



Trabajo Original

Pediatría

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 *General strength index and adiposity as a measure of health-related physical fitness among children and adolescents from Bogotá, Colombia: the FUPRECOL Study*

Javier Darío Pacheco-Herrera, Robinson Ramírez-Vélez y Jorge Enrique Correa-Bautista

Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA). Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad del Rosario. Bogotá, D.C, Colombia

Resumen

Objetivo: el presente estudio tuvo por objetivos: a) determinar los valores de referencia de la condición muscular mediante el índice general de fuerza (IGF); y b) estudiar si el IGF está asociado con indicadores de adiposidad en niños y adolescentes escolares de Bogotá, Colombia.

Métodos: del total de 7.268 niños y adolescentes (9-17,9 años) evaluados en el estudio FUPRECOL, 4.139 (57%) fueron mujeres. Se evaluó el IGF como marcador del desempeño muscular a partir de la tipificación de las pruebas de fuerza prensil (FP) y salto de longitud (SL). El IGF se recodificó en cuartiles (Q), siendo el Q4 la posición con mejor valor del IGF. El índice de masa corporal (IMC), la circunferencia de cintura (CC), el índice cintura/talla (ICT) y el porcentaje de grasa corporal (% GC) por bioimpedancia eléctrica se midieron como marcadores de adiposidad.

Resultados: la edad media de los evaluados fue $12,8 \pm 2,3$ años. Se aprecia una tendencia hacia un incremento del nivel de condición física muscular en los varones conforme aumenta la edad, y hacia la estabilidad o un ligero aumento en el caso de las mujeres. El IGF se relacionó inversamente con el ICT y % GC en los varones ($r = -0,280$, $r = -0,327$, $p < 0,01$), respectivamente. Los escolares ubicados en el Q4 del IGF presentaron menores valores en marcadores de adiposidad IMC, CC, ICT y % GC, $p < 0,01$, que su contraparte del Q1.

Conclusión: se presentan valores de referencia del IGF a partir de la estandarización de los resultados obtenidos en la FP y SL. La evaluación de la fuerza muscular en edades tempranas permitirá implementar programas de prevención de riesgo cardiovascular y metabólico futuro.

Palabras clave:

Fuerza muscular.
Valores de referencia. Riesgo cardiovascular.
Colombia.

Abstract

Objective: The purposes were: a) to generate normative values of general strength index (GSI) scores of 9- to 17.9-year-olds; and b) to describe the associations between GSI and adiposity markers in healthy schoolchildren from Bogotá, Colombia.

Methods: From a total of 7,268 Colombian children and adolescents (age 9-17.9 years) taking part in the FUPRECOL study (4,139, 57% girls). A GSI score were measured using handgrip strength and standing long jump. Each of these variables was standardized as follows: standardized value = (value - mean)/SD. The GSI score was calculated as the mean of the two standardized scores and recoded into quartiles Q1 (low GSI) to Q4 (high GSI). Body mass index (BMI), waist circumference (WC), waist-to-height ratio (WtHR) and percentage body fat (%BF) by electrical bioimpedance analysis were measured such as adiposity markers.

Results: The average age was 12.8 ± 2.3 years. It can be seen that the results for the boys were generally more homogeneous than for the girls, regarding muscular fitness. There was also a trend towards increased muscular strength in the boys as their age increased, whereas the girls showed stability or a slight increase in GSI. In contrast, there was an inverse relationship between the GSI and WtHR ($r = -0,280$, $p < 0,01$) and %BF ($r = -0,327$, $p < 0,01$) in males. Participants with Q4 (high GSI), compared to those in with Q1 (low GSI), had significantly lower levels of BMI, WC, WtHR and %BF.

Conclusion: This paper presents the first sex- and age-specific percentiles for general strength index score among Colombian children and adolescents aged 9-17.9 years. The testing of muscle strength at early ages should be included in health-monitoring systems.

Key words:

Muscle strength.
Reference values.
Cardiovascular risk.
Colombia.

Recibido: 12/11/2015
Aceptado: 01/02/2016

Pacheco-Herrera JD, Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista JE. 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. Nutr Hosp 2016;33:556-564

Correspondencia:

Robinson Ramírez-Vélez. Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA). Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud. Universidad del Rosario. Bogotá, D.C, Colombia
e-mail: robinson.ramirez@urosario.edu.co;
robin640@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, estudios observacionales han mostrado que la disminución en la masa (sarcopenia) y la fuerza muscular, juegan un papel fundamental en la predisposición de eventos cardiovasculares y metabólicos en adultos (1,2) y jóvenes (3). Sobre este último, Ruiz y cols. (4) reportaron una relación entre los niveles de fuerza muscular y la salud física, particularmente en niños con sobrepeso y obesidad. En esta misma línea, Ortega y cols. (5) indicaron que la fuerza muscular de las extremidades inferiores estaba inversamente relacionada con la adiposidad abdominal; y que la sumatoria de la fuerza muscular (*Z-score* de dinamometría de prensión manual + salto de longitud horizontal) estandarizada se relacionaba con un perfil lipídico más saludable en adultos suecos. Asimismo, Steene-Johannessen y cols. (6) reportaron que independientemente de los niveles de adiposidad y del *fitness* cardiorrespiratorio, un incremento en la fuerza prensil ajustada al peso corporal se asociaba con menores niveles de marcadores de inflamación crónica, como la proteína C reactiva, la leptina y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α).

Para acercarse a este indicador de salud física, numerosas pruebas han sido descritas teniendo en cuenta que la fuerza máxima desarrollada depende de varios factores como el sexo, la edad, el tamaño y número de músculos implicados, el número de fibras que se activan, la coordinación intra e inter muscular, entre otros (7). Los resultados de los estudios AVENA (Alimentación y Valoración del Estado Nutricional de los Adolescentes Españoles) (8), HELENA (en inglés, Healthy Lifestyle in Europe by Nutrition in Adolescents) (9) y ALPHA (en inglés, Assessing Levels of Physical Activity and fitness) (10) ponen de manifiesto que la fuerza de prensión manual y el salto horizontal son las pruebas más utilizadas en estudios epidemiológicos para valorar la condición muscular en niños y adolescentes, por su alto grado de fiabilidad y validez. En los trabajos de Artero y cols. (11,12) se describió por vez primera el índice general de fuerza (IGF), a partir de la estandarización de los resultados obtenidos de la fuerza de prensión manual (en kg) y el salto de longitud (en cm). Este índice demostró en niños y adolescentes europeos una asociación inversa con el perfil de riesgo lipídico-metabólico (13), la concentración de proteínas inflamatorias (14), los niveles de presión sanguínea (15) y la sensibilidad a la insulina (16), entre otros.

La valoración de la fuerza muscular como medida complementaria en edades tempranas puede permitir la detección precoz de factores de riesgo, cuyo resultado puede ser una mejor salud cardiovascular futura (17). Por ello, el presente estudio tuvo por objetivos: 1) determinar los valores de referencia de la condición muscular mediante el IGF, y 2) estudiar si el IGF está asociado con indicadores de adiposidad en niños y adolescentes escolares de Bogotá, Colombia.

MÉTODOS

DISEÑO Y MUESTRA DEL ESTUDIO

El presente trabajo forma parte del estudio FUPRECOL, cuya metodología completa ha sido publicada con anterioridad (18-20).

Se trata de un estudio de corte transversal en 8.000 niños y adolescentes en edad escolar de 9 a 17,9 años de edad residentes en Bogotá y pertenecientes a 24 instituciones educativas de zonas urbanas. La distribución geográfica no se realizó de forma aleatoria y la muestra fue por conveniencia. Se excluyeron escolares con discapacidad física, sensorial e intelectual permanente, enfermedades no transmisibles como diabetes tipo 1 o 2, enfermedad cardiovascular, autoinmune o cáncer diagnosticado, estado de gestación, abuso en el consumo de alcohol o drogas y, en general, patologías que no estén relacionadas directamente con la nutrición, como errores congénitos del metabolismo, síndrome metabólico, obesidad mórbida, trastornos psiquiátricos (anorexia, bulimia), entre otros. El tamaño de la muestra para este trabajo se estimó con un error alfa del 5% y una precisión del 2% para muestras finitas.

ANTROPOMETRÍA Y COMPOSICIÓN CORPORAL

Todas las mediciones antropométricas se realizaron con los sujetos descalzos y en ropa cómoda. Se midió el peso con balanza de piso TANITA® modelo BF-689 (Arlington Heights, IL 60005, EE. UU.), con resolución 0,100 kg. La talla se midió con un estadiómetro portátil SECA® modelo 206 (Hamburgo, Alemania), rango 0-220 cm de 1 mm de precisión. Con estas variables se calculó el índice de masa corporal (IMC) en kg/m². La circunferencia de cintura (CC) fue tomada siguiendo los referentes anatómicos descritos por la OMS (21). A partir de las medidas directas, se calculó el índice cintura/talla (ICT) dividiendo la CC entre la talla. Un análisis con bioimpedancia eléctrica fue usado para determinar el porcentaje de grasa corporal (% GC) con balanza de piso Bipolar pie-pie, TANITA® modelo BF-689 (Arlington Heights, IL 60005, EE. UU.). La frecuencia de inducción se valoró a una intensidad de 50 kHz, con una sensibilidad de estimación de la masa de grasa de 0,1 kg (0,1%). La medición se realizó tras 10-12 h de ayuno, con la vejiga vacía y sobre una superficie no conductora. El error técnico de la medida (TEM) fue 0,639 y el coeficiente de reproducibilidad de 0,985% (19).

ÍNDICE GENERAL DE FUERZA

La medición de la fuerza máxima de prensión manual se valoró con dinamómetro digital Takei® modelo TTK-5101, rango 5-100 kg de 100 g de precisión, con dos intentos alternativos con cada mano en una posición estandarizada, de pie, con los brazos paralelos al cuerpo sin contacto alguno; y la prueba de salto de longitud a pies juntos, como medida para determinar la máxima distancia alcanzada en dos intentos en miembros inferiores. Con los resultados de estas pruebas se calculó el IGF a partir de la tipificación *Z*, por ejemplo, $Z = ([\text{valor-medial}] / \text{desviación estándar})$. El promedio de las 2 pruebas transformadas (*z-score*) se utilizó para establecer una única variable

denominada IGF. Posteriormente, IGF se recodificó en cuartiles (Q), siendo el Q4 la posición con mayor valor en el desempeño muscular.

ASPECTOS ÉTICOS

El estudio FUPRECOL 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 y ha obtenido la aprobación del Comité de Investigación en Seres Humanos del centro coordinador del estudio (UR N.º CEI-ABN026-000262). Antes de la medición, cada niño y/o adolescente asintió participar y el padre/madre o tutor/a responsable firmó por escrito el consentimiento informado del menor.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis estadístico de los datos fue realizado con el programa Statistical Package for Social Science® software, versión 22 (SPSS; Chicago, IL, EE. UU.). Se efectuaron previamente pruebas de normalidad mediante la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*. Para las diferencias entre sexo y edad se empleó el análisis de la varianza de dos factores (*two-way ANOVA*) para variables continuas. Se calcularon percentiles (P_3 , P_{10} , P_{25} , P_{50} , P_{75} , P_{90} y P_{97}) por sexo y edad de la tipificación *Z* de las pruebas de fuerza de prensión manual, salto de longitud e IGF. El coeficiente de correlación de Pearson se utilizó para examinar la relación entre el IGF y los marcadores de adiposidad. Las asociaciones entre el IGF y el IMC en el exceso de adiposidad general por CC e ICT se evaluaron mediante análisis de covarianza (ANCOVA), dividiendo la muestra según el IMC (normopeso, sobrepeso, obesidad) y cuartiles del IGF y, los terciles de adiposidad general CC e ICT, ajustando las diferencias por edad y sexo. Las diferencias entre las medias de cada grupo se analizaron mediante la corrección de Bonferroni para múltiples comparaciones. La significancia estadística se fijó a un valor $p < 0,05$.

RESULTADOS

Constituyeron la muestra 7.268 escolares (tasa de respuesta 91%). La tabla I presenta las características de composición corporal y condición física musculoesquelética de los escolares pertenecientes al estudio FUPRECOL. En todos los grupos de edad, el análisis ANOVA mostró que los varones tenían mayores valores de peso corporal, talla, circunferencia de cintura e IMC que las mujeres, mientras que estas presentaban mayores valores de % GC ($p < 0,001$). El promedio general de fuerza prensil, el salto de longitud y el IGF fueron significativamente mayores en varones ($p < 0,001$). Por su parte, los varones mostraron mayores valores tipificados de *z*-fuerza prensil, *z*-salto de longitud e IGF ($p < 0,001$).

En las tablas II-IV se muestran los valores referencia tipificados de la fuerza prensil, el salto de longitud y del IGF de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia, clasificados por edad y sexo, y expresados en percentiles suavizados del 3 al 97. En ellas se aprecia claramente un mejor desempeño muscular por parte de los escolares varones en los tres componentes evaluados. En general, los varones muestran mayor heterogeneidad que las mujeres en función del IGF. También se aprecia una tendencia hacia un incremento del nivel de condición física muscular (fuerza prensil y salto de longitud) en los varones conforme aumenta la edad, y hacia la estabilidad o un ligero aumento en el caso de las mujeres.

Como análisis complementario y con el propósito de verificar si el IGF se relaciona con marcadores de adiposidad asociados a enfermedad cardiometabólica se llevó a cabo un análisis de correlación con el coeficiente de Pearson (*r*). En población general, el IGF presentó una relación inversa con el ICT ($r = -0,162$) y el % GC ($r = -0,348$) $p < 0,01$. Al diferenciar por sexo, el coeficiente "*r*" disminuye en mayor magnitud en las mujeres ICT ($r = -0,059$) y % GC ($r = -0,018$), mientras que en los varones dicha relación se incrementa a ($r = -0,280$) en el ICT y permanece estable para el % GC ($r = -0,327$) $p < 0,01$. En complemento a lo anterior los participantes con mejor desempeño muscular por IGF (Q4, alto) presentaron valores más saludables en todos los marcadores de adiposidad asociados a enfermedad cardiovascular temprana IMC, CC, ICT y % GC, $p < 0,001$, que los escolares ubicados en el Q1 (Fig. 1; panel A-D).

Por último, al dividir la muestra en dos grupos según la clasificación del IMC y los cuatro grupos (cuartiles) del IGF, se observaron diferencias significativas ($F = 6,128$; $p < 0,001$) en el valor de la CC (A) y en el ICT (B) ($F = 5,562$; $p < 0,001$) (Fig. 2). En ambos análisis se observó que los niños y adolescentes obesos y con menor valor de fuerza por IGF (Q1) presentan mayores valores de adiposidad por CC e ICT que los que se clasifican en normopeso y con mejor valor del IGF (Q4).

DISCUSIÓN

Este estudio presenta por primera vez en Bogotá (Colombia) los percentiles del desempeño muscular por edad y sexo que podrán ser usados como valores de referencia en la evaluación de la CF, el estado nutricional y la composición corporal en el contexto pediátrico y escolar. En general, se aprecian mayores valores de la CF muscular por parte de los escolares varones en los tres componentes evaluados, junto al incremento significativo conforme aumenta la edad. El análisis conjunto de la fuerza muscular en un solo índice corresponde a diversas metodologías reportadas en estudios previos en población infantil y adolescente (10-16). Nuestro estudio coincide con la metodología propuesta en los estudios europeos AVENA (7), HELENA (8) y ALPHA (9), y muestra en principio una condición muscular superior en varones para todas las edades ($p < 0,001$), explicada principalmente por factores de maduración biológica. Estos hallazgos también coinciden con lo descrito por Beunen y Thomis (22),

Tabla I. Composición corporal y condición física músculo esquelética de niños y adolescentes de Bogotá, Colombia

Sexo	n	Peso corporal (kg)	Talla (cm)	IMC (kg/m ²)	CC (cm)	ICT	Fuerza prensil (kg)	Salto de longitud (cm)	IGF	z-fuerza prensil	z-salto de longitud
<i>Niños</i>											
9-9,9	217	32,1 ± 7,5	133,5 ± 6,5	17,8 ± 3,1	61,3 ± 6,6	0,455 ± 0,044 ^b	13,4 ± 3,8 ^a	107,9 ± 24,2 ^b	-0,682 ± 0,451 ^b	-0,922 ± 0,545 ^a	-0,440 ± 0,634 ^b
10-10,9	403	34,5 ± 8,5	137,3 ± 7,4 ^a	18,1 ± 3,3	61,8 ± 7,8	0,450 ± 0,052 ^b	14,5 ± 4,1 ^a	117,6 ± 22,5 ^b	-0,470 ± 0,511 ^b	-0,763 ± 0,537 ^a	-0,170 ± 0,706 ^b
11-11,9	412	37,2 ± 8,8 ^a	141,9 ± 8,2 ^a	18,3 ± 3,2	63,4 ± 7,4 ^a	0,448 ± 0,047 ^b	15,9 ± 3,9	121,1 ± 25,6 ^b	-0,291 ± 0,500 ^b	-0,562 ± 0,546	-0,016 ± 0,714 ^b
12-12,9	374	41,3 ± 9,1 ^a	147,1 ± 8,2 ^a	18,9 ± 3,2	65,0 ± 7,5	0,440 ± 0,047 ^b	18,1 ± 4,8	126,5 ± 26,7 ^b	-0,051 ± 0,562 ^b	-0,246 ± 0,634	0,162 ± 0,762 ^b
13-13,9	388	46,0 ± 9,8 ^a	153,5 ± 9,3 ^a	19,4 ± 3,3 ^b	66,2 ± 7,5	0,429 ± 0,048	22,2 ± 5,9 ^b	140,2 ± 30,7 ^b	0,469 ± 0,694 ^b	0,255 ± 0,769 ^b	0,627 ± 0,890 ^b
14-14,9	415	50,0 ± 9,7 ^a	158,9 ± 9,1 ^b	19,7 ± 3,0 ^b	68,0 ± 7,8	0,423 ± 0,043 ^b	24,5 ± 6,9 ^b	144,3 ± 35,2 ^b	0,741 ± 0,798 ^b	0,657 ± 0,963 ^b	0,827 ± 0,911 ^b
15-15,9	374	54,4 ± 9,7 ^a	163,3 ± 8,9 ^b	20,3 ± 3,0 ^b	70,0 ± 7,0	0,424 ± 0,042 ^b	28,8 ± 8,2 ^b	154,0 ± 36,8 ^b	1,200 ± 0,858 ^b	1,251 ± 1,040 ^b	1,152 ± 0,953 ^b
16-16,9	319	57,7 ± 8,7 ^b	166,7 ± 7,2 ^b	20,8 ± 2,9 ^b	71,1 ± 7,4 ^a	0,424 ± 0,045 ^b	31,1 ± 8,0 ^b	156,4 ± 41,5 ^b	1,415 ± 0,828 ^b	1,538 ± 0,998 ^b	1,313 ± 0,954 ^b
17-17,9	227	60,8 ± 10,3 ^b	168,1 ± 7,4 ^b	21,5 ± 3,3 ^b	72,9 ± 7,1 ^a	0,430 ± 0,044 ^a	32,7 ± 7,0 ^b	161,1 ± 41,4 ^b	1,559 ± 0,778 ^b	1,742 ± 0,923 ^b	1,458 ± 0,962 ^b
Total	3.129	45,5 ± 13,0 ^a	151,9 ± 14,1 ^b	19,4 ± 3,3 ^b	66,2 ± 8,2 ^a	0,436 ± 0,048	22,2 ± 9,0 ^b	139,2 ± 31,1 ^b	0,415 ± 1,013 ^b	0,285 ± 1,203 ^b	0,534 ± 1,040 ^b
<i>Niñas</i>											
9-9,9	277	32,1 ± 7,4	134,6 ± 7,6	17,6 ± 3,0	59,6 ± 6,5	0,441 ± 0,041	13,0 ± 3,9	94,9 ± 22,2	-0,931 ± 0,466	-1,001 ± 0,507	-0,899 ± 0,633
10-10,9	618	35,0 ± 7,9	138,4 ± 7,6	18,1 ± 3,0	61,1 ± 7,5	0,439 ± 0,047	13,9 ± 3,6	100,9 ± 22,5	-0,780 ± 0,460	-0,845 ± 0,473	-0,718 ± 0,688
11-11,9	620	38,3 ± 7,9	143,7 ± 7,5	18,4 ± 2,9	62,4 ± 6,7	0,432 ± 0,044	15,6 ± 3,7	107,1 ± 20,3	-0,564 ± 0,462	-0,592 ± 0,521	-0,533 ± 0,664
12-12,9	491	42,8 ± 8,6	148,5 ± 7,3	19,3 ± 3,0	64,1 ± 7,1	0,426 ± 0,044	18,3 ± 4,3	109,4 ± 22,2	-0,337 ± 0,481	-0,275 ± 0,552	-0,434 ± 0,675
13-13,9	457	47,4 ± 9,0	152,4 ± 6,3	20,3 ± 3,2	66,4 ± 7,5	0,427 ± 0,046	19,8 ± 4,7	113,1 ± 24,4	-0,177 ± 0,514	-0,063 ± 0,580	-0,297 ± 0,723
14-14,9	592	51,0 ± 8,9	154,6 ± 6,5	21,3 ± 3,3	68,4 ± 8,4	0,436 ± 0,052	21,6 ± 4,8	113,0 ± 26,6	-0,056 ± 0,520	0,158 ± 0,624	-0,267 ± 0,720
15-15,9	441	52,7 ± 8,6	155,7 ± 6,8	21,7 ± 3,1	69,5 ± 7,3	0,440 ± 0,046	22,1 ± 5,3	112,8 ± 29,4	0,006 ± 0,577	0,226 ± 0,665	-0,235 ± 0,746
16-16,9	393	53,9 ± 8,6	156,4 ± 5,8	22,0 ± 3,1	69,3 ± 8,0	0,440 ± 0,049	22,9 ± 5,1	115,4 ± 29,0	0,117 ± 0,563	0,337 ± 0,630	-0,146 ± 0,711
17-17,9	250	55,1 ± 9,3	156,8 ± 6,5	22,4 ± 3,6	70,5 ± 7,8	0,444 ± 0,050	23,9 ± 5,3	117,5 ± 35,1	0,219 ± 0,611	0,435 ± 0,684	0,011 ± 0,780
Total	4.139	44,8 ± 11,5	148,7 ± 10,1	20,0 ± 3,5	65,2 ± 8,2	0,436 ± 0,047	18,5 ± 5,6	111,0 ± 22,2	-0,304 ± 0,622	-0,216 ± 0,744	-0,409 ± 0,743

Datos presentados en media ± desviación estándar. Diferencias por grupo de edad y sexo con prueba ANOVA *p < 0,01; **p < 0,001. IMC: índice de masa corporal; CC: circunferencia de cintura; ICT: índice cintura/talla; IGF: índice general de fuerza.

Tabla II. Percentiles tipificados de fuerza prensil por dinamometría manual según sexo y edad en niños y adolescentes escolarizados de Bogotá, Colombia

	n	Media	DE	P ₃	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₇
<i>Varones</i>										
9-9,9	217	-0,922	0,545	-1,623	-1,458	-1,226	-1,009	-0,726	-0,393	0,160
10-10,9	403	-0,763	0,537	-1,573	-1,361	-1,133	-0,829	-0,497	-0,179	0,328
11-11,9	412	-0,562	0,546	-1,405	-1,197	-0,929	-0,603	-0,242	0,133	0,657
12-12,9	374	-0,246	0,634	-1,344	-0,946	-0,677	-0,320	0,118	0,592	1,052
13-13,9	388	0,255	0,769	-0,982	-0,644	-0,293	0,117	0,673	1,294	2,087
14-14,9	415	0,657	0,963	-0,900	-0,518	-0,022	0,574	1,265	1,801	2,627
15-15,9	374	1,251	1,040	-0,879	-0,110	0,566	1,254	1,997	2,597	3,160
16-16,9	319	1,538	0,998	-0,410	0,232	0,841	1,506	2,266	2,851	3,501
17-17,9	227	1,742	0,923	-0,195	0,524	1,199	1,841	2,320	2,878	3,500
Total	3.129	0,285	1,203	-1,380	-1,092	-0,662	0,008	1,142	2,062	2,849
<i>Mujeres</i>										
9-9,9	277	-1,001	0,507	-1,721	-1,547	-1,335	-1,066	-0,765	-0,442	-0,061
10-10,9	618	-0,845	0,473	-1,600	-1,384	-1,157	-0,909	-0,591	-0,242	0,237
11-11,9	620	-0,592	0,521	-1,408	-1,217	-0,953	-0,635	-0,314	0,027	0,470
12-12,9	491	-0,275	0,552	-1,241	-0,969	-0,678	-0,300	0,058	0,400	0,750
13-13,9	457	-0,063	0,580	-1,248	-0,790	-0,455	-0,079	0,317	0,659	1,010
14-14,9	592	0,158	0,624	-0,978	-0,613	-0,262	0,163	0,549	0,938	1,363
15-15,9	441	0,226	0,665	-1,005	-0,514	-0,198	0,168	0,598	1,082	1,590
16-16,9	393	0,337	0,630	-0,801	-0,375	-0,073	0,326	0,677	1,066	1,657
17-17,9	250	0,435	0,684	-0,793	-0,393	0,034	0,391	0,775	1,289	2,061
Total	4.139	-0,216	0,744	-1,424	-1,154	-0,771	-0,260	0,289	0,717	1,209

P: percentil; DE: desviación estándar.

pues durante la infancia aparece un incremento gradual y lineal de la fuerza muscular (desde los 3 años de edad y hasta la pubertad en varones, y hasta los 15 años aproximadamente en mujeres). Bajo estas condiciones, los incrementos en la fuerza general son atribuibles a cambios neuromusculares, descartándose el aumento de la fuerza por factores hipertróficos exógenos como el entrenamiento físico regular. De la misma manera, las diferencias por sexo son explicadas en parte por la secreción de hormonas sexuales (testosterona, principalmente), pues se ha descrito que los esteroides endógenos son determinantes en el aumento de la masa magra principalmente en varones (22). A su vez, la redistribución ginecoide del tejido adiposo en las mujeres, junto a un incremento menos acelerado en su masa muscular, puede ser otro factor atribuible en las diferencias observadas en la fuerza del tren inferior medido con la prueba de salto de longitud.

Según Rodríguez-Bautista y cols. (18), la existencia de un marcado dimorfismo sexual, caracterizado por valores superiores de % GC entre las mujeres en todos los grupos etarios estudiados frente a los varones, se debe en parte a procesos de madura-

ción sexual, estrato socioeconómico, patrones dietarios, niveles de actividad física, factores neurohormonales o factores étnicos propios de cada población. Así pues, la literatura al respecto apoya los hallazgos de este trabajo de la existencia de un dimorfismo sexual según el cual las mujeres parecen presentar una ganancia ponderal mayor que los varones durante la pubertad (8,17,18,24). De acuerdo con Ramírez-Vélez y cols. (23), este patrón de desarrollo podría guardar estrecha relación con el proceso de maduración sexual propio del sexo femenino, debido al mayor acúmulo de tejido adiposo con la llegada de la adolescencia y al establecimiento de la menarquia. Adicionalmente, durante la adolescencia y en la tercera década de la vida ocurre una redistribución de la grasa subcutánea de las extremidades hacia el tronco (18,24). El proceso ocurre en los dos sexos, pero más rápidamente en varones que en mujeres. Por ello, una mayor proporción de grasa en el tronco respecto a las extremidades es una característica masculinizante y se encuentra asociada con el nivel de hormonas sexuales (18). Esto puede indicar que el periodo más crítico para el diagnóstico de la obesidad y del exceso de peso sea la infancia y explicaría la tendencia hacia un incremento del IGF en

Tabla III. Percentiles tipificados de salto de longitud según sexo y edad en niños y adolescentes escolarizados de Bogotá, Colombia

	n	Media	DE	P ₃	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₇
<i>Varones</i>										
9-9,9	217	-0,440	0,634	-1,770	-1,238	-0,852	-0,459	-0,041	0,395	0,792
10-10,9	403	-0,170	0,706	-1,455	-1,038	-0,673	-0,175	0,319	0,729	1,136
11-11,9	412	-0,016	0,714	-1,457	-0,917	-0,512	0,019	0,472	0,932	1,251
12-12,9	374	0,162	0,762	-1,213	-0,748	-0,348	0,106	0,682	1,157	1,596
13-13,9	388	0,627	0,890	-1,035	-0,458	0,041	0,544	1,252	1,750	2,461
14-14,9	415	0,827	0,911	-0,984	-0,374	0,247	0,880	1,416	1,878	2,604
15-15,9	374	1,152	0,953	-0,654	-0,106	0,478	1,181	1,864	2,309	2,907
16-16,9	319	1,313	0,954	-0,594	0,047	0,692	1,369	1,951	2,485	3,084
17-17,9	227	1,458	0,962	-0,470	0,092	0,835	1,463	2,097	2,790	3,129
Total	3.129	0,534	1,040	-1,230	-0,731	-0,225	0,441	1,252	1,950	2,614
<i>Mujeres</i>										
9-9,9	277	-0,899	0,633	-2,016	-1,703	-1,310	-0,901	-0,533	-0,061	0,415
10-10,9	618	-0,718	0,688	-2,031	-1,613	-1,195	-0,707	-0,267	0,182	0,600
11-11,9	620	-0,533	0,664	-1,720	-1,333	-0,936	-0,543	-0,133	0,275	0,689
12-12,9	491	-0,434	0,675	-1,648	-1,308	-0,890	-0,442	0,010	0,445	0,796
13-13,9	457	-0,297	0,723	-1,663	-1,178	-0,774	-0,275	0,194	0,539	1,023
14-14,9	592	-0,267	0,720	-1,675	-1,171	-0,736	-0,235	0,165	0,684	1,149
15-15,9	441	-0,235	0,746	-1,540	-1,162	-0,717	-0,230	0,229	0,631	1,204
16-16,9	393	-0,146	0,711	-1,504	-0,984	-0,585	-0,158	0,251	0,744	1,140
17-17,9	250	0,011	0,780	-1,346	-0,852	-0,550	-0,078	0,536	1,010	1,680
Total	4.139	-0,409	0,743	-1,765	-1,331	-0,902	-0,412	0,060	0,530	0,983

P: percentil; DE: desviación estándar.

los varones conforme aumenta la edad, y hacia la estabilidad o un ligero aumento en el caso de las mujeres en etapas puberales (a partir de los 12 años o más).

La correcta interpretación de estos resultados precisa su comparación con valores de referencia locales y actualizados, ante la inexistencia de valores normativos para el IFG. En este sentido, es necesario evaluar en estos sujetos la coexistencia de otros factores de riesgo cardiovascular. Con objeto de facilitar la calificación se presentan también los percentiles 3 al 97 (Tablas II-IV). Esto permite realizar una clasificación intuitiva del sujeto utilizando una escala tipo Likert de la CF muscular a seguir (10,12): muy mala ($X < P_{10}$), mala ($P_{10} \leq X < P_{25}$), media ($P_{25} \leq X < P_{50}$), buena ($P_{50} \leq X < P_{75}$), muy buena ($P_{75} \leq X < P_{90}$) y excelente ($X \geq P_{90}$). A partir de los reportes de los estudios AVENA (7), HELENA (8) y ALPHA (9), y con el fin de definir clínica y epidemiológicamente puntos de corte útiles en el contexto pediátrico, sugerimos arbitrariamente el uso del percentil ($< P_{25}$) entre [0,991 y 1,129]; valor total [-0,394] en varones y [-1,274 y -1,176]; valor total [-0,739] en mujeres), como marcador déficit en la CF muscular en escolares de Bogotá, Colombia. Por otra parte, valores entre el P_{25} y P_{75} pueden ser una

aproximación cercana al límite saludable, mientras ubicarse en los percentiles P_{75} y P_{97} (arbitrariamente) podría ser tomado para fines de entrenamiento físico (Tabla IV). Estos puntos de corte ($< P_{25}$) han sido propuestos también por autores como Cohen y cols. (25) en jóvenes de Inglaterra para la fuerza prensil y por Saint-Maurice y cols. (26) en Hungría en fuerza prensil y salto de longitud respectivamente como indicativo de bajo desempeño muscular asociado a manifestaciones tempranas de riesgo cardiometabólico.

Otro hallazgo encontrado en este estudio fue la relación inversa entre el IGF con el ICT ($r = 0,162$), y el % GC ($r = 0,348$) $p < 0,01$ en la población general, resultado similar al reportado por Rodríguez-Valero y cols. (17) en escolares de Bogotá, Colombia. Estos autores encontraron que niños y adolescentes con menor desempeño muscular (cuartil 1-3) 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 riesgo de obesidad abdominal ($> P_{75}$). A partir de estas observaciones se ha planteado la hipótesis del papel protector de la masa libre de grasa en el riesgo de presentar enfermedad cardiovascular (7-9, 18, 25). Por ejemplo, en jóvenes colombianos ($19,7 \pm 2,4$ años;

Tabla IV. Percentiles tipificados del IGF según sexo y edad en niños y adolescentes escolarizados de Bogotá, Colombia

	n	Media	DE	P ₃	P ₁₀	P ₂₅	P ₅₀	P ₇₅	P ₉₀	P ₉₇
<i>Varones</i>										
9-9,9	217	-0,682	0,451	-1,351	-1,200	-0,991	-0,760	-0,405	-0,077	0,225
10-10,9	403	-0,470	0,511	-1,399	-1,021	-0,789	-0,507	-0,183	0,137	0,551
11-11,9	412	-0,291	0,500	-1,127	-0,918	-0,636	-0,309	0,020	0,380	0,705
12-12,9	374	-0,051	0,562	-1,056	-0,665	-0,431	-0,124	0,272	0,662	1,096
13-13,9	388	0,469	0,694	-0,692	-0,359	-0,040	0,397	0,928	1,482	1,928
14-14,9	415	0,741	0,798	-0,654	-0,262	0,215	0,738	1,217	1,756	2,362
15-15,9	374	1,200	0,858	-0,509	-0,001	0,687	1,251	1,872	2,211	2,527
16-16,9	319	1,415	0,828	-0,261	0,177	0,877	1,492	2,008	2,408	2,928
17-17,9	227	1,559	0,778	-0,190	0,435	1,129	1,622	2,095	2,444	2,846
Total	3.129	0,415	1,013	-1,099	-0,786	-0,394	0,227	1,160	1,906	2,384
<i>Mujeres</i>										
9-9,9	277	-0,931	0,466	-1,633	-1,463	-1,274	-0,958	-0,657	-0,399	0,054
10-10,9	618	-0,780	0,460	-1,606	-1,291	-1,087	-0,825	-0,535	-0,217	0,218
11-11,9	620	-0,564	0,462	-1,363	-1,082	-0,833	-0,604	-0,300	-0,024	0,400
12-12,9	491	-0,337	0,481	-1,260	-0,937	-0,669	-0,358	-0,043	0,303	0,627
13-13,9	457	-0,177	0,514	-1,195	-0,842	-0,508	-0,158	0,159	0,432	0,807
14-14,9	592	-0,056	0,520	-1,004	-0,707	-0,411	-0,092	0,283	0,591	0,928
15-15,9	441	0,006	0,577	-1,022	-0,666	-0,357	-0,030	0,330	0,732	1,119
16-16,9	393	0,117	0,563	-0,888	-0,562	-0,249	0,102	0,436	0,778	1,215
17-17,9	250	0,219	0,611	-0,742	-0,475	-0,176	0,146	0,547	1,000	1,741
Total	4.139	-0,304	0,622	-1,368	-1,079	-0,739	-0,323	0,096	0,472	0,894

P: percentil; DE: desviación estándar.

peso $65,5 \pm 10,7$ kg; IMC $22,6 \pm 2,8$ kg/m²), Ramírez-Vélez y cols. (3) mostraron que un mejor desempeño muscular se asociaba de manera inversa con un perfil lipídico-metabólico más saludable. En esta misma línea, Mason y cols. (27) observaron que un bajo nivel de aptitud muscular se asociaba con mayores probabilidades de ganar al menos 10 kg independientemente del IMC y del *fitness* cardiorrespiratorio en hombres y mujeres. Esto nos llevaría a suponer que el componente muscular puede ser considerado un indicador de salud cardiovascular con alta potencia discriminadora (1,28).

Las principales limitaciones del presente estudio son las inherentes a su carácter transversal y tipo de muestreo. No fueron incluidas otras variables potencialmente influyentes en la composición corporal o condición muscular, tales como la dieta, etnia, nivel socioeconómico, estado madurativo, estatus nutricional, niveles de actividad física, factores endocrinos u otros marcadores de condición física como la potencia anaeróbica o la capacidad cardiorrespiratoria. La utilización de la BIA bipolar fue usada como la medida de referencia de la adiposidad corporal. Hasta la fecha no se conocen estudios de validación de la balanza de piso Bipolar pie-pie, con pruebas de referencia como el DXA, la pletismografía por desplazamiento de

aire, o con métodos de dilución isotópica; por tanto, las verdaderas prevalencias de obesidad por exceso de adiposidad podrían estar sesgadas a las obtenidas con otros métodos. Previamente ha sido reportada la concordancia entre la BIA bipolar y tetrapolar (29), y en otros trabajos se ha comprobado el uso de la BIA bipolar como una herramienta confiable para medir la grasa corporal en sujetos de etnia blanca y para ser usada en estudios poblacionales (29). Sería de interés también corroborar, si los puntos de corte propuestos en este trabajo del IGF, presentan adecuada sensibilidad y/o especificidad para detectar sujetos con riesgo cardiovascular aunado a las otras medidas de la CF o de actividad física. A pesar de estas limitaciones se observó convergencia de los resultados con datos reportados en otros estudios nacionales (1,17,18,30) e internacionales (10-16).

Entre las fortalezas se encuentran que se trabajó con una muestra poblacional numerosa de ambos sexos, lo que ofrece nuevas perspectivas acerca del estado de salud y nutrición de los escolares de Bogotá, Colombia, que deberán ser tenidas en cuenta por los actores involucrados en los ámbitos de planificación, decisión y ejecución de las políticas de salud. En general, la

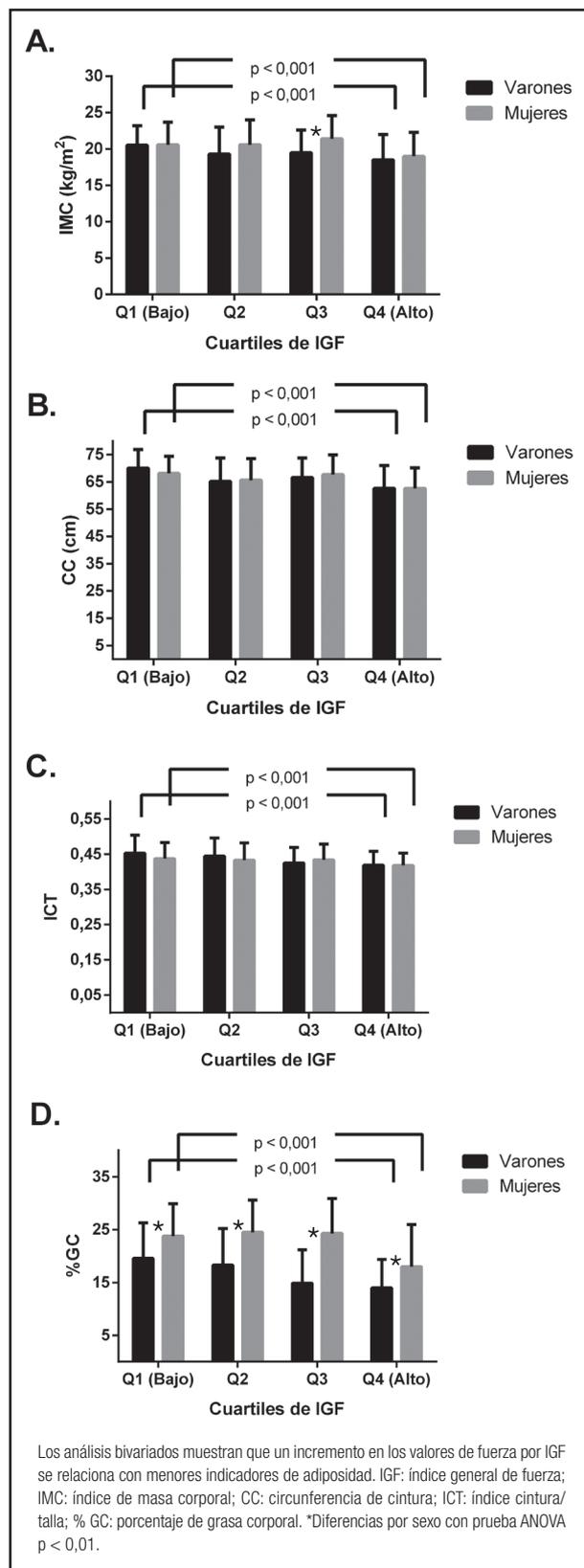


Figura 1. Relación entre el IGF, IMC, CC, ICT y % GC de niños y adolescentes de Bogotá, D.C., Colombia.

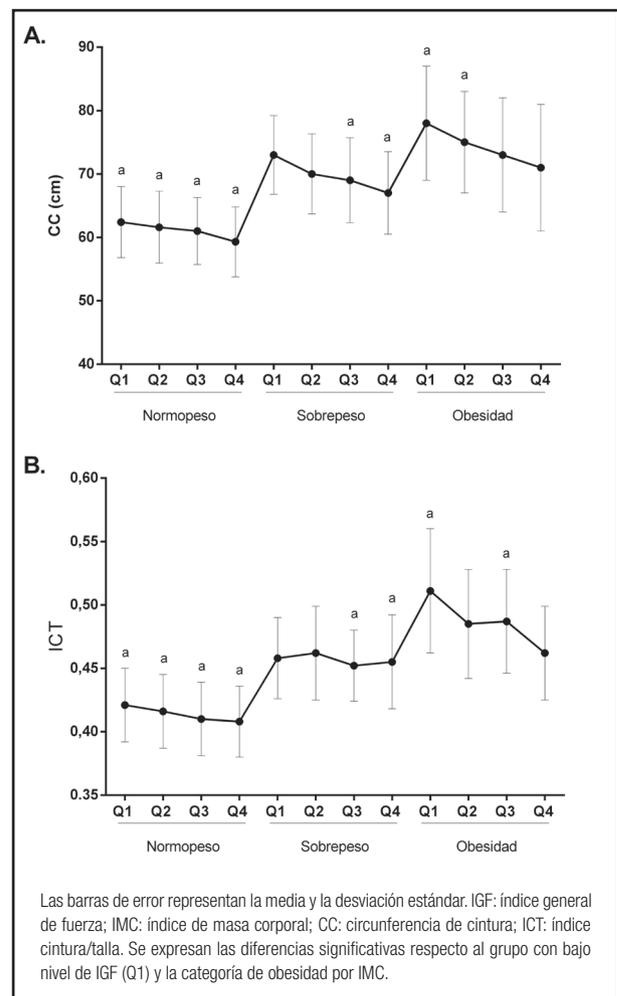


Figura 2. Influencia combinada entre el IGF y el IMC en el exceso de adiposidad general por CC e ICT niños y adolescentes de Bogotá, D.C., Colombia.

valoración de la CF muscular por medio del IFG puede considerarse como herramienta complementaria para ser incluida en los programas académicos dirigidos a la prevención primaria en el ámbito escolar. Asimismo, su aplicación facilitará la identificación de individuos cuyo desempeño muscular es susceptible de mejora mediante ejercicio físico programado (31).

En conclusión, este trabajo ha establecido los valores de referencia de la condición muscular mediante la utilización del IFG en niños y adolescentes de la ciudad de Bogotá, Colombia, además de la relación inversa con marcadores de adiposidad asociados a riesgo cardiometabólico. En este contexto, la presentación de valores de referencia ayudará a establecer comparaciones con otras poblaciones, y a estimar la proporción de escolares con cambios en su composición corporal o CF muscular. Se requieren estudios observacionales con un mayor tamaño de muestra, y especialmente estudios longitudinales y prospectivos, para constatar los resultados obtenidos en este trabajo.

FINANCIACIÓN

El presente trabajo forma parte del proyecto FUPRECOL (Asociación de la Fuerza Prensil con Manifestaciones Tempranas de Riesgo Cardiovascular en Niños y Adolescentes Colombianos), financiado por el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación Colciencias, Contrato N.º 122265743978.

AGRADECIMIENTOS

Los autores envían un especial agradecimiento a los estudiantes de maestría en Actividad Física y Salud de la Universidad del Rosario (Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física-CEMA) y a los jóvenes investigadores del Grupo de Investigación en Ciencias Aplicadas al Ejercicio Físico, el Deporte y la Salud (GICAEDS) de la Universidad Santo Tