Fuerza prensil como predictor de adiposidad central en adolescentes escolarizados: análisis ajustado por sexo

Handgrip strength as a predictor of central adiposity in school-aged adolescents: a sex-adjusted analysis

Autores

Sandra Edith González Vargas [1]
Sergio Alejandro Quijano Duarte [2]
Doraly Muñoz Acuña [1]

[1] Universidad de los Llanos (Colombia)
[2] Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD (Colombia)

Autor de correspondencia:
Sandra Edith González Vargas
sgonzalezvargas@unillanos.edu.co

Recibido: 10-04-26
Aceptado: 30-05-26

Cómo citar en APA

González Vargas, S. E., Quijano Duarte, S. A., & Muñoz Acuña, D. (2026). Fuerza prensil como predictor de adiposidad central en adolescentes escolarizados: análisis ajustado por sexo. *Retos, 85*, 164-173. https://doi.org/10.47197/retos.v85.119444

Resumen

Introducción: La fuerza prensil constituye un indicador funcional de condición muscular cuya relación con la adiposidad central durante la adolescencia puede estar influida por el crecimiento, el sexo y el tamaño corporal.
Objetivo: Determinar la capacidad predictiva de la fuerza prensil sobre la adiposidad central en adolescentes escolarizados.
Metodología: Se realizó un estudio analítico-transversal en 98 adolescentes de 14 a 17 años. La adiposidad central se evaluó mediante circunferencia de cintura e índice cintura-talla, y la fuerza prensil derecha e izquierda mediante dinamometría manual. Se estimaron modelos de regresión lineal multivariable ajustados por sexo, con errores estándar robustos HC3. El desempeño predictivo se evaluó mediante validación cruzada de 10 pliegues repetida 10 veces, utilizando la raíz del error cuadrático medio, el error absoluto medio y el coeficiente de determinación mediante validación cruzada.
Resultados: Ningún coeficiente de fuerza prensil alcanzó significancia estadística en los modelos ajustados. Para la circunferencia de cintura, la fuerza prensil derecha presentó B = 0,260 (p = 0,067; R^2 ajustado = 0,055) y la fuerza prensil izquierda B = 0,356 (p = 0,071; R^2 ajustado = 0,118). Para el índice cintura-talla, los modelos mostraron menor capacidad predictiva. La validación cruzada evidenció capacidad de generalización limitada: R^2cv = 0,014 para fuerza prensil derecha y circunferencia de cintura, 0,036 para fuerza prensil izquierda y circunferencia de cintura, y −0,037 para ambos modelos con índice cintura-talla.
Conclusiones: La fuerza prensil absoluta mostró capacidad predictiva limitada sobre la adiposidad central, por lo que no debe utilizarse de manera aislada para su estimación en adolescentes.

Palabras clave

Adolescente; estudiantes; fuerza muscular; índice cintura-talla.

Abstract

Introduction: Handgrip strength is a functional indicator of muscular fitness whose relationship with central adiposity during adolescence may be influenced by growth, sex, and body size.
Objective: To determine the predictive ability of handgrip strength for central adiposity in school-enrolled adolescents.
Methods: An analytical cross-sectional study was conducted in 98 adolescents aged 14–17 years. Central adiposity was assessed using waist circumference and waist-to-height ratio, while right and left handgrip strength were measured using hand dynamometry. Sex-adjusted multivariable linear regression models were estimated using HC3 robust standard errors. Predictive performance was assessed using 10-fold cross-validation repeated 10 times, using root mean squared error, mean absolute error, and the cross-validated coefficient of determination.
Results: None of the handgrip strength coefficients reached statistical significance in the adjusted models. For waist circumference, right handgrip strength showed B = 0.260 (p = 0.067; adjusted R^2 = 0.055), while left handgrip strength showed B = 0.356 (p = 0.071; adjusted R^2 = 0.118). Models for waist-to-height ratio showed lower predictive ability. Cross-validation indicated limited generalizability, with R^2cv = 0.014 for right handgrip strength and waist circumference, 0.036 for left handgrip strength and waist circumference, and −0.037 for both waist-to-height ratio models.
Conclusions: Absolute handgrip strength showed limited predictive ability for central adiposity and therefore should not be used as a standalone measure for estimating central adiposity in adolescents.

Keywords

Adolescent; students; muscle strength; waist-to-height ratio.

Introducción

La adolescencia constituye una etapa caracterizada por cambios importantes en el crecimiento, la maduración biológica y la composición corporal, los cuales influyen en el desarrollo de las capacidades físicas y, particularmente, de la fuerza muscular. Durante este periodo se modifican la masa magra, la masa grasa y las dimensiones corporales, con trayectorias diferenciadas según sexo (Confortin et al., 2022; Martínez-Torres et al., 2022). Asimismo, el estado de maduración se relaciona con el desarrollo de la fuerza prensil durante el crecimiento, por lo que su interpretación en adolescentes debe considerar la edad, el sexo y la maduración biológica (Cossio-Bolaños et al., 2025).

La fuerza prensil constituye una medida funcional de fuerza isométrica ampliamente utilizada para valorar la condición muscular en niños y adolescentes. La dinamometría manual presenta ventajas para su aplicación en población escolar debido a que es una prueba sencilla, no invasiva y de bajo costo. En población colombiana se han establecido valores de referencia y puntos de corte de fuerza prensil relacionados con indicadores de riesgo cardiometabólico (Ramírez-Vélez et al., 2017a, 2017b). Evidencia más reciente también ha respaldado su utilidad como indicador asociado con riesgo cardiometabólico en población infantil y adolescente (García-Hermoso et al., 2025).

