo de alcohol o drogas y, en general, con patologías no relacionadas directamente con la nutrición. El proyecto siguió los estándares éticos reconocidos internacionalmente en la Declaración de Helsinki y recibió la aprobación del Comité de Ética de Investigación de la Universidad Santo Tomás (ID 01-2019 Bogotá, Colombia). Antes de comenzar el estudio se explicó detalladamente su objetivo y se solicitó de cada niño y/o adolescente el asentimiento informado, y de cada padre/madre o tutor/a la firma del consentimiento informado, además del permiso de las autoridades de las instituciones educativas participantes en el estudio.

### MEDICIONES ANTROPOMÉTRICAS, DE LA COMPOSICIÓN CORPORAL Y DE LA FUERZA DE PRENSIÓN MANUAL

Se aplicaron los protocolos descritos por la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK, por sus siglas en inglés) (11). El peso se midió con el mínimo de ropa, sin zapatos y en posición de pie, usando una balanza digital portátil Seca 874dr<sup>®</sup>, con precisión de 100 g (Seca, Hamburgo, Alemania). La estatura se midió empleando un tallímetro portable de pared (Seca 213<sup>®</sup>, Hamburgo, Alemania) con precisión de 0,1 cm. A partir de estas medidas se calculó el IMC y se aplicaron las recomendaciones de *Z-score* publicados por la OMS (12). Se consideró normopeso todo valor entre -1 y +1 DE,

y exceso de peso (sobrepeso + obesidad) todo valor que estuviera ubicado por encima de +1 DT (13). La circunferencia de la cintura se midió en el punto medio entre la última costilla y la cresta iliaca usando una cinta métrica Lufkin<sup>®</sup> (NJ, EE. UU.) con precisión de 0,1 cm. Posteriormente se calculó el índice cintura/estatura dividiendo la circunferencia de la cintura por la estatura en centímetros.

Los pliegues cutáneos se midieron a partir de los criterios propuestos por la ISAK (11). El pliegue tricípital (TR) se midió longitudinalmente en la parte posterior del miembro superior del hemicuerpo izquierdo, en el punto medio entre el acromion y el olécranon, con la extremidad relajada y de forma paralela al eje del brazo. El pliegue subescapular (SE) se midió justo por debajo de la punta de la escápula no dominante, con un eje de 45° respecto de la columna vertebral, usando un plicómetro de pinza (Slimguide<sup>®</sup> *skinfold caliper*, NJ, EE. UU.) con precisión de 1 mm, tomando una superficie de pliegue de 6 por 11 mm de espesor. Todas las mediciones se realizaron por duplicado por el mismo observador (nutricionista con certificación ISAK), con lectura a los cuatro segundos. Con estas medidas se estimó el porcentaje de grasa (%G) a través de la ecuación de regresión propuesta por Slaughter y cols. (14) como sigue: hombres:  $\%G = 1,35 (\sum TR + SE) - 0,012 (\sum TR + SE) \times 2 - 4,4$ ; mujeres:  $\%G = 1,35 (\sum TR + SE) - 0,012 (\sum TR + SE) \times 2 - 2,4$ .

