



Original/Pediatría

Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia

Francisco Javier Rodríguez Valero¹, Julián Alberto Gualteros¹, Jorge Andrés Torres¹,
Luz Marina Umbarila Espinosa¹ y Robinson Ramírez-Vélez^{1,2}

¹Facultad de Salud, Programa de Maestría en Ciencias y Tecnologías del Deporte y la Actividad Física, Universidad Manuela Beltrán, Bogotá, D.C. ²Grupo de Ejercicio Físico y Deporte, Facultad de Salud, Universidad Manuela Beltrán, Bogotá, D.C. Colombia.

Resumen

Objetivo: la evidencia epidemiológica y experimental sugieren que la disminución de la fuerza muscular en las etapas tempranas de la vida se asocia de manera independiente con la presencia de factores de riesgo asociados a enfermedad cardiometabólica en la edad adulta. El objetivo de este estudio fue examinar la asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos: estudio transversal, realizado en 921 niños y adolescentes de entre 9 y 17 años de Bogotá, Colombia. Se calculó el Índice General de Fuerza (IGF) como marcador del desempeño muscular con las pruebas de salto longitud sin impulso, salto vertical y dinamometría manual. El IGF se recodificó en cuartiles, siendo el cuartil (Q4) la posición con mejor valor del desempeño muscular. El índice de masa corporal (IMC), los pliegues cutáneos, la circunferencia de cintura y de cadera, la composición corporal por bioimpedancia (BIA), la tensión arterial y la autodeclaración de maduración sexual se midieron como indicadores del bienestar físico asociados a enfermedad cardiovascular futura.

Resultados: la edad media de los evaluados fue $13,0 \pm 2,6$ años. Los participantes con mejor desempeño muscular (Q4) presentaron un bienestar físico más saludable en los indicadores IMC, tensión arterial, porcentaje de grasa y circunferencia de cintura, p (χ^2 lineal) = 0,01. Los individuos con menor desempeño muscular (Q1-3) presentaron 4,06 veces (IC 95% 2,60–6,34; $p = 0,043$) riesgo de exceso de grasa corporal y 1,57 veces (IC 95% 1,02–1,89; $p = 0,020$) riesgo de obesidad abdominal.

Conclusión: el mejor desempeño muscular se asoció con mejores indicadores del bienestar físico. La evaluación de la fuerza muscular en edades tempranas permitirá implementar programas de prevención de riesgo cardiovascular y metabólico futuros.

(Nutr Hosp. 2015;32:1559-1566)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9310

Palabras clave: Fuerza muscular. Niños. Adolescentes. Riesgo cardiovascular. Colombia.

Correspondencia: Robinson Ramírez Vélez.
Universidad Manuela Beltrán.
Avenida Circunvalar N.º 60-00. Bogotá, D.C., Colombia.
E-mail: robin640@hotmail.com

Recibido: 25-V-2015.
Aceptado: 26-VI-2015.

ASSOCIATION BETWEEN MUSCULAR FITNESS AND PHYSICAL HEALTH STATUS AMONG CHILDREN AND ADOLESCENTS FROM BOGOTÁ, COLOMBIA

Abstract

Objective: epidemiological and experimental evidence suggest the role of muscular strength has been increasingly recognized in the prevention of chronic disease in early life, and features of the cardiometabolic disease have also been negatively associated with muscle strength in adulthood. The aim of this study was to examine whether the association between muscular fitness and physical health status among children and adolescents from Bogotá, Colombia.

Methods: cross-sectional study in 921 schoolchildren aged 8-11 years from Bogotá, Colombia. A muscular fitness score (MFS) was measured using handgrip strength and standing long jump and vertical jump. Each of these variables was standardized as follows: standardized value = (value - mean)/SD. The muscle fitness score was calculated as the mean of the three standardized scores. MFS was recoded into quartiles Q1 (low fitness) to Q4 (high fitness). The body mass index (BMI), skinfold thickness, waist and hip circumference, body composition by bioimpedance (BIA), blood pressure and self-declaration sexual maturation were measured such as indicators associated with future cardiovascular events.

Results: the average age was 13.0 ± 2.6 years. Participants with Q4 (high fitness), show a better physical health status (BMI, blood pressure, body fat and waist circumference (BMI, blood pressure, body fat and waist circumference, p [linear X^2] = 0.01). Individuals with Q1 and Q3 (low fitness) had 4.06 times (95% CI 2.60 to 6.34; $p = 0.043$) risk of excess body fat and 1.57 times (95% CI 1.02 -1.89; $p = 0.020$) risk of abdominal obesity.

Conclusion: our results show that muscle fitness is associated with better physical health status. The testing of muscle strength at early ages should be included in health-monitoring systems.

(Nutr Hosp. 2015;32:1559-1566)

DOI:10.3305/nh.2015.32.4.9310

Key words: Muscle strength. Children. Adolescents. Cardiovascular risk. Colombia.

Introducción

La condición física relacionada con la salud (CFRS) – del inglés *health-related physical fitness*– se define como la habilidad que tiene una persona para realizar actividades de la vida diaria con vigor, y constituye una medida integrada de todas las funciones y estructuras que intervienen en su realización¹. Esta habilidad la constituyen la capacidad cardiorrespiratoria, la capacidad músculo-esquelética, la capacidad motora y la composición corporal y varios trabajos han puesto en relieve la CFRS, como un predictor independiente de todas las causas de mortalidad y morbilidad cardiovascular^{2,3}.