La adiposidad central constituye un componente relevante del riesgo cardiometabólico desde edades tempranas. La circunferencia de cintura (CC) permite aproximarse a la acumulación abdominal de tejido adiposo, mientras que el índice cintura-talla (ICT) relaciona este perímetro con la estatura y reduce parcialmente la influencia de las diferencias en tamaño corporal (Ashwell & Gibson, 2016). Ambos indicadores son de fácil aplicación en contextos escolares. En población pediátrica, el ICT ha mostrado utilidad para identificar riesgo cardiometabólico, aunque los puntos de corte pueden variar según edad, sexo y características poblacionales (Zong et al., 2023).

La relación entre fuerza prensil y adiposidad en niños y adolescentes depende, entre otros factores, de la forma en que se expresa la fuerza muscular. Cuando la fuerza prensil se normaliza respecto al peso corporal u otros indicadores del tamaño corporal, mayores niveles de fuerza relativa se han asociado con menor adiposidad y perfiles metabólicos más favorables (Pacheco-Herrera et al., 2016; de Lima et al., 2021; Triana-Reina et al., 2022). En contraste, la fuerza prensil absoluta puede aumentar conjuntamente con el tamaño corporal y la masa magra, lo que modifica su relación con los indicadores antropométricos (Confortin et al., 2022). Por ello, la interpretación de la fuerza absoluta y relativa no necesariamente conduce a asociaciones de igual magnitud o dirección con la adiposidad (Martínez-Torres et al., 2022).

Estas relaciones adquieren especial relevancia durante la adolescencia debido a las diferencias entre hombres y mujeres en crecimiento, maduración, masa muscular y distribución del tejido adiposo. En escolares colombianos se han documentado diferencias por sexo en la fuerza prensil y en indicadores de composición corporal (Pacheco-Herrera et al., 2016; Galindo-Perdomo et al., 2025). En consecuencia, el sexo representa una variable relevante al analizar la relación entre fuerza muscular y adiposidad durante esta etapa del desarrollo (Martínez-Torres et al., 2022).

En población escolar colombiana existen antecedentes sobre fuerza prensil, condición muscular y adiposidad. Estudios previos han identificado asociaciones entre la fuerza muscular y diferentes indicadores antropométricos y cardiometabólicos (Ramírez-Vélez, 2017b; Triana-Reina et al., 2022). Sin embargo, existe menor evidencia sobre la capacidad predictiva de la fuerza prensil absoluta sobre indicadores continuos de adiposidad central, como la CC y el ICT, y sobre la capacidad de generalización interna de estos modelos. La evidencia internacional sobre fuerza prensil y riesgo metabólico respalda la necesidad de profundizar en este comportamiento predictivo en población adolescente (Castro-Piñero et al., 2019; García-Hermoso et al., 2025).

En este sentido, el presente estudio tiene como objetivo determinar la capacidad predictiva de la fuerza prensil sobre la adiposidad central en adolescentes escolarizados.

Método

Se desarrolló un estudio analítico-transversal, orientado a determinar la capacidad predictiva de la fuerza prensil sobre indicadores de adiposidad central en adolescentes escolarizados.

La información utilizada en el estudio fue obtenida durante el desarrollo de una práctica integral realizada durante el periodo 2025-I en una institución educativa oficial de educación media, en el marco de un convenio docencia–servicio suscrito entre dicha institución y una universidad. La ejecución de las actividades se orientó por los principios éticos aplicables a investigaciones con seres humanos, la Declaración de Helsinki (Asociación Médica Mundial, 2024) y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia (Ministerio de Salud, 1993). Para la recolección de la información se obtuvo consentimiento informado por escrito de los padres o representantes legales y asentimiento informado de todos los adolescentes participantes. La participación fue voluntaria y se garantizaron la confidencialidad, el anonimato y el tratamiento de la información conforme a la normativa nacional sobre protección de datos personales. Los datos utilizados en el manuscrito correspondieron a registros previamente anonimizados y empleados exclusivamente con fines académicos y científicos.

Participantes

La muestra estuvo conformada por 98 estudiantes de educación media, con edades entre 14 y 17 años, pertenecientes a una institución educativa oficial. Se empleó un muestreo no probabilístico por conveniencia, determinado por el acceso a la población y la disponibilidad de los participantes. Debido a esta estrategia de selección, la muestra no se consideró representativa de la población adolescente general.

Los criterios de inclusión fueron estar matriculado en educación media, tener entre 14 y 17 años, contar con consentimiento informado firmado por los padres o representantes legales y con asentimiento informado del adolescente. Además, los participantes no debían presentar antecedentes recientes de lesiones en miembros superiores que pudieran interferir con la evaluación de la fuerza prensil.

Se excluyeron estudiantes con condiciones médicas agudas o crónicas descompensadas, alteraciones sensoriales no corregidas, dificultades cognitivas que impidieran comprender las instrucciones o cualquier condición que limitara la realización segura de las pruebas físicas.

Procedimiento

Los estudiantes elegibles fueron contactados en la institución educativa. Antes de la evaluación se explicaron los objetivos, procedimientos y condiciones de participación, y se resolvieron las inquietudes de los participantes y sus representantes. Posteriormente, se obtuvo el consentimiento informado escrito de los padres o representantes legales y el asentimiento informado de todos los adolescentes. Estas condiciones se encuentran respaldadas mediante constancia institucional emitida por el programa académico de la universidad participante.