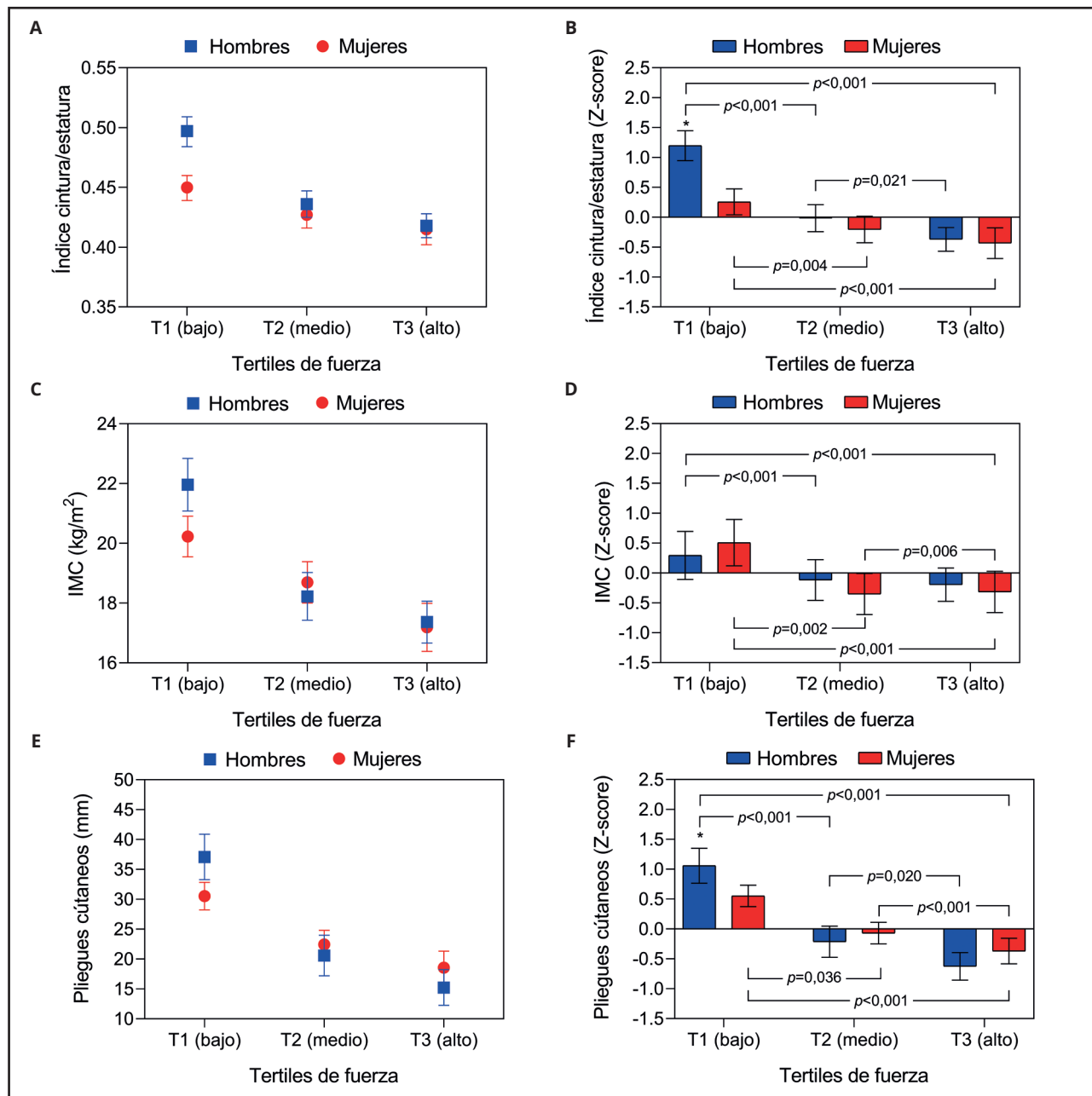
La FP se valoró siguiendo el protocolo validado en la población infantil y adulta colombiana y descrito por Ramírez-Vélez y cols. (15) con la batería Fuprecol y la ENSIN-2015 (2), respectivamente. Para ello se usó un dinamómetro digital ajustable (Takei TKK<sup>®</sup> 500, Scientific Instruments Co., Ltd., Japón), con precisión de 0,1 kg y rango de 5 a 100 kg. A cada escolar se le indicó que ubicó el dinamómetro en su mano, a un costado de su cuerpo, en dirección hacia abajo, y se le pidió que ejecutara la máxima fuerza sostenida por tres segundos, realizando dos intentos alternativos con cada mano, con un período de descanso de 30 segundos. La prueba se realizó dos veces, registrándose la mejor marca de cada mano en kilos de fuerza (kgf) para el análisis estadístico. Posteriormente, el valor de la FP se ajustó según el peso corporal del escolar y se creó la variable fuerza de prensión manual normalizada:  $FPn = (\text{promedio de FP en kgf} / \text{peso corporal en kg})$ .

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El procesamiento y análisis de la información se realizó con el programa *Statistical Package for Social Science*<sup>®</sup>, versión 26 (IBM-SPSS; Chicago, IL, EE. UU.). Se efectuaron pruebas de normalidad mediante las pruebas de Kolmogorov-Smirnov para estimar la distribución de las variables. Los valores continuos se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar (DE) y los categóricos como frecuencias. A partir de la distribución de cada variable se utilizó la prueba de la *t* de Student para establecer las diferencias por sexos. Se estimaron las correlaciones parciales ajustadas según la edad examinando la relación entre la FPn con los indicadores de adiposidad (*Z-score* del IMC, índice cintura/

estatura y sumatoria de pliegues) y con el *Z-score* del índice de adiposidad, calculado en este estudio como equivalente a la suma de los valores tipificados de los parámetros: *Z-score* del índice cintura/estatura + *Z-score* del IMC + *Z-score* de la sumatoria de pliegues. Los valores por encima de +1 DE se consideraron como de riesgo elevado. El promedio de FP normalizado se recodificó en tertiles, siendo el tercil T1 la posición con menor valor de FPn, como se muestra en la figura 1.

Por último se usó un análisis de la covarianza (ANCOVA) ajustado según la edad para comparar los tertiles de FPn con los diferentes parámetros de adiposidad usados en este trabajo. Se aplicó la corrección de Bonferroni para comparaciones múltiples al analizar las diferencias entre pares. Los análisis se realizaron de manera separada entre hombres y mujeres por la interacción encontrada entre la FPn y los parámetros de adiposidad ( $p < 0,002$ ). El nivel de significancia estadística se fijó en un valor de  $p < 0,05$ .



**Figura 1.**

Asociación entre la fuerza de prensión manual normalizada al peso (kgf/kg) por tertiles y los parámetros de adiposidad absolutos y relativos (*Z-score*) en función del sexo. Nota: la distribución de los grupos por tertiles de FPn fue: T1 = -2,8 a -0,43; T2 = -0,43 a 0,35; T3 = 0,35 a 2,67. \*Diferencias por sexo,  $p < 0,001$ . La corrección de Bonferroni se aplicó para analizar las comparaciones múltiples. Todos los análisis se ajustaron por edad.

## RESULTADOS

De los 430 sujetos incluidos en el presente subanálisis, 240 (55,8 %) eran mujeres. La edad media (con desviación estándar:  $\pm$  DE) de la población fue de  $13,2 \pm 1,4$  años, el IMC fue de  $18,8 \pm 3,4$  kg/m<sup>2</sup>, el índice cintura/estatura fue de  $0,44 \pm 0,05$  y el porcentaje de masa grasa fue del  $19,9 \pm 9,9$  %. Un 17,4 % de la población presentó exceso de peso según el IMC (+1 DT, sobrepeso y obesidad). Los hombres presentaron mayores valores en los parámetros de circunferencia de la cintura, índice cintura/estatura, FP y FPn ( $p < 0,01$ ). Las demás características tuvieron un comportamiento similar y se muestran en la tabla I.

Se observaron correlaciones inversas y estadísticamente significativas entre la FP normalizada al peso corporal y los parámetros antropométricos y de composición corporal incluidos en este estudio (rango:  $r = -0,40$  a  $-0,61$ ;  $p < 0,001$ ) (Tabla II). En las mujeres, la FPn máxima se correlacionó de manera inversa con el pliegue tricipital ( $r = -0,52$ ;  $p < 0,001$ ), la sumatoria de pliegues cutáneos ( $r = -0,51$ ;  $p < 0,001$ ) y el %G ( $r = -0,53$ ;  $p < 0,001$ ).

En los hombres, esta misma tendencia se observó con los parámetros índice cintura/estatura ( $r = -0,61$ ;  $p < 0,001$ ), circunferencia de cintura ( $r = -0,54$ ;  $p < 0,001$ ), IMC ( $r = -0,54$ ;  $p < 0,001$ ), pliegue subescapular ( $r = -0,59$ ;  $p < 0,001$ ), sumatoria de pliegues cutáneos ( $r = -0,59$ ;  $p < 0,001$ ), %G ( $r = -0,61$ ;  $p < 0,001$ ) *Z-score* del índice de adiposidad ( $r = -0,61$ ;  $p < 0,001$ ).

Para comprobar la hipótesis de si los menores valores de FP se podrían asociar a un fenotipo de adiposidad elevado en los niños y adolescentes de Bogotá, Colombia, se aplicó un análisis ANCOVA ajustado por la edad como covariable. Independientemente del sexo, los escolares con mejor FPn (tertil 3) presentaron menores valores en los parámetros de adiposidad índice cintura/estatura, *Z-score* del IMC y sumatoria de pliegues cutáneos que los escolares categorizados en el fenotipo de bajo desempeño muscular por la FPn (tertil 1) ( $p < 0,001$ ) (Fig. 1).

La figura 2A-B muestra la distribución entre los tertiles de FPn y la frecuencia de valores por encima de +1 DT para cada parámetro de adiposidad estudiado en términos absolutos y relativos (*Z-score* del índice cintura/estatura, *Z-score* del IMC y *Z-score* de la sumatoria de pliegues) en función del sexo. En las mujeres

**Tabla I.** Características generales de la población escolar

| Variable   | Mujeres<br>(n = 240) | Hombres<br>(n = 190) | Valor p* |
|--|----------------------|----------------------|----------|
| Edad (años)  | 13,2 $\pm$ 1,3       | 13,3 $\pm$ 1,4       | 0,331    |
| Peso corporal (kg)                                   | 40,9 $\pm$ 10,1      | 42,2 $\pm$ 12,8      | 0,240    |
| Estatura (m)   | 1,47 $\pm$ 0,09      | 1,48 $\pm$ 0,11      | 0,111    |
| Circunferencia de cintura (cm)                       | 63,2 $\pm$ 7,5       | 65,8 $\pm$ 9,9       | 0,002    |
| Índice cintura/estatura                              | 0,43 $\pm$ 0,05      | 0,44 $\pm$ 0,05      | 0,006    |
| <i>Z-score</i> del índice de cintura/estatura        | - 0,13 $\pm$ 0,86    | 0,17 $\pm$ 1,13      | < 0,001  |
| Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> )         | 18,8 $\pm$ 3,2       | 18,9 $\pm$ 3,7       | 0,773    |
| <i>Z-score</i> del índice de masa corporal           | - 0,3 $\pm$ 1,3      | - 0,1 $\pm$ 1,1      | 0,089    |
| Pliegue tricipital (mm)                              | 13,0 $\pm$ 6,5       | 12,4 $\pm$ 9,2       | 0,424    |
| Pliegue subescapular (mm)                            | 11,0 $\pm$ 5,8       | 10,0 $\pm$ 7,6       | 0,136    |
| Sumatoria de pliegues (TR + SE, mm)                  | 24,1 $\pm$ 11,1      | 22,5 $\pm$ 14,9      | 0,200    |
| <i>Z-score</i> de la sumatoria de pliegues (TR + SE) | 0,06 $\pm$ 0,86      | - 0,07 $\pm$ 1,15    | 0,200    |
| Masa grasa (%)                                       | 21,0 $\pm$ 7,3       | 18,7 $\pm$ 12,0      | 0,031    |
| <i>Z-score</i> de masa grasa                         | 0,11 $\pm$ 0,74      | - 0,12 $\pm$ 1,22    | 0,031    |
| Fuerza de prensión manual (kg)                       | 17,9 $\pm$ 4,4       | 19,3 $\pm$ 6,0       | 0,007    |
| Fuerza de prensión manual (kgf/kg)                   | 0,44 $\pm$ 0,08      | 0,47 $\pm$ 0,10      | 0,009    |
| Índice <i>Z-score</i> de adiposidad                  | - 0,34 $\pm$ 1,89    | - 0,03 $\pm$ 2,05    | 0,198    |

Datos presentados como media  $\pm$  desviación estándar. \*La prueba t de Student se usó para establecer las diferencias por sexo. El índice *Z-score* de adiposidad calculado en este estudio equivale a la suma de los valores tipificados de los parámetros índice cintura/estatura, *Z-score* + IMC, *Z-score* + sumatoria de pliegues, *Z-score*.



**Tabla II.** Correlaciones parciales entre la fuerza de prensión manual normalizada al peso (kgf/kg) y los parámetros de adiposidad por sexo y ajustados por edad

| Variable                                     | Mujeres (n = 240) | Hombres (n = 190) |
|--|-------------------|-------------------|
| Circunferencia de cintura (cm)               | - 0,45*           | - 0,54*           |
| Índice cintura/estatura                      | - 0,42*           | - 0,61*           |
| Índice de masa corporal (kg/m <sup>2</sup> ) | - 0,47*           | - 0,54*           |
| Índice de masa corporal (Z-score)            | - 0,45*           | - 0,43*           |
| Pliegue tricéptico (mm)                      | - 0,52*           | - 0,49*           |
| Pliegue subescapular (mm)                    | - 0,46*           | - 0,59*           |
| Sumatoria de pliegues (TR + SE, mm)          | - 0,51*           | - 0,59*           |
| Masa grasa (%)                               | - 0,53*           | - 0,61*           |
| Índice Z-score de adiposidad                 | - 0,40*           | - 0,61*           |

\**p* < 0,001; ajustado por edad. Interpretación de la correlación: 0,00-0,30: baja; 0,31-0,50: moderada; 0,51-0,75: considerable; 0,76-1,00: muy alta.

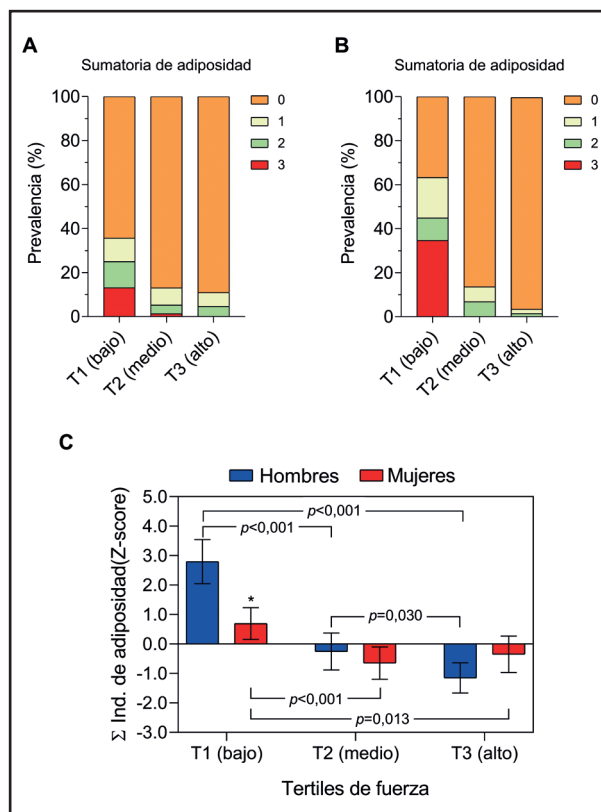
categorizadas en el T1 (baja FPN) se observa una mayor proporción de participantes con 2 y 3 indicadores por encima de +1 DT que entre los ubicados en la categoría de mejor desempeño muscular (T3) (25 % vs. 12,4 %, *p* < 0,001) (Fig. 2A). En el colectivo de hombres (Fig. 2B), este análisis mostró valores del 44,9 % para el fenotipo de bajo desempeño muscular (T1) frente a un 1,4 % (T3 alto) de FPN (*p* < 0,001).

Por último, observamos que los escolares con altos niveles de fuerza muscular (T3) presentaron menores valores en la Z-score del índice de adiposidad calculado para este estudio en comparación con los escolares agrupados en el T1 (*p* < 0,001) (Fig. 2C).

## DISCUSIÓN

Los resultados más relevantes del presente estudio muestran que los mayores valores de FP ajustados al peso corporal del escolar participante se relacionan inversamente con un fenotipo más favorable de adiposidad. Esto podría sugerir que una mejor capacidad muscular podría contrarrestar los efectos negativos de la grasa en exceso en la población estudiada. Así pues, las intervenciones orientadas a la mejora de la condición física y la ingesta calórica podrían resultar de enorme interés social, económico y sanitario en la población de escolares de Bogotá (Colombia).

El estudio mostró cómo el 17,4 % de los alumnos evaluados padecían exceso de peso (sobrepeso + obesidad). Este hallazgo es cercano al observado en una población colombiana por la ENSIN-2015 (24,4 %) (2) y al reportado por Ramírez-Vélez y



**Figura 2.**

Relación entre la fuerza de prensión manual normalizada al peso (kgf/kg) por tertiles con presencia de valores por encima de +1 DT y la sumatoria de índices de adiposidad según el sexo. Nota: la distribución de los grupos por tertiles de FPN fue: T1 = T1 = -2,8 a -0,43; T2 = -0,43 a 0,35; T3 = 0,35 a 2,67. A: mujeres; B: hombres; C: el índice Z-score de adiposidad calculado en este estudio equivale a la suma de los valores tipificados de los parámetros índice cintura/estatura, Z-score + IMC, Z-score + sumatoria de pliegues, Z-score. \*Diferencias por sexo, *p* < 0,001.

cols. (16) en el estudio Fuprecol en 1922 escolares de Bogotá (23,8 %) de ambos sexos. El exceso de peso en las edades tempranas se asocia a una mayor probabilidad de ser un adulto obeso, especialmente si persiste hasta la adolescencia, y los entornos familiares y sociales obesogénicos favorecen esta tendencia (17). Estos datos sugieren que es importante promocionar la actividad física y la mejora de la condición física como herramientas de prevención del sobrepeso y la obesidad infantiles.