En estudios observacionales se ha demostrado que un bajo nivel en la CFRS, –*especialmente el desempeño muscular*–, constituye un factor independiente de riesgo para enfermedades cardio-metabólicas, por encima de los factores de riesgo como la hipertensión arterial o el sobrepeso y la obesidad^{4,5}. Recientemente, el seguimiento por 4 años en 139.691 participantes del estudio PURE (en inglés *Prospective Urban Rural Epidemiology Study*)⁶, muestra que una reducción de 5 kg en la fuerza de agarre estimado por dinamometría prensil, se asociaba de manera inversa con la mortalidad por todas las causas (HR 1,16; IC95% 1,13-1,20; $p < 0,0001$), con la mortalidad cardiovascular (HR 1,17; IC95% 1,11-1,24; $p < 0,0001$) y con eventos isquémicos coronarios (HR 1,07; IC95% 1,02-1,11; $p = 0,002$). Sobre esta misma línea, se ha reportado también que disminución en el desempeño muscular, se relaciona con la presencia de dislipidemia⁷, rigidez arterial⁸, obesidad⁹ y con menor capacidad cardiorrespiratoria¹⁰. Además, un menor nivel de fitness cardiorrespiratorio y muscular en etapas tempranas de la vida, se considera un factor independiente del bienestar físico y mental en la edad adulta¹¹, por tanto, la inclusión de este indicador de salud en los sistemas de vigilancia epidemiológica en el ámbito educativo se justifica claramente^{12,13}.

En Colombia, el estudio de la CFRS presenta variación regional, con relación invertida con algunos indicadores de la salud cardio-metabólica^{14,15}. Actualmente, existen pocos estudios comparativos entre la salud general en población infantil y adolescente con el desempeño muscular^{16,17}. El contexto escolar es un ambiente ideal para las intervenciones con actividades físicas basadas en la población en especial a los que no tienen acceso o tienen acceso limitado a las áreas de juego^{18,19}. A pesar que, la mayoría de las escuelas imparten la educación física como parte de su programa de estudios, los niños y adolescentes suelen permanecer relativamente inactivos en las mismas¹⁶.

Para identificar tempranamente escolares con bajos niveles del componente músculo-esquelético, que permitan implementar intervenciones para promover comportamientos saludables a fin de prevenir el riesgo cardio-metabólico futuro, se propuso un estudio que tuvo como objetivo fue examinar la asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos

Tipo y población de estudio

El presente trabajo es un análisis secundario del Proyecto FUPRECOL (ASOCIACIÓN DE LA FUERZA PRENSIL CON MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN NIÑOS Y ADOLESCENTES COLOMBIANOS). Se trata de un estudio de corte transversal, realizado en 4.000 niños y adolescentes en edad escolar de entre 9 y 17 años de edad residentes en el área metropolitana del Distrito de Bogotá, Colombia (2480msnm). Se tomó como referencia poblacional los 546.000 registros de matrícula del 2013, suministrado por la Secretaria de Educación Distrital. Para este cálculo, se utilizó la ecuación $N = (\alpha_c * 0,5) / 1 + (e^2 * [N - 1])$. Donde, (N) = 546.000; (e) Precisión = 1%; Nivel de confianza $(1 - \alpha) = 99\%$; $\alpha = (0,05)$. Tras hacer una revisión sistemática^{3,5,7,10,17} de los componentes físicos, la variable que presentó una importante varianza fue el componente músculo-esquelético estimado con la fuerza prensil. Así pues, el tamaño de muestra fue calculado para estimar una diferencia entre la proporción estimada y real del 5% para un tamaño muestral de 3.131, dato que se ajustó a 4.000 sujetos por posibles pérdidas en el proceso de captación.

Para el presente estudio, se decidió seleccionar una submuestra de 930 participantes (49% niñas) de manera intencional, en 3 instituciones educativas públicas localizadas en zona urbana de Bogotá, para evaluar así, la factibilidad y pertinencia de la batería de *fitness* del Proyecto FUPRECOL. El muestreo se realizó por conveniencia en orden de llegada al punto de recolección de los datos. Para disminuir el sesgo por ser una muestra no probabilística, se le asignó –*a posteriori*– un peso muestral a cada participante, calculado a partir de la estratificación por grupos etarios (± 2 años). Para eso se tuvo en cuenta que “N” es el tamaño de la población, y “n” es el tamaño de la muestra, cuyas probabilidades de inclusión fueron $\pi_i = n/N$ y los pesos ponderales muestrales $\omega_i = n/N$. Se excluyeron alumnos con diagnóstico clínico de discapacidad física, sensorial e intelectual, enfermedades no transmisibles como diabetes tipo 1 o 2, enfermedad cardiovascular, enfermedad autoinmune, cáncer, embarazo, abuso de alcohol o drogas y en general patologías que no estén relacionadas directamente con la nutrición. La exclusión efectiva se realizó *a posteriori* (1%, $n=9$ niños), sin conocimiento del participante, respetando su dignidad con ello.