La evaluación se realizó durante el primer semestre de 2025 en espacios de la institución educativa acondicionados para garantizar privacidad, comodidad, seguridad y adecuada ventilación. La recolección de los datos fue realizada por estudiantes de últimos semestres del programa de Fisioterapia, quienes recibieron entrenamiento previo por profesionales con experiencia en medición antropométrica y dinamometría manual.

Inicialmente, se aplicó un formulario para registrar la edad y el sexo. Posteriormente, se realizaron las mediciones antropométricas, que incluyeron la CC y la estatura para el cálculo del ICT. Finalmente, se evaluó la fuerza prensil derecha (FPD) e izquierda (FPI) mediante dinamometría manual. La secuencia antropometría–dinamometría se mantuvo constante para todos los participantes con el propósito de conservar condiciones homogéneas y reducir posibles variaciones relacionadas con la fatiga muscular.

Instrumentos

Formulario demográfico

Se utilizó un formulario de preguntas cerradas para registrar la edad y el sexo de los participantes. El sexo se registró como femenino o masculino y posteriormente se examinó estadísticamente su posible papel como modificador del efecto y como covariable de ajuste en los modelos.

Evaluación de la fuerza prensil

La fuerza prensil se midió mediante un dinamómetro hidráulico Baseline®, con peso de 638 gramos, ajuste de agarre entre 1,35 y 3,35 pulgadas y rango de medición de 0,0 a 90,0 kg/f. Este instrumento ha mostrado precisión y confiabilidad para la medición de la fuerza de agarre en diferentes poblaciones (Vasava et al., 2021).

El procedimiento siguió las recomendaciones de la American Society of Hand Therapists [ASHT] (1992). Cada participante permaneció sentado en una silla con respaldo, con el hombro en posición neutra, el codo flexionado a 90°, el antebrazo en posición neutra y la muñeca en posición funcional. Se realizaron tres intentos por cada mano, separados por al menos un minuto de descanso. Para el análisis se utilizó el promedio de los tres intentos correspondientes a cada mano, con el propósito de reducir la influencia del error aleatorio de medición. Las mediciones se conservaron como fuerza prensil derecha e izquierda. Debido a que no se registró la dominancia manual, no se interpretaron como mano dominante y no dominante.

Antropometría

La adiposidad central se evaluó mediante la CC y el ICT. La CC se midió con una cinta métrica flexible, inextensible y graduada en milímetros, ubicada en el punto medio entre la última costilla flotante y la cresta ilíaca, al final de una espiración normal. Se realizaron dos mediciones consecutivas y se utilizó el promedio de ambas para el análisis estadístico (Marfell-Jones et al., 2012; Martínez & Ortiz, 2013).

La estatura se registró mediante tallímetro, con el participante en posición erguida y sin calzado. El ICT se calculó dividiendo la CC, expresada en centímetros, entre la estatura, también expresada en centímetros. Este indicador se incluyó por su utilidad para la valoración de adiposidad central y riesgo cardiometabólico en población pediátrica (Ashwell & Gibson, 2016; Ministerio de Salud y Protección Social, 2016).

Análisis de datos

La depuración y el análisis descriptivo de los datos se realizaron mediante IBM SPSS Statistics®, versión 28. Las variables categóricas se resumieron mediante frecuencias absolutas y relativas. En las variables cuantitativas se evaluó la distribución mediante inspección gráfica y la prueba de Kolmogorov-Smirnov con corrección de Lilliefors; aquellas con distribución compatible con normalidad se expresaron como media y desviación estándar, y las restantes como mediana y rango intercuartílico.

La FPD y la FPI, calculadas a partir del promedio de tres intentos por mano, se analizaron como variables predictoras continuas. Debido a que no se registró la dominancia manual, las mediciones se conservaron como derecha e izquierda. La CC y el ICT se consideraron variables de resultado continuas y se analizaron en modelos independientes.

Para determinar la capacidad predictiva de la fuerza prensil se estimaron modelos de regresión lineal multivariable independientes para FPD y FPI. Previamente, se evaluó la interacción entre cada medida de fuerza y el sexo; al no encontrarse evidencia significativa de modificación del efecto, el sexo se mantuvo como covariable de ajuste. Los supuestos de los modelos se evaluaron mediante análisis de residuos, prueba RESET de Ramsey, Shapiro-Wilk, Breusch-Pagan, Durbin-Watson y factor de inflación de la varianza (VIF), además de residuos estudentizados, leverage y distancia de Cook. Ante la presencia de heterocedasticidad en algunos modelos, se utilizaron errores estándar robustos HC3, y cuando se identificó posible no linealidad se realizó un análisis de sensibilidad incorporando un término cuadrático.

Los resultados se expresaron mediante coeficientes B y β, intervalos de confianza robustos del 95 %, valores de p y R^2 ajustado. El desempeño predictivo se evaluó mediante validación cruzada de 10 pliegues repetida 10 veces, utilizando la raíz del error cuadrático medio (RMSE-CV), el error absoluto medio (MAE) y el coeficiente de determinación mediante validación cruzada (R^2cv). Se estableció un nivel de significancia de $p < 0,05$.

Resultados

La muestra estuvo conformada por 98 adolescentes escolarizados, con una distribución equitativa según sexo: 49 hombres (50,0 %) y 49 mujeres (50,0 %). La edad presentó una mediana de 16,00 años (RIC = 1,00). En relación con la fuerza muscular, la FPD presentó una mediana de 26,50 kg/f (RIC =

13,90), mientras que la FPI mostró una media de 24,85 ± 10,15 kg/f. Respecto a los indicadores de adiposidad central, la CC presentó una media de 74,58 ± 8,97 cm, y el ICT una mediana de 0,45 (RIC = 0,07). Las características descriptivas de la muestra se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Características descriptivas de la muestra

Variable	n (%) / n	Resultado
Sexo		
Femenino	49 (50,0 %)	—
Masculino	49 (50,0 %)	—
Edad	98	16,00 (RIC = 1,00)
FPD	98	26,50 (RIC = 13,90)
FPI	98	24,85 ± 10,15
CC	98	74,58 ± 8,97
ICT	98	0,45 (RIC = 0,07)

Nota. FPD: fuerza prensil derecha; FPI: fuerza prensil izquierda; CC: circunferencia de cintura; ICT: índice cintura-talla; DE: desviación estándar; RIC: rango intercuartílico; kg/f: kilogramos-fuerza. Las variables con distribución compatible con normalidad se presentan como media ± DE; las variables con distribución no normal se presentan mediante mediana y RIC.

Los modelos de regresión lineal ajustados por sexo se presentan en la Tabla 2. En el modelo con la CC como variable dependiente, la FPD mostró una asociación positiva con la CC (B = 0,260; β = 0,256; IC 95 % robusto: −0,018 a 0,539); sin embargo, después de utilizar errores estándar robustos HC3, esta asociación no alcanzó significancia estadística (p = 0,067). El modelo presentó un R^2 ajustado de 0,055. De manera similar, la FPI mostró una asociación positiva con la CC (B = 0,356; β = 0,404; IC 95 % robusto: −0,031 a 0,744; p = 0,071), con un R^2 ajustado de 0,118. Para el ICT, la FPD presentó un coeficiente positivo, aunque no estadísticamente significativo (B = 0,0011; β = 0,181; IC 95 % robusto: −0,0006 a 0,0028; p = 0,213), y el modelo explicó una proporción limitada de la variabilidad del desenlace (R^2 ajustado = 0,004). La FPI también mostró un coeficiente positivo respecto al ICT (B = 0,0016; β = 0,301; IC 95 % robusto: −0,0007 a 0,0039; p = 0,180), con un R^2 ajustado de 0,041.

Tabla 2. Modelos de regresión lineal ajustados por sexo

Modelo	Variable dependiente	Variable	B	β	IC 95 % robusto HC3	p	R^2 ajustado
1	CC	FPD	0,26	0,256	−0,018 a 0,539	0,067	0,055
		Sexo	0,454	0,025	−3,962 a 4,869	0,839	
2	CC	FPI	0,356	0,404	−0,031 a 0,744	0,071	0,118
		Sexo	−1,071	−0,060	−5,935 a 3,793	0,663	
3	ICT	FPD	0,001	0,181	−0,0006 a 0,0028	0,213	0,004
		Sexo	−0,021	−0,199	−0,049 a 0,007	0,134	
4	ICT	FPI	0,002	0,301	−0,0007 a 0,0039	0,180	0,041
		Sexo	−0,029	−0,269	−0,059 a 0,001	0,062	

Nota. CC: circunferencia de cintura; ICT: índice cintura-talla; FPD: fuerza prensil derecha; FPI: fuerza prensil izquierda; B: coeficiente de regresión no estandarizado; β: coeficiente estandarizado; IC 95 %: intervalo de confianza del 95 %. Los intervalos de confianza y valores de p se estimaron mediante errores estándar robustos HC3. Sexo codificado como 0 = femenino y 1 = masculino. R^2 ajustado corresponde al ajuste del modelo en la muestra.

La evaluación del desempeño predictivo mediante validación cruzada evidenció una capacidad de generalización limitada de los modelos (Tabla 3). Para la CC, el modelo que incorporó la FPD presentó un RMSE-CV de 8,85 cm, un MAE-CV de 6,59 cm y un R^2cv de 0,014. El modelo con FPI presentó un RMSE-CV de 8,76 cm, un MAE-CV de 6,78 cm y un R^2cv de 0,036. Aunque este último mostró un R^2cv ligeramente superior, ambos modelos explicaron una proporción reducida de la variabilidad de la CC en las predicciones fuera de muestra. Para el ICT, los modelos con FPD y FPI mostraron valores similares de error predictivo. El modelo con FPD presentó un RMSE-CV de 0,054, un MAE-CV de 0,040 y un R^2cv de −0,037, mientras que el modelo con FPI presentó un RMSE-CV de 0,054, un MAE-CV de 0,041 y un R^2cv de −0,037.

Tabla 3. Desempeño predictivo mediante validación interna

Modelo	Desenlace	Predictor	RMSE-CV	MAE-CV	R^2cv
1	CC	FPD + sexo	8,85 cm	6,59 cm	0,014
2	CC	FPI + sexo	8,76 cm	6,78 cm	0,036
3	ICT	FPD + sexo	0,054	0,04	−0,037
4	ICT	FPI + sexo	0,054	0,041	−0,037

Nota. RMSE-CV: raíz del error cuadrático medio obtenida mediante validación cruzada; MAE-CV: error absoluto medio mediante validación cruzada; R^2cv: coeficiente de determinación obtenido a partir de las predicciones fuera de muestra. Valores menores de RMSE y MAE indican menor error predictivo; valores mayores de R^2cv indican mejor capacidad de generalización interna.

Los diagnósticos de regresión no evidenciaron multicolinealidad relevante ni problemas importantes de independencia de los errores. Se identificaron desviaciones de la normalidad de los residuos y heterocedasticidad en algunos modelos; por ello, los intervalos de confianza y valores de p se estimaron mediante errores estándar robustos HC3. El modelo de CC con FPD mostró evidencia de posible no linealidad (RESET, p = 0,028). En el análisis de sensibilidad, el término cuadrático de FPD fue significativo (B = −0,0256; p = 0,036), aunque la capacidad predictiva del modelo permaneció limitada (R^2 ajustado = 0,095). No se encontró evidencia de modificación del efecto por sexo en ninguno de los modelos (todos los valores de p de interacción > 0,05), por lo que el sexo se mantuvo como covariable de ajuste. Los diagnósticos completos y los análisis de sensibilidad se presentan en las Tablas suplementarias S1 y S2.

Tabla suplementaria S1. Diagnóstico de los modelos

Modelo	Shapiro-Wilk p	Breusch-Pagan p	Durbin-Watson	VIF máximo	RESET p
CC ← FPD + sexo	<0,001	0,786	1,711	1,784	0,028
CC ← FPI + sexo	0,04	0,003	1,772	1,665	0,86
ICT ← FPD + sexo	0,001	0,764	1,711	1,784	0,976
ICT ← FPI + sexo	0,015	0,016	1,748	1,665	0,572

Nota. CC: circunferencia de cintura; ICT: índice cintura-talla; FPD: fuerza prensil derecha; FPI: fuerza prensil izquierda; VIF: factor de inflación de la varianza; RESET: prueba de especificación de Ramsey. Debido a las desviaciones observadas, los intervalos de confianza y valores de p de los modelos principales fueron estimados mediante errores estándar robustos HC3.

Tabla suplementaria S2. Análisis de sensibilidad y modificación del efecto por sexo

Análisis	Desenlace	Predictor evaluado	Resultado	p
Interacción	CC	FPD × sexo	No significativa	0,301
Interacción	CC	FPI × sexo	No significativa	0,601
Interacción	ICT	FPD × sexo	No significativa	0,416
Interacción	ICT	FPI × sexo	No significativa	0,766
Sensibilidad no lineal	CC	FPD^2	B = −0,0256	0,036

Nota. Al no encontrarse evidencia de interacción entre sexo y fuerza prensil, el sexo se mantuvo como covariable de ajuste en los modelos principales. En el modelo CC–FPD se identificó evidencia de una relación no estrictamente lineal, por lo que se incorporó FPD^2 como análisis de sensibilidad. El modelo cuadrático presentó R^2 ajustado = 0,095 y un desempeño predictivo ligeramente superior al modelo lineal, aunque su capacidad de generalización permaneció limitada.

Discusión

El principal hallazgo del presente estudio indica que la fuerza prensil absoluta presenta una capacidad predictiva limitada sobre la adiposidad central en adolescentes escolarizados. Aunque los coeficientes de la fuerza prensil derecha e izquierda muestran una relación positiva con la CC, ninguno alcanza significancia estadística después de aplicar inferencia robusta HC3. Asimismo, el desempeño obtenido mediante validación cruzada es reducido, particularmente para el ICT, cuyos valores negativos de R^2cv indican que los modelos no mejoran la predicción obtenida mediante un modelo de referencia basado en la media del desenlace.

Estos resultados pueden explicarse, en parte, por la naturaleza de la fuerza prensil utilizada en este estudio. La fuerza absoluta depende no solo de la capacidad muscular, sino también de características antropométricas y de composición corporal. En un estudio reciente, Santos Labrador et al. (2026) desarrollaron un modelo predictivo de fuerza prensil en 867 adolescentes y encontraron que edad, sexo, índice de masa corporal y porcentaje de grasa corporal se encontraban entre los principales predictores. Su modelo alcanzó un R^2 aproximado de 0,48 mediante validación cruzada, lo que confirma que una proporción importante de la variabilidad de la fuerza prensil está determinada por características corporales del adolescente. En este sentido, la relación positiva observada entre fuerza absoluta y CC en el presente estudio podría reflejar parcialmente el efecto compartido del tamaño corporal sobre ambas variables, más que una capacidad específica de la fuerza prensil para estimar adiposidad central.

Esta interpretación coincide con evidencia reciente que distingue claramente entre fuerza prensil absoluta y relativa. Xu et al. (2024), en 1.323 adolescentes, encontraron que una mayor fuerza de agarre

absoluta se asociaba inicialmente con una mayor carga alostática, mientras que la fuerza relativa, expresada en función del peso corporal, mostró una asociación inversa más consistente con dicha carga fisiológica. Estos resultados respaldan la posibilidad de que la normalización por tamaño corporal modifique sustancialmente la interpretación de la relación entre fuerza muscular y riesgo metabólico.

De manera similar, Li et al. (2025), en una muestra de 4.072 niños y adolescentes, observaron que las medidas de fuerza específicas para el peso y la fuerza prensil relativa presentaban una relación más consistente con el riesgo cardiometabólico que las referencias basadas exclusivamente en edad. Los autores identificaron además una relación dosis-respuesta entre menor fuerza ajustada por características corporales y mayor riesgo cardiometabólico. Estos hallazgos aportan una explicación para el bajo desempeño predictivo encontrado en el presente estudio, dado que la fuerza se analizó en valores absolutos y no normalizada por peso, índice de masa corporal o masa magra.