De otro lado, se ha confirmado que el desequilibrio del tejido adiposo/músculo predice la ocurrencia de situaciones que pueden afectar a la salud cardiometabólica en la vida adulta (18,19). En el presente estudio, la capacidad muscular representada por la FP normalizada al peso corporal presentó una moderada correlación inversa con los parámetros de adiposidad índice cintura/estatura, Z-score del IMC y sumatoria de pliegues cutáneos, y con la Z-score del índice de adiposidad (*p* < 0,001). Los escolares ubicados en el T1 (baja FPN) presentaron mayor una prevalencia de indicadores de adiposidad estudiados frente a los agrupados en el de mejor FPN (T3) (*p* < 0,001), como

ya se había constatado en estudios anteriores (8,9). En el estudio de Burns & Brusseau, de 2017, con 320 niños hispanos de ambos sexos, de  $10,1 \pm 1,1$  años de edad, se reportó que los niveles más altos de fuerza muscular y de resistencia aeróbica se relacionaban con una menor frecuencia de índices de adiposidad (20). Esta misma tendencia fue descrita también por Rodríguez y cols. (21) en 2015 en niños y adolescentes colombianos de ambos sexos ( $13,0 \pm 2,6$  años). Estos autores informaron que los mayores valores en la FP se relacionaban con menores valores de IMC, %G y circunferencia de cintura. Asimismo, los hallazgos de las cohortes AVENA (22), HELENA (23) y EYHS (24) mostraron que los adolescentes con sobrepeso y con mayores niveles de fuerza muscular (T3) tenían menores niveles de masa grasa (sumatoria de 6 pliegues) que el grupo de adolescentes con sobrepeso y con menores niveles de fuerza muscular (T1).

Este hallazgo es relevante pues se ha descrito que el desequilibrio en la relación grasa/músculo promueve la síntesis de citoquinas proinflamatorias como son la interleuquina-6, la proteína C-reactiva y el factor de necrosis tumoral alfa (25). En esta línea, Pilon y cols. (26) informaron de que el incremento de las citoquinas proinflamatorias se relaciona positivamente con el incremento de la masa grasa y negativamente con la masa muscular, mecanismos biológicos asociados con el desarrollo de resistencia a la insulina y un síndrome metabólico. En la población infantil se ha descrito también que un estado inflamatorio de bajo grado está estrechamente asociado a la resistencia a la insulina, los lípidos alterados y la pérdida de la masa/fuerza muscular (27). De manera similar, otros autores han informado de una asociación independiente entre la fuerza muscular y los estados de resistencia a la insulina (28), y con una elevación de las concentraciones de proteínas proinflamatorias en la sangre: proteína C-reactiva (29) y prealbúmina (30).

Los hallazgos encontrados en este estudio pueden apoyar la necesidad de realizar intervenciones en la población escolar para disminuir las comorbilidades asociadas al exceso de adiposidad y los menores valores de fuerza muscular. Se debe tomar en cuenta que el desarrollo de la fuerza durante la etapa escolar es de suma importancia para una adecuada salud cognitiva y metabólica, permitiendo al infante o adolescente conservar un adecuado estado de peso corporal y de composición corporal. Así pues, estos resultados refuerzan la idea de que la condición física muscular puede desempeñar un papel importante en la predicción del fenotipo obeso incluso desde las primeras etapas de la vida.

## LIMITACIONES

El diseño transversal y la falta de una evaluación objetiva de la actividad física, los comportamientos sedentarios y los patrones nutricionales son limitaciones de este estudio que será preciso tener en cuenta en estudios futuros. El muestreo no probabilístico supone otra limitación para generalizar los resultados a la población del estudio, por lo que los resultados obtenidos

deben extrapolarse con cautela en otros entornos escolares de Colombia. Otra limitación fue la manera de estimar la adiposidad excesiva mediante los pliegues cutáneos, por lo que está sujeta a sesgo en los resultados obtenidos. Sin embargo, mientras no se desarrollen ecuaciones con una precisión más alta en las poblaciones latinas, utilizar la suma de los pliegues o la ecuación de Slaughter y cols. (14) sería una propuesta recomendable, a pesar de que previamente se describió que dicha estimación subestima el componente graso en la población latina. Serán necesarias nuevas investigaciones para determinar si un aumento de la fuerza muscular en los escolares con exceso de adiposidad puede prevenir el paso a un estado de alteración metabólica o fomentar lo contrario, tal y como se ha descrito con el fenotipo del obeso metabólicamente sano.

## CONCLUSIONES

En síntesis, los resultados de este trabajo muestran que el exceso de peso constituye un problema en la población infantil-juvenil estudiada y sugieren que los efectos negativos de la adiposidad pueden contrarrestarse mediante una adecuada capacidad muscular. Consideramos que la promoción regular de actividades que estimulen la fuerza muscular podría aplicarse como estrategia de prevención del riesgo cardiometabólico temprano en los infantes con exceso de peso. Se pone de manifiesto la importancia de crear planes de intervención centrados en la mejora de la condición física.

## BIBLIOGRAFÍA

1. NCD Risk Factor Collaboration (NCD-RisC). Worldwide trends in body-mass index, underweight, overweight, and obesity from 1975 to 2016: a pooled analysis of 2416 population-based measurement studies in 128·9 million children, adolescents, and adults. *Lancet* 2017;390(10113):2627-42. DOI: 10.1016/S0140-6736(17)32129-3
2. Ministerio de Salud y Protección Social. ENSIN. Encuesta Nacional de la situación nutricional 2015; [citado 2021 Junio 5]2015. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/VS/ED/PSP/presentacion-lanzamiento-ensin-2015.pdf>
3. Salazar L, Politi N, Díaz L, Estrada K. Prevalencia de sobrepeso, obesidad y factores de riesgo en una cohorte de escolares en Bogotá, Colombia. *Pediatr* 2020;53(1):5-13. DOI: 10.14295/rp.v53i1.149
4. McGrath R. Maximal Handgrip Strength Alone Could Be an Incomplete Measure of Muscle Function. *J Am Med Dir Assoc* 2021;22(4):882-3. DOI: 10.1016/j.jamda.2021.01.062
5. Celis-Morales CA, Welsh P, Lyall DM, Steell L, Petermann F, Anderson J, et al. Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *BMJ* 2018;361:k1651. DOI: 10.1136/bmj.k1651
6. García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, Peterson MD, Lobelo F, Cavero-Redondo I, Correa-Bautista JE, et al. Handgrip and knee extension strength as predictors of cancer mortality: A systematic review and meta-analysis. *Scand J Med Sci Sports* 2018;28(8):1852-8. DOI: 10.1111/sms.13206
7. Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Sjöström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *Int J Obes (Lond)* 2008;32(1):1-11. DOI: 10.1038/sj.ijo.0803774
8. Hasselström H, Hansen SE, Froberg K, Andersen LB. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. *Danish Youth and Sports Study. An eight-year follow-up study. Int J Sports Med.* 2002;23(Suppl 1):S27-31. DOI: 10.1055/s-2002-28458

9. Gomez-Arbelaez D, Cohen DD, Camacho PA, Rincón-Romero K, Hormiga C, Rey JJ, et al. Asociación entre obesidad y baja capacidad muscular y función cardio-respiratoria y factores de riesgo cardio-metabólico en niños colombianos. *Trauma* 2013;24:17-23.
10. Correa-Rodríguez M, Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE, Castellanos-Vega RDP, Arias-Coronel F, González-Ruiz K, et al. Association of Muscular Fitness and Body Fatness with Cardiometabolic Risk Factors: The FUPRECOL Study. *Nutrients* 2018;10(11):1742. DOI: 10.3390/nu10111742
11. Esparza-Ros F, Vaquero-Cristóbal R, Marfell-Jones M. International Protocol for Anthropometric Measures. UCAM Catholic University of Murcia., Murcia, España; 2019.
12. World Health Organization (WHO). WHO Child Growth Standards: Length/height-for-age, weight-for-age, weight-for-length, weight-for-height and body mass index-for-age. Methods and development. Ginebra; 2006.
13. De Onis M, Lobstein T. Defining obesity risk status in the general childhood population: Which cutoffs should we use? *Int J Pediatr Obes* 2010;5(6):458-60. DOI: 10.3109/17477161003615583
14. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988;60:709-23.
15. Ramírez-Vélez R, Rodrigues-Bezerra D, Correa-Bautista JE, Izquierdo M, Lobelo F. Reliability of Health-Related Physical Fitness Tests among Colombian Children and Adolescents: The FUPRECOL Study. *PLoS One* 2015;10(10):e0140875. DOI: 10.1371/journal.pone.0140875
16. Ramírez-Vélez R, Anzola A, Martínez-Torres J, Vivas A, Tordecilla-Sanders A, Prieto-Benavides D, et al. Metabolic Syndrome and Associated Factors in a Population-Based Sample of Schoolchildren in Colombia: The FUPRECOL Study. *Metab Syndr Relat Disord* 2016;14(9):455-62. DOI: 10.1089/met.2016.0058
17. Zhang T, Whelton PK, Xi B, Krousel-Wood M, Bazzano L, He J, et al. Rate of change in body mass index at different ages during childhood and adult obesity risk. *Pediatr Obes* 2019;14(7):e12513. DOI: 10.1111/ijpo.12513
18. Fraser BJ, Blizzard L, Cleland V, Schmidt MD, Smith KJ, Gall SL, et al. Factors Associated with Persistently High Muscular Power from Childhood to Adulthood. *Med Sci Sports Exerc* 2020;52(1):49-55. DOI: 10.1249/MSS.0000000000002108
19. Fraser BJ, Blizzard L, Schmidt MD, Dwyer T, Venn AJ, Magnussen CG. The association between muscular power from childhood to adulthood and adult measures of glucose homeostasis. *Scand J Med Sci Sports* 2019;29(12):1909-16. DOI: 10.1111/sms.13529
20. Burns RD, Brusseau TA. Muscular strength and endurance and cardio-metabolic health in disadvantaged Hispanic children from the U.S. *Prev Med Rep* 2017;5:21-6. DOI: 10.1016/j.pmedr.2016.11.004
21. Rodríguez FJ, Gualteros JA, Torres JA, Umbarila LM, Ramírez-Vélez R. Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Nutr Hosp* 2015;32(4):1559-66. DOI: 10.3305/nh.2015.32.4.9310
22. Moliner-Urdiales D, Ruiz JR, Ortega FB, Jiménez-Pavón D, Vicente-Rodríguez G, Rey-López JP et al. Secular trends in health-related physical fitness in Spanish adolescents: the AVENA and HELENA studies. *J Sci Med Sport* 2010;13:584-8. DOI: 10.1016/j.jsams.2010.03.004
23. 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(7):2455-65. DOI: 10.1007/s00421-011-2216-5
24. Ridgway CL, Brage S, Anderssen S, Sardinha LB, Andersen LB, Ekelund U. Fat-free mass mediates the association between birth weight and aerobic fitness in youth. *Int J Pediatr Obes* 2011;6(2-2):e590-6. DOI: 10.3109/17477166.2010.526225
25. Ito S, Nakashima H, Ando K, Kobayashi K, Machino M, Seki T, et al. Association between Low Muscle Mass and Inflammatory Cytokines. *Biomed Res Int* 2021;2021:5572742. DOI: 10.1155/2021/5572742
26. Pillon NJ, Bilan PJ, Fink LN, Klip A. Cross-talk between skeletal muscle and immune cells: muscle-derived mediators and metabolic implications. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2013;304(5):E453-65. DOI: 10.1152/ajpendo.00553.2012
27. Ruiz JR, Rizzo NS, Ortega FB, Loit HM, Veidebaum T, Sjöström M. Markers of insulin resistance are associated with fatness and fitness in school-aged children: the European Youth Heart Study. *Diabetologia* 2007;50(7):1401-8. DOI: 10.1007/s00125-007-0678-0
28. Benson AC, Torode ME, Singh MA. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Internat J Pediatr Obes* 2006;1:222-31. DOI: 10.1080/17477160600962864
29. Agostinis-Sobrinho CA, Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, Moreira C, Lopes L, Oliveira-Santos J, et al. Low-grade inflammation and muscular fitness on insulin resistance in adolescents: Results from LabMed Physical Activity Study. *Pediatr Diabetes* 2018;19(3):429-35. DOI: 10.1111/pedi.12607
30. Ruiz JR, Ortega FB, Wärnberg J, Moreno LA, Carrero JJ, Gonzalez-Gross M, et al. Inflammatory proteins and muscle strength in adolescents: The Avena study. *Archiv Pediat Adolesc Med* 2008;162:462-8. DOI: 10.1001/archpedi.162.5.462
31. González-Ruiz K, Medrano M, Correa-Bautista JE, García-Hermoso A, Prieto-Benavides DH, Tordecilla-Sanders A, et al. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis, Slaughter Skinfold-Thickness Equations, and Dual-Energy X-ray Absorptiometry for Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. *Nutrients* 2018;10(8):1086. DOI: 10.3390/nu10081086