Procedimientos

Previo a las mediciones del estudio, los investigadores y profesores de educación física realizaron diez sesiones teórico-prácticas para estandarizar el proceso de evaluación. Se tomaron dos mediciones de cada

medida, como lo siguieron los autores de la batería ALPHA-FITNESS²⁰. Posterior a la obtención del consentimiento y asentimiento informado por escrito de los acudientes responsables del menor y del participante en presencia de 2 testigos, respectivamente, se aplicó la metodología para la valoración de los componentes morfológico y muscular de la batería ALPHA-FITNESS²⁰ de la siguiente manera:

Características morfológicas: Se midió el peso, la talla y circunferencias de acuerdo con los protocolos establecidos²⁰. Los participantes se pesaron sin calzado utilizando una balanza electrónica portátil marca TANITA[®] modelo TBF-410GS[™] (Arlington Heights, IL 60005, USA), con resolución 0,100 kg. La estatura se midió con un estadiómetro portátil SECA 206[®] (Hamburgo Alemania), rango 0-220 cm de 1 mm de precisión. Con el objetivo de relacionar el peso con la estatura se utilizó el índice de masa corporal (IMC). Se utilizó la fórmula propuesta por Quetelet [IMC=peso (kg)/estatura (m)²]. Los puntos de corte utilizados para la clasificación en categorías (bajo, normal, sobrepeso y obesidad) fueron adoptados según la propuesta de Cole et al.²¹ para niños de ambos sexos. La composición corporal fue estimada mediante la medición de los pliegues cutáneos (mm) de la región tricípital (PT) y subescapular (PSb) y la sumatoria (Σ pliegues= PT + PSb), de acuerdo a la línea de clivaje utilizando un compás de pliegues cutáneos Harpenden Skinfold Caliper[®] (JohnBull, British Indicators Ltd, UK) que ejerce una presión constante de 10 g/mm². Adicionalmente, se estimó con Bioimpedanciómetro BC-420 MA (TANITA[®] Corp., Tokio, Japan) de 4 electrodos, en condiciones de temperatura y humedad controladas, en reposo de al menos 15 min y tras micción previa, con el participante descalzo, en ropa ligera, con brazos separados de tórax. Este dispositivo utiliza la *dual energy X-ray absorptiometry* (DXA) como método de referencia y calcula la composición corporal en los componentes: porcentaje de grasa (%G), masa grasa, masa magra y masa muscular, basándose en estimaciones derivadas del análisis de regresión con las variables talla, peso y sexo.

Desempeño muscular: Se calculó el índice general de fuerza (IGF) mediante la determinación de tres pruebas a seguir: a) salto de longitud sin impulso y b) el salto vertical, en la que se midió la máxima distancia alcanzada en dos intentos como indicadores de fuerza explosiva de las extremidades inferiores; y c) test de dinamometría manual para evaluar la fuerza máxima de prensión manual, mediante dinamómetro digital Takei TKK 5101 (rango 5-100 kg), con dos intentos alternativos con cada mano en una posición estandarizada, de pie, con los brazos paralelos al cuerpo sin contacto alguno, como indicador de fuerza del tren superior. El valor crudo del fuerza máxima prensil (FMP) se normalizó mediante la fórmula: (promedio del FMP en kg / peso corporal en kg). Cada una de estas variables fue transformada a *z-score*, excepto la FMP. El promedio de las 3 variables transformadas se utilizó para establecer una única variable denominada IGF.

Bienestar físico: Se tomaron los criterios de riesgo cardio-metabólico para niños y adolescentes reportados por la Asociación Americana del Corazón²². Para ello, se midió la circunferencia de cintura (CC) y cadera con una cinta antropométrica inextensible (Holtain Ltd., Crymych Dyfed, RU), tomando los referentes anatómicos descritos en la batería ALPHA-FITNESS²⁰. La medida de la tensión arterial sistólica (TAS) y diastólica (TAD) se llevó a cabo tras reposo físico de 5 min, con un oscilómetro digital OMRON M10-IT (OMRON[®] Healthcare Co. Ltd., Japan). Ante la carencia de puntos de corte para niveles elevados de las variables de adiposidad, distribución de grasa y composición corporal (%G, CC) y de tensión arterial (sistólica y diastólica) en escolares de Colombia, se aplicaron los criterios del Panel de Expertos del Programa Nacional de Educación de la Salud Cardiovascular de la Asociación Americana del Corazón²² y se tomaron como referencia valores iguales o superiores al percentil 85 (>P₈₅) para el IMC y %G, percentil 75 (>P₇₅) para la CC y percentil 95 (>P₉₅) para la TAS y TAD. La maduración sexual valoró mediante distintos estadios de desarrollo madurativo siguiendo la metodología descrita por Tanner mediante la auto-declaración de la estadificación de la maduración sexual según dibujos estándar que distinguen las características de desarrollo genital y vello pubiano en varones, y desarrollo mamario y vello pubiano en mujeres. En población latina, el reporte de Matsudo et al.²³ muestra coeficientes de concordancia que superan el 0,60 (*kappa de cohen*) entre la medición directa por médico pediatra y el auto-reporte para mamas y vello pubiano en niñas (69.7–71.3%), y genitales combinados con vello pubiano en niños (60.4%).

Consideraciones éticas: El estudio se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la Resolución 008439 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que regula la investigación clínica en humanos. Antes del comienzo del estudio, se explicó detalladamente el mismo y se solicitó conformidad previa por escrito por parte de cada niño y/o adolescente y de su padre/madre o tutor/a, además del permiso otorgado por autoridades de las escuelas participantes en el estudio. El Proyecto FUPRECOL fue sometido a valoración y ha obtenido la aprobación del Comité de Investigación en Seres Humanos de las universidades participantes (UMB N° 02-1902-2014 y UR N° CEI-ABN026-000262).

Análisis estadístico: El procesamiento y análisis de la información se realizó en el programa *Statistical Package for Social Science*[®] software, versión 22 (SPSS; Chicago, IL, USA). Se efectuaron previamente pruebas de normalidad mediante los test de *Kolmogorov-Smirnov*. Los valores continuos se expresaron como media y (\pm) desviación estándar y las proporciones en porcentaje. Se aplicaron pruebas de homogeneidad de varianzas con prueba ANOVA de una vía para observar diferencias entre las variables continuas y la prueba ji cuadrado lineal (χ^2) con corrección de Yates, para diferencias entre proporciones. El IGF se recodificó en cuartiles, siendo el

cuartil (Q1) la posición con menor valor del desempeño muscular. Se calcularon *odds ratio* (OR) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) ajustados por los factores de confusión sexo, edad y maduración sexual. Para el análisis de regresión, se aplicaron métodos de selección por pasos de inclusión secuencial (*forward selection*) y de paso a paso (*step by step*). El procedimiento de incorporación de variables fue dado por finalizado cuando la significación de “p” aportada por una variable a su entrada en la regresión excedió 0,05 entre el desempeño muscular y los indicadores del bienestar físico. La significancia estadística se fijó a un valor $p < 0,05$.

Resultados

Características de la población

En la Tabla I se resumen las características morfológicas, del desempeño muscular y el bienestar físico de

los participantes. Al separar por sexo, los niños presentaron menor frecuencia de sobrepeso/obesidad según el IMC, mejor desempeño musculo-esquelético, y marcadores de bienestar físico más saludable que las niñas ($p < 0,001$). Respecto a la composición corporal, las niñas muestran valores más altos en los componentes y distribución del tejido graso (%GC, masa grasa, pliegues cutáneos tricípital y subescapular, Σ de pliegues y circunferencia de cadera), $p < 0,001$. No se encontraron diferencias por sexo en las variables edad, peso corporal, maduración sexual, IGF, cifras tensionales y CC.

Diferencias entre cuartiles de desempeño muscular y componentes del bienestar físico

Los individuos con menor desempeño muscular (Q1), presentaron mayor frecuencia de sobrepeso/obesidad por el IMC, e incremento en las variables de grasa corporal, Σ de pliegues, circunferencia de cintura, circunferencia de cadera, y tensión arterial (sistólica y diastólica), p (χ^2

Tabla I
Características morfológicas, desempeño muscular y de bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia

Características ^b	Niños (n=461)	Niñas (n=460)	Tota (n=921)	Valor p
Morfológicas				
Edad (años)	13,0 ± 2,6	13,0 ± 2,6	13,0 ± 2,6	0,970
Estatura (m)	1,51 ± 0,1	1,47 ± 0,1	1,49 ± 0,1	0,501
Peso (Kg)	45,1 ± 12,9	44,9 ± 11,6	45,0 ± 12,3	0,798
Índice de masa corporal (kg/m ²)	19,2 ± 3,0	20,1 ± 3,3	19,7 ± 3,2	0,001
Estado nutricional por IMC n,(%) ^a				
Bajo peso	174 (37,8)	123 (26,7)	297 (32,3)	0,001
Normopeso	265 (57,6)	300 (65,2)	565 (61,4)	0,001
Sobrepeso	19 (4,1)	35 (7,6)	54 (5,9)	0,001
Obesidad	3 (0,5)	2 (0,4)	5 (0,4)	0,001
Composición corporal				
Masa grasa (Kg)	7,2 ± 4,3	11,5 ± 5,4	9,3 ± 5,3	0,001
Masa magra (Kg)	37,8 ± 11,0	33,5 ± 6,9	35,6 ± 9,4	0,001
Masa muscular (Kg)	35,8 ± 10,5	31,6 ± 6,6	33,7 ± 9,0	0,001
Pliegue tricípital (mm)	10,5 ± 4,1	16,9 ± 5,1	13,7 ± 5,6	0,001
Pliegue Subescapular (mm)	9,0 ± 4,5	13,7 ± 4,8	11,3 ± 5,2	0,001
Σ Pliegues (mm)	19,6 ± 8,1	30,6 ± 9,1	25,1 ± 10,2	0,001
Circunferencia de cadera (cm)	80,2 ± 9,3	83,1 ± 9,7	81,7 ± 9,6	0,001
Desempeño muscular				
Salto vertical	30,5 ± 10,1	24,3 ± 6,4	27,4 ± 9,0	0,001
Salto de longitud	139,0 ± 34,7	108,1 ± 21,6	123,6 ± 32,8	0,001
Fuerza prensil	23,0 ± 10,2	16,8 ± 5,4	19,9 ± 8,7	0,001
Fuerza máxima prensil (FMp)/Peso (kg)	0,493 ± 0,125	0,386 ± 0,234	0,439 ± 0,195	0,001
IGF	0,036 ± 0,982	0,027 ± 1,020	0,005 ± 1,001	0,342
Bienestar físico				
Tensión arterial sistólica (mmHg)	106,3 ± 14,9	106,5 ± 13,2	106,4 ± 14,1	0,815
Tensión arterial diastólica (mmHg)	65,8 ± 10,5	65,8 ± 10,0	65,8 ± 10,2	0,929
Circunferencia de cintura (cm)	65,3 ± 7,8	65,7 ± 7,6	65,5 ± 7,7	0,457
Grasa corporal (%)	16,0 ± 7,1	24,3 ± 5,9	20,1 ± 7,7	0,001
Maduración sexual por Tanner n,(%) ^a				
1	141 (30,6)	164 (35,7)	305 (33,2)	0,309
2	159 (34,6)	158 (34,3)	317 (34,5)	0,458
3	161 (34,8)	138 (30,0)	299 (33,4)	0,674

^aDiferencias con prueba (χ^2). ^bDiferencias con prueba ANOVA de una vía. IGF: Índice general de fuerza.

lineal) = 0,01. Por otro lado, los participantes ubicados en la categoría de mayor valor IGF (Q4), presentaron una mejor composición corporal y un mejor desempeño en la pruebas del componente musculo-esquelético, tabla II.