La evidencia de síntesis más reciente refuerza esta interpretación. García-Hermoso et al. (2025), en un estudio transversal acompañado de revisión sistemática y metaanálisis que integró más de 10.000 participantes, encontraron que la fuerza prensil normalizada por peso corporal presentó una capacidad discriminativa clínicamente relevante para identificar riesgo cardiometabólico en población pediátrica. En adolescentes de 13 a 18 años, las áreas bajo la curva alcanzaron aproximadamente 0,80 en mujeres y 0,79 en hombres. De forma consistente, Lee et al. (2024) identificaron en su metaanálisis un punto de corte aproximado de 0,422 para fuerza prensil relativa en la identificación de riesgo de síndrome metabólico en niños y adolescentes. En conjunto, estos resultados sugieren que la normalización de la fuerza respecto al tamaño corporal puede ofrecer mayor utilidad cardiometabólica que el empleo aislado de fuerza absoluta.

El comportamiento diferente observado entre CC e ICT también resulta relevante. En los modelos del presente estudio, la fuerza prensil muestra una señal predictiva ligeramente mayor para la CC que para el ICT, aunque su capacidad predictiva y de generalización permanece baja. Esta diferencia puede relacionarse con que tanto la fuerza absoluta como la CC se encuentran influenciadas por el tamaño corporal durante el crecimiento, mientras que el ICT incorpora la estatura en su cálculo y atenúa parcialmente dicha influencia. Por ello, una asociación entre fuerza absoluta y CC no necesariamente implica que la fuerza muscular constituya un marcador independiente de adiposidad. Esta consideración es particularmente importante durante la adolescencia, cuando el aumento de masa magra, estatura y dimensiones corporales ocurre simultáneamente con cambios en la distribución del tejido adiposo.

Otro aspecto relevante corresponde al sexo. En el presente estudio no se encuentra evidencia de interacción significativa entre sexo y fuerza prensil, por lo que el sexo se mantiene como covariable de ajuste. Sin embargo, la ausencia de interacción estadística en esta muestra no implica que las diferencias sexuales carezcan de relevancia fisiológica. Santos Labrador et al. (2026) identifican el sexo como uno de los predictores relevantes de fuerza prensil en adolescentes, mientras que García-Hermoso et al. (2025) muestran puntos de corte y rendimiento diagnóstico diferenciados según sexo y etapa del desarrollo. Estos antecedentes respaldan la decisión de mantener el sexo dentro de los modelos, aunque los datos actuales no justifican una estratificación específica por esta variable.

Los resultados también deben interpretarse considerando el carácter multifactorial de la adiposidad y del riesgo cardiometabólico. Estudios longitudinales recientes muestran que la fuerza relativa puede asociarse con desenlaces metabólicos posteriores. Jun et al. (2025), mediante seguimiento desde la infancia hasta la adolescencia, encontraron que mayores niveles de fuerza prensil relativa en la infancia se asociaban prospectivamente con menores puntuaciones de síndrome metabólico, menor HOMA-IR y menores concentraciones de insulina durante la adolescencia. Esta evidencia sugiere que el valor de la fuerza muscular como marcador de salud puede apreciarse mejor cuando se normaliza por tamaño corporal y cuando se examina longitudinalmente, condiciones diferentes a las del presente estudio transversal.

Desde el punto de vista metodológico, la incorporación de validación cruzada permite distinguir entre el ajuste aparente de los modelos dentro de la muestra y su capacidad para realizar predicciones en observaciones no utilizadas directamente para su estimación. En este estudio, la FPI presenta el mayor R^2 ajustado para CC, pero su R^2cv es únicamente 0,036, lo que evidencia que la capacidad de generalización interna sigue siendo reducida. Esta diferencia resulta especialmente importante porque evita in-

terpretar un mejor ajuste dentro de la muestra como evidencia suficiente de utilidad predictiva. En contraste, Santos Labrador et al. (2026) alcanzan un R^2 de 0,48 utilizando una muestra considerablemente mayor, múltiples predictores antropométricos y un procedimiento de validación cruzada anidada. Aunque el desenlace de ese estudio es la propia fuerza prensil y, por tanto, no es directamente comparable con el presente trabajo, la comparación ilustra la importancia del tamaño muestral, la selección de predictores y la validación interna en el desarrollo de modelos predictivos.

El análisis de sensibilidad también evidencia que la relación entre FPD y CC puede no ser estrictamente lineal. La incorporación del término cuadrático mejora parcialmente el ajuste del modelo, aunque la capacidad predictiva continúa siendo limitada. Este hallazgo debe interpretarse con prudencia y considerarse principalmente como una señal para investigaciones posteriores, dado el tamaño reducido de la muestra y el riesgo de obtener relaciones inestables al aumentar la complejidad del modelo.

Entre las limitaciones del estudio se encuentran el tamaño muestral, el muestreo no probabilístico por conveniencia y la procedencia de los participantes de una sola institución educativa, factores que restringen la validez externa de los hallazgos. Además, no se dispone de información sobre dominancia manual, maduración biológica ni mediciones directas de composición corporal, variables que podrían contribuir a explicar la relación entre fuerza muscular y adiposidad. El diseño transversal tampoco permite establecer relaciones temporales o causales. Aunque la validación cruzada aporta información sobre generalización interna, no sustituye la validación externa en una población independiente.

Como fortalezas, el estudio utiliza el promedio de tres mediciones de fuerza por mano, evalúa formalmente la posible modificación del efecto por sexo, examina los principales supuestos de regresión, emplea errores estándar robustos HC3 y complementa el ajuste de los modelos con indicadores de desempeño fuera de muestra. En conjunto, estos elementos permiten una interpretación más prudente de la capacidad predictiva de la fuerza prensil absoluta.

Los hallazgos indican que la dinamometría manual puede aportar información complementaria sobre la condición muscular en adolescentes, pero la fuerza prensil absoluta no debe utilizarse de manera aislada para estimar adiposidad central. Futuros estudios deberían evaluar fuerza relativa, composición corporal, maduración biológica, dominancia manual y actividad física mediante muestras más amplias y representativas, además de incorporar validación externa de los modelos.

Conclusiones

La fuerza prensil absoluta mostró una capacidad predictiva limitada sobre la adiposidad central en los adolescentes escolarizados evaluados. Aunque se observaron asociaciones bivariadas con la CC, estas no mantuvieron significancia estadística en los modelos multivariables ajustados por sexo con inferencia robusta.

La FPI presentó la mayor capacidad predictiva para la CC; sin embargo, la varianza explicada fue baja y la validación cruzada evidenció una generalización interna reducida. Para ICT, los modelos mostraron un desempeño predictivo limitado. No se identificó modificación del efecto por sexo, por lo que esta variable se mantuvo como covariable de ajuste. En conjunto, la fuerza prensil absoluta no constituyó un predictor suficiente de adiposidad central en esta muestra.

Futuros estudios deberían incorporar muestras más amplias, fuerza prensil relativa, dominancia manual, composición corporal, maduración biológica, actividad física y validación externa en otras poblaciones escolares.

Afiliación de los autores

Sandra Edith González Vargas. Fisioterapeuta, Magíster en Fisioterapia del Deporte y la Actividad Física. Docente de tiempo completo del Programa de Fisioterapia, Escuela de Cuidado de la Salud, Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de los Llanos, Colombia.

Sergio Alejandro Quijano Duarte. Fisioterapeuta, Especialista en Entrenamiento Deportivo y Magíster en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Docente de la Escuela de Ciencias de la Salud (ECISA) de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), Colombia.

Doraly Muñoz Acuña. Docente de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de los Llanos, Colombia.

Referencias

American Society of Hand Therapists. (1992). *Clinical assessment recommendations* (2nd ed.).

Ashwell, M., & Gibson, S. (2016). Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': Simpler and more predictive than using a 'matrix' based on BMI and waist circumference. *BMJ Open, 6(*3), Article e010159. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-010159

Asociación Médica Mundial. (2024). *Declaración de Helsinki de la AMM: Principios éticos para las investigaciones médicas con participantes humanos.* https://www.wma.net/es/policies-post/declaracion-de-helsinki-de-la-amm-principios-eticos-para-las-investigaciones-medicas-en-seres-humanos/

Castro-Piñero, J., Laurson, K. R., Artero, E. G., Ortega, F. B., Labayen, I., Ruperez, A. I., Zaqout, M., Manios, Y., Vanhelst, J., Marcos, A., Polito, A., Gonzalez-Gross, M., Widhalm, K., Moreno, L. A., Gutierrez, A., & Ruiz, J. R. (2019). Muscle strength field-based tests to identify European adolescents at risk of metabolic syndrome: The HELENA study. *Journal of Science and Medicine in Sport, 22(*8), 929–934. https://doi.org/10.1016/j.jsams.2019.04.008

Confortin, S. C., Gómez Aristizábal, L. Y., Bragança, M. L. B. M., Cavalcante, L. C., Alves, J. D. A., Batista, R. F. L., Simões, V. M. F., Viola, P. C. A. F., Barbosa, A. R., & Silva, A. A. M. (2022). Are fat mass and lean mass associated with grip strength in adolescents? *Nutrients, 14*(16), Article 3259. https://doi.org/10.3390/nu14163259

Cossio-Bolaños, M., Vidal-Espinoza, R., Castelli Correia de Campos, L. F., Vaz-Ronque, E. R., Lázari, E., Fuentes-López, J., de Arruda, M., Sulla-Torres, J., & Gomez-Campos, R. (2025). Linear and nonlinear relationship between chronological age and maturity status with handgrip strength in children and adolescents. *Frontiers in Pediatrics, 13*, Article 1516798. https://doi.org/10.3389/fped.2025.1516798

de Lima, T. R., Martins, P. C., Torre, G. L., Mannocci, A., Silva, K. S., & Silva, D. A. S. (2021). Association between muscle strength and risk factors for metabolic syndrome in children and adolescents: A systematic review. *Journal of Pediatric Endocrinology and Metabolism, 34*(1), 1–12. https://doi.org/10.1515/jpem-2020-0135

Galindo-Perdomo, F., Salamanca Hernández, L. F., & García-Cardona, D. M. (2025). Correlation of muscle quality index and body composition in Colombian adolescent schoolchildren. *Retos, 67*, 196–205. https://doi.org/10.47197/retos.v67.111015

García-Hermoso, A., Yáñez-Sepúlveda, R., Hormazábal-Aguayo, I., Muñoz-Pardeza, J., Martínez-Vizcaíno, V., Hurtado-Almonacid, J., & Ezzatvar, Y. (2025). Handgrip strength thresholds to detect cardiometabolic risk in youth: Cross-sectional study and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle, 16*(5), Article e70091. https://doi.org/10.1002/jcsm.70091

Jun, S., Park, H., Lee, H., Lee, H. A., Hong, Y. S., & Park, H. (2025). Prospective association between handgrip strength in childhood and the metabolic syndrome score and insulin resistance indices in adolescence: An analysis based on the Ewha Birth and Growth Study. *Epidemiology and Health, 47,* Article e2025001. https://doi.org/10.4178/epih.e2025001

Lee, H. A., Jun, S., & Park, H. (2024). Handgrip strength thresholds associated with metabolic syndrome risk in children and adolescents: A systematic review and meta-analysis. *Epidemiology and Health, 46*, Article e2024047. https://doi.org/10.4178/epih.e2024047

Li, Z., Wu, C., Song, Y., Li, Y., Zhao, X., Shang, Y., Zheng, R., Su, H., Su, Q., Li, Y., Fu, R., Lu, W., Xiong, J., & Su, Z. (2025). Weight-specific grip strength as a novel indicator associated with cardiometabolic risk in children: The EMSNGS study. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism, 110*(3), 624–633. https://doi.org/10.1210/clinem/dgae673

Marfell-Jones, M., Stewart, A., & de Ridder, J. (2012). *International standards for anthropometric assessment*. International Society for the Advancement of Kinanthropometry.

Martínez, J., & Ortiz, M. (2013). Manual básico para estudios de salud pública, nutrición comunitaria y epidemiología nutricional. Universidad de Alicante. https://rua.ua.es/bitstream/10045/28100/1/Martinez_y_Ortiz_ANTROPOMETRIA_manual_basico_SP_NC_y_Epi_2013.pdf

Martínez-Torres, J., Gallo-Villegas, J. A., & Aguirre-Acevedo, D. C. (2022). Características antropométricas y de composición corporal asociadas a la fuerza prensil manual en niños y adolescentes. Una revisión sistemática exploratoria. *Andes Pediátrica, 93*(6), 906–917. https://doi.org/10.32641/andespediatr.v93i6.4408

Ministerio de Salud. (1993). Resolución 8430 de 1993. *Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.* https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf

Ministerio de Salud y Protección Social. (2016). *Resolución 2465 de 2016. Por la cual se adoptan los indicadores antropométricos, patrones de referencia y puntos de corte para la clasificación antropométrica del estado nutricional de niñas, niños y adolescentes menores de 18 años de edad, adultos de 18 a 64 años de edad y gestantes adultas y se dictan otras disposiciones.* https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/resolucion_no._2465_del_14_de_junio_de_2016.pdf

Pacheco-Herrera, J. D., Ramírez-Vélez, R., & Correa-Bautista, J. E. (2016). Índice general de fuerza y adiposidad como medida de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL. *Nutrición Hospitalaria, 33*(3), 556–564. https://doi.org/10.20960/nh.261

Ramírez-Vélez, R., Morales, O., Peña-Ibagon, J. C., Palacios-López, A., Prieto-Benavides, D. H., Vivas, A., Correa-Bautista, J. E., Lobelo, F., Alonso-Martínez, A. M., & Izquierdo, M. (2017a). Normative reference values for handgrip strength in Colombian schoolchildren: The FUPRECOL study. *Journal of Strength and Conditioning Research, 31(*1), 217–226. https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001459

Ramírez-Vélez, R., Peña-Ibagon, J. C., Martínez-Torres, J., Tordecilla-Sanders, A., Correa-Bautista, J. E., Lobelo, F., & García-Hermoso, A. (2017b). Handgrip strength cutoff for cardiometabolic risk index among Colombian children and adolescents: The FUPRECOL study. *Scientific Reports, 7,* Article 42622. https://doi.org/10.1038/srep42622

Santos Labrador, R. M., Bertamini, G., Melero Ventola, A. R., & Zandonai, T. (2026). Predictive modelling on handgrip strength in adolescents. *Retos, 76*, 668–679. https://doi.org/10.47197/retos.v76.118298

Triana-Reina, H. R., Ortiz-Pacheco, L. E., & Ramírez-Vélez, R. (2022). Menores valores de fuerza de prensión manual se asocian a incremento de los niveles de adiposidad y exceso de peso: Un estudio transversal. *Nutrición Hospitalaria, 39*(4), 752–759. https://doi.org/10.20960/nh.04004

Vasava, S., Sorani, D., & Rathod, S. (2021). Reliability study of manual and digital handheld dynamometers for measuring hand grip strength. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research, 8*(1), 470–475. http://www.jetir.org/papers/JETIR2101268.pdf

Xu, H., Wang, X., Xiao, W., Xie, Y., Zhang, X., Xu, S., Wan, Y., & Tao, F. (2024). Comparison between grip strength and relative grip strength in their relationship with allostatic load among adolescents. *BMC Public Health, 24*, Article 2596. https://doi.org/10.1186/s12889-024-20129-0

Zong, X., Kelishadi, R., Hong, Y. M., Schwandt, P., Matsha, T. E., Mill, J. G., Whincup, P. H., Pacifico, L., López-Bermejo, A., Caserta, C. A., Medeiros, C. C. M., Kollias, A., Qorbani, M., Jazi, F. S., Haas, G. M., de Oliveira Alvim, R., Zaniqueli, D., Chiesa, C., Bassols, J., ... Xi, B. (2023). Establishing international optimal cut-offs of waist-to-height ratio for predicting cardiometabolic risk in children and adolescents aged 6–18 years. *BMC Medicine, 21,* Article 442. https://doi.org/10.1186/s12916-023-03169-y

Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Sandra Edith González Vargas	sgonzalezvargas@unillanos.edu.co	Autora
Sergio Alejandro Quijano Duarte	sergioa.quijano@unad.edu.co	Autor
Doraly Muñoz Acuña	dmunozacuna@unillanos.edu.co	Autora