Relación entre el desempeño muscular y componentes del bienestar físico relacionados con riesgo cardiovascular temprano

La figura 1, muestra que los participantes con mejor desempeño muscular, presentan menor frecuencia en los componentes del bienestar físico asociados a enfermedad cardiovascular temprana IMC, tensión arterial (sistólica y diastólica), porcentaje de grasa y circunferencia de cintura, p (χ^2 lineal) = 0,01.

Asociación entre el desempeño muscular y componentes del bienestar físico

Los participantes con menor desempeño muscular (Q1-3) mostraron 4,06 veces (IC 95% 2,60–6,34; $p = 0,043$)

riesgo de presentar exceso de grasa corporal ($> P_{85}$) y 1,57 veces (IC 95% 1,02–1,89; $p = 0,020$) riesgo de presentar mayores obesidad abdominal por incremento en la circunferencia de cintura ($> P_{75}$). No se encontraron asociaciones en los demás marcadores relacionados con riesgo cardiovascular temprano, (Tabla III).

Discusión

Basados en los resultados obtenidos en el presente trabajo, un mejor desempeño muscular, se asoció con mejores indicadores del bienestar físico. El papel de una menor CFRS como factor de riesgo independiente supera incluso al de otros factores tradicionales de enfermedad cardio-metabólica, como la dislipidemia, la hipertensión arterial, el tabaquismo o la obesidad, como fue expuesto por Lee et al.²⁴ en el 2012. Además de la cantidad de masa grasa y su distribución, la cantidad, calidad y función de la masa muscular, podrían contribuir a la elevación o disminución de citoquinas inflamatorias, disfunción endotelial y valores alterados en glucosa y lípidos^{25,26}.

Tabla II
Cuartiles del IGF y características morfológicas, desempeño muscular y componentes del bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia

Características ^a	Q 1 (bajo)	Q 2	Q 3	Q 4 (alto)	P (tendencia)
Morfológicas					
Edad (años)	13,1 ± 1,6	12,9 ± 2,2	13,8 ± 2,1	13,2 ± 1,6	0,062
Estatura (m)	138,2 ± 11,7	148,1 ± 11,8	154,3 ± 10,8	158,2 ± 8,9	0,001
Peso (Kg)	35,7 ± 8,8	42,9 ± 11,7	48,8 ± 11,2	52,9 ± 10,1	0,001
Índice de masa corporal (kg/m ²)	21,1 ± 3,1	20,2 ± 3,0	19,2 ± 3,3	18,6 ± 4,0	0,001
Estado nutricional por IMC n,(%) ^a					
Bajo peso	119 (51,3)	105 (45,3)	7 (3,0)	1 (0,4)	0,001
Normopeso	94 (40,3)	123 (52,8)	16 (6,9)	0 (0,0)	0,001
Sobrepeso	54 (23,9)	159 (70,4)	12 (5,3)	1 (0,4)	0,001
Obesidad	30 (13,1)	178 (77,7)	19 (8,3)	2 (0,9)	0,001
Composición corporal					
Masa grasa (Kg)	7,8 ± 4,5	8,8 ± 5,4	10,0 ± 5,2	11,4 ± 8,6	0,397
Masa magra (Kg)	28,0 ± 5,6	34,1 ± 8,6	38,9 ± 8,9	42,0 ± 7,8	0,001
Masa muscular (Kg)	26,5 ± 5,4	32,2 ± 8,3	36,5 ± 8,8	39,9 ± 7,3	0,001
Pliegue trícipital (mm)	14,2 ± 5,3	14,1 ± 6,0	13,3 ± 6,0	13,3 ± 5,3	0,001
Pliegue Subescapular (mm)	12,8 ± 5,6	11,5 ± 5,4	10,7 ± 4,7	10,6 ± 4,9	0,138
Σ Pliegues (mm)	26,9 ± 10,8	24,0 ± 9,5	24,8 ± 10,8	24,8 ± 9,6	0,001
Circunferencia de cadera (cm)	87,1 ± 7,8	84,5 ± 8,8	80,4 ± 9,8	75,1 ± 7,6	0,001
Desempeño muscular					
Salto vertical	23,3 ± 6,7	27,7 ± 9,6	28,8 ± 8,4	29,8 ± 9,6	0,001
Salto de longitud	108,0 ± 24,7	123,3 ± 30,5	129,8 ± 34,3	133,5 ± 34,9	0,001
Fuerza prensil	13,4 ± 4,5	18,3 ± 7,4	22,7 ± 8,6	25,2 ± 8,6	0,001
Fuerza máxima prensil (FMp)/Peso (kg)	0,375 ± 0,089	0,425 ± 0,111	0,464 ± 0,131	0,495 ± 0,328	0,001
IGF	-1,045 ± 0,194	-0,494 ± 0,166	0,100 ± 0,210	1,448 ± 0,671	0,001
Bienestar físico					
Tensión arterial sistólica (mmHg)	108,9 ± 13,7	108,3 ± 15,7	105,8 ± 13,4	102,7 ± 12,7	0,001
Tensión arterial diastólica (mmHg)	66,5 ± 10,4	66,6 ± 10,4	66,7 ± 10,5	63,7 ± 9,5	0,003
Grasa corporal (%)	20,8 ± 7,0	20,5 ± 8,6	19,8 ± 7,5	19,7 ± 7,9	0,050
Circunferencia de cintura (cm)	68,8 ± 7,3	67,4 ± 6,8	64,1 ± 7,7	61,9 ± 7,2	0,018

^aDiferencias con prueba (χ^2). ^bDiferencias con prueba ANOVA de una vía. Q: cuartil. IGF: índice general de fuerza.

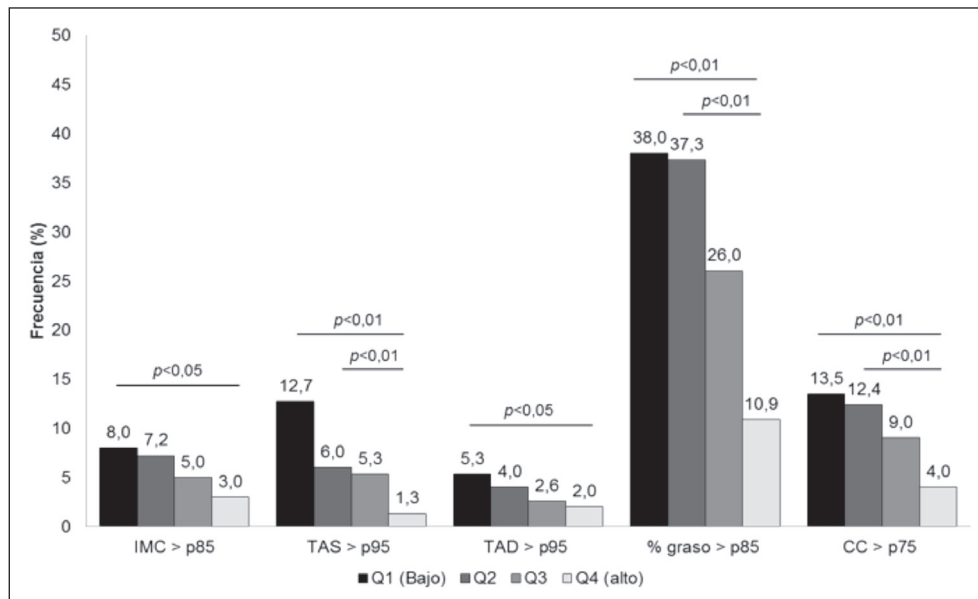


Fig. 1.—Relación entre el desempeño muscular y componentes del bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. Ajustado por sexo, edad y maduración sexual.

Los hallazgos de este estudio muestran que, los participantes que poseen mejor desempeño muscular (Q4), tiene menor alteración en los componentes del bienestar físico IMC, tensión arterial, porcentaje de grasa y circunferencia de cintura, $p(\chi^2 \text{ lineal}) = 0,01$. En anteriores estudios, se ha mostrado una relación entre los niveles de fuerza muscular y algunos factores de riesgo cardio-metabólicos en población con características similares a las de este trabajo¹⁷⁻¹⁹. En la misma línea, estudios observacionales y prospectivos han mostrado que la fuerza muscular, se asocia de manera inversa con la mortalidad por todas las causas^{27,28} incluyendo la enfermedad cardiovascular⁶ y algunos tipo de cáncer^{29,30}.

De otro lado, los niños y adolescentes con menor desempeño muscular (Q1-3) presentaron 4,06 veces (IC 95% 2,60–6,34; $p = 0,043$) mayor riesgo de presentar exceso de grasa ($>P_{85}$) y 1,57 veces (IC 95% 1,02–1,89; $p = 0,020$) mayor de riesgo de obesidad abdominal ($>P_{75}$). Sobre este componente de la salud física, se ha planteado la hipótesis del papel protector de la masa libre de grasa en el riesgo de presentar

enfermedad cardiovascular. Por ejemplo, en jóvenes colombianos ($19,7 \pm 2,4$ años; peso $65,5 \pm 10,7$ kg; IMC $22,6 \pm 2,8$ kg/m²), Ramírez-Vélez et al.¹⁷ mostraron que un mejor desempeño muscular se asociaba de manera inversa, con un perfil de lipídico-metabólico más saludable. En esta misma línea, Mason et al.³¹ observaron que un bajo nivel de aptitud muscular se asociaba con mayores probabilidades de ganar al menos 10 kg independiente del IMC y del fitness cardiorrespiratorio en hombres y mujeres. En hombres adultos, Jackson et al.³² mostraron que la prevalencia del exceso de grasa total (adiposidad $>25\%$) y obesidad abdominal (CC >102 cm) era mayor en el grupo con menor desempeño muscular de piernas y brazos, hallazgo que coincide al encontrado en este estudio.

En síntesis, los resultados de este trabajo ponen de manifiesto que el desempeño muscular se relaciona con la presencia de factores de riesgo cardio-metabólico en niños y adolescentes de 9 a 17 años (Fig. 1 y Tabla III). Esto nos llevaría a suponer que el componente muscular puede ser considerado un indicador de salud cardiovascular con alta potencia discriminatória^{6,17-19,33}.

Tabla III

Índices de riesgo (odds ratio) de menor desempeño muscular (Q 1-3) y componentes del bienestar físico de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia

Presencia	OR	IC95%	Valor p
Índice de masa corporal (kg/m ²) $> P_{85}$	0,81	0,45 – 1,45	0,397
Tensión arterial sistólica (mmHg) $> P_{95}$	0,28	0,16 – 1,21	0,567
Tensión arterial diastólica (mmHg) $> P_{95}$	1,05	0,41 – 2,66	0,389
Grasa corporal (%) $> P_{85}$	4,06	2,60 – 6,34	0,043
Circunferencia de cintura (cm) $> P_{75}$	1,57	1,02 – 1,89	0,020

Asociación estimada mediante modelos de regresión logística multivariada. OR e IC 95% ajustados por sexo, edad y maduración sexual. Q4 (referencia): mayor desempeño muscular.

De hecho, realizar más actividad física parece no ser requisito suficiente para lograr un perfil lipídico-metabólico saludable, como fue demostrado por García-Artero et al.³⁴ en adolescentes europeos. Previamente, hemos demostrado que un programa de entrenamiento de fuerza parece ser requisito suficiente para lograr un perfil cardio-metabólico saludable en sujetos saludables³⁵, con sobrepeso³⁶ e hipertiroidismo³⁷. Asimismo, el fortalecimiento muscular puede ser una mejor alternativa para las personas que no están motivadas, o para quienes debido a razones médicas no pueden participar en el ejercicio cardiorrespiratorio más centrado³⁸⁻⁴⁰. Estas recomendaciones se basan en la sólida evidencia que ha demostrado la influencia del entrenamiento de la fuerza muscular³⁸ en el tratamiento y prevención de varias enfermedades cardiocerebro-metabólicas, incluyendo la demencia, la hipertensión arterial, la aterosclerosis, la obesidad y la sarcopenia^{39,40}.

Algunos aspectos deben ser tenidos en cuenta como limitantes del presente estudio. Por ejemplo, el diseño del trabajo y el tipo de muestreo, pueden ser consideradas fuentes potenciales de sesgos. Tampoco fueron incluidas otras variables que pueden estar asociadas al riesgo cardio-metabólico en edades tempranas, tales como el perfil de lípidos, la glucosa en ayunas, la capacidad cardiorrespiratoria, la etnia, aspectos socio-económicos, nutricionales, sociales y niveles de actividad física. No obstante, se observó convergencia de los resultados con datos reportados en otros estudios nacionales e internacionales^{3,5,7,10,17-19,31-33}.

En conclusión, nuestros resultados indican que, en los niños y adolescentes evaluados, un menor desempeño muscular se asocia con un deterioro en el bienestar físico. En opinión de los autores, se sugiere incluir la evaluación de la fuerza muscular junto a la determinación convencional de los factores de riesgo tradicionales en la prevención y tratamiento de las enfermedades no transmisibles en el contexto escolar. Frente a las políticas y programas que actualmente desarrolla el estado, se sugieren acciones que estimulen la práctica de actividad física programada que incluyan el componente muscular y el adecuado uso del tiempo libre, así como la inclusión de programas que promuevan hábitos de vida saludable. Se requieren estudios observacionales con un mayor tamaño de muestra, y especialmente estudios longitudinales y prospectivos, para constatar los resultados obtenidos en este trabajo.

Conflicto de intereses

Los autores del estudio declaran no tener conflicto de interés.

Agradecimientos

Estos resultados hacen parte del proyecto “PROYECTO ASOCIACIÓN DE LA FUERZA PREN-

SIL CON MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN NIÑOS Y ADOLESCENTES COLOMBIANOS “ESTUDIO FUPRECOL” Financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación, COLCIENCIAS, Convocatoria 657 -2014, Contrato N° 122265743978.

Referencias

1. Pate R, Oria M, Pillsbury L. Fitness Measures and Health Outcomes in Youth. Committee on Fitness Measures and Health Outcomes in Youth, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine; Washington (DC): National Academies Press (US); 2012.
2. Kodama S1, Saito K, Tanaka S, Maki M, Yachi Y, Asumi M, et al. Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*. 2009 May 20;301(19):2024-35.
3. Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ* 2012; 345: e7279.
4. Harris T, Leveille SG, Visser M, Foley D, Masaki K, Rantanen T, et al. Muscle strength and body mass index as long-term predictors of mortality in initially healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000;55(3):M168-73.
5. Ruiz JR, Sui X, Lobelo F, Morrow JR Jr, Jackson AW, Sjörström M, et al. Association between muscular strength and mortality in men: prospective cohort study. *BMJ*. 2008;337:a439.
6. Leong DP, Teo KK, Rangarajan S, Lopez-Jaramillo P, Avezum A Jr, Orlandini A; Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) Study investigators. Prognostic value of grip strength: findings from the Prospective Urban Rural Epidemiology (PURE) study. *Lancet*. 2015;386(9990):266-73.
7. Vaara JP, Fogelholm M, Vasankari T, Santtila M, Häkkinen K, Kyörläinen H. Associations of maximal strength and muscular endurance with cardiovascular risk factors. *Int J Sports Med*. 2014 ;35(4):356-60.
8. Fahs CA, Heffernan KS, Ranadive S, Jae SY, Fernhall B. Muscular strength is inversely associated with aortic stiffness in young men. *Med Sci Sports Exerc*. 2010;42:1619-24.
9. Mason C, Brien SE, Craig CL, Gauvin L, Katzmarzyk PT. Musculoskeletal fitness and weight gain in Canada. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39:38-43.
10. 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.
11. Myers J, McAuley P, Lavie C, Despres JP, Arena R, Kokkinos P. Physical Activity and Cardiorespiratory Fitness as Major Markers of Cardiovascular Risk: Their Independent and Interwoven Importance to Health Status. *Prog Cardiovasc Dis*. 2014 (In press).
12. Boreham C, Twisk J, Neville C, Savage M, Murray L, Gallagher A. Associations between physical fitness and activity patterns during adolescence and cardiovascular risk factors in young adulthood: the Northern Ireland Young Hearts Project. *Int J Sports Med*. 2002; 23(suppl 1):S22-S26.
13. Andersen LB, Hasselstrom H, Gronfeldt V, Hansen SE, Karsten F. The relationship between physical fitness and clustered risk, and tracking of clustered risk from adolescence to young adulthood: eight years follow-up in the Danish Youth and Sport Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2004;1(1):6.
14. García AI, Niño-Silva LA, González-Ruiz K, Ramírez-Vélez R. Body adiposity index as marker of obesity and cardiovascular risk in adults from Bogotá, Colombia. *Endocrinol Nutr*. 2015;62(3):130-7.
15. Ramírez-Vélez R, Meneses-Echavez JF, González-Ruiz K, Correa JE. Muscular fitness and cardiometabolic risk factors among Colombian young adults. *Nutr Hosp*. 201430(4):769-75.
16. Janz KF, Dawson JD, Mahoney LT. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during

- adolescence: the Muscatine Study. *Int J Sports Med.* 2002; 23(suppl 1):S15-S21.
17. Triana-Reina HR, Ramírez-Vélez R. Association of muscle strength with early markers of cardiovascular risk in sedentary adults. *Endocrinol Nutr.* 2013;60(8):433-38.
 18. Castillo-Garzón MJ, Ruiz JR, Ortega FB, Gutierrez-Sainz A. A Mediterranean diet is not enough for health: physical fitness is an important additional contributor to health for the adults of tomorrow. *World Rev Nutr Diet.* 2007; 97:114-138.
 19. Cohen DD, Gómez-Arbeláez D, Camacho PA, Pinzon S, Hormiga C, Trejos-Suarez J, Duperly J, et al. Low muscle strength is associated with metabolic risk factors in Colombian children: the ACFIES study. *PLoS One.* 2014;9(4):e93150.
 20. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, 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(6):518-524.
 21. Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal M, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000;320(7244):1240-1243.
 22. Kavey RE, Daniels SR, Lauer RM, Atkins DL, Hayman LL, Taubert K; American Heart Association. American Heart Association guidelines for primary prevention of atherosclerotic cardiovascular disease beginning in childhood. *Circulation.* 2003;107(11):1562-1566.
 23. Matsudo SMM, Matsudo VKR. Self-assessment and physician assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls-concordance and reproducibility. *Am J Hum Biol* 1994;6(4):451-455.
 24. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT; Lancet Physical Activity Series Working Group. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet.* 2012;380:219-29.
 25. Nazmi A, Victora CG. Socioeconomic and racial/ethnic differentials of C-reactive protein levels: a systematic review of population based studies. *BMC Public Health.* 2007;7:212.
 26. Ramírez-Vélez R, ME Da Silva-Grigoletto, JM. Fernández. Evidencia actual de intervenciones con ejercicio físico en factores de riesgo cardiovascular. *Rev Andal Med Deporte.* 2011;4:141-151.
 27. Al Snih S, Markides KS, Ray L, Ostir GV, Goodwin JS. Hand-grip strength and mortality in older Mexican Americans. *J Am Geriatr Soc.* 2002;50:1250-56.
 28. Metter EJ, Talbot LA, Schrager M, Conwit R. Skeletal muscle strength as a predictor of all-cause mortality in healthy men. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2002;57:B359-65.
 29. Rantanen T, Volpato S, Ferrucci L, Heikkinen E, Fried LP, Guralnik JM. Handgrip strength and cause-specific and total mortality in older disabled women: exploring the mechanism. *J Am Geriatr Soc.* 2003;51:636-41.
 30. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cesari M, Vellas B, Pahor M, Grandjean H. Physical performance measures as predictors of mortality in a cohort of community-dwelling older French women. *Eur J Epidemiol.* 2006;21:113-22.
 31. Mason C, Brien SE, Craig CL, Gauvin L, Katzmarzyk PT. Musculoskeletal fitness and weight gain in Canada. *Med Sci Sports Exerc.* 2007;39:38-43.
 32. Jackson AW, Lee DC, Sui X, Morrow JR Jr, Church TS, Maslow AL, et al. Muscular strength is inversely related to prevalence and incidence of obesity in adult men. *Obesity (Silver Spring).* 2010;18:1988-95.
 33. Fonseca-Camacho DF, Hernández-Fonseca JM, González-Ruiz K, Tordecilla-Sanders A, Ramírez-Vélez R. Una mejor auto-percepción de la condición física se relaciona con menor frecuencia y componentes de síndrome metabólico en estudiantes universitarios. *Nutr Hosp.* 2015;31(3):1254-1263.
 34. García-Artero E, Ortega FB, Ruiz JR, Mesa JL, Delgado M, González-Gross M, et al. Lipid and metabolic profiles in adolescents are affected more by physical fitness than physical activity (AVENA study). *Rev Esp Cardiol.* 2007;60(6):581-58.
 35. Hernán Jiménez O, Ramírez-Vélez R. Strength training improves insulin sensitivity and plasma lipid levels without altering body composition in overweight and obese subjects. *Endocrinol Nutr.* 2011;58(4):169-74.
 36. Ramírez-Vélez R, González-Ruiz K, García S, Agredo-Zúñiga RA. Sex differences in the relationship between vigorous vs. moderate intensity exercise and risk markers of overweight and obesity in healthy adults. *Endocrinol Nutr.* 2012;59(8):491-5.
 37. Garces-Arteaga A, Nieto-García N, Suarez-Sanchez F, Triana-Reina HR, Ramírez-Vélez R. Influence of a medium-impact exercise program on health-related quality of life and cardiorespiratory fitness in females with subclinical hypothyroidism: an open-label pilot study. *J Thyroid Res.* 2013;2013: 592801.
 38. Padilla-Colón C, Sánchez-Collado P, Cuevas MJ. Beneficios del entrenamiento de fuerza para la prevención y tratamiento de la sarcopenia. *Nutr Hosp.* 2014;29:979-88.
 39. Burgos Peláez R. Enfoque terapéutico global de la sarcopenia. *Nutr Hosp* 2006; 21: 51-60.
 40. Oldridge N. Physical activity in primary and secondary prevention – there is a treatment gap. *Eur J Cardiovasc Prev Rehabil.* 2003;10:317-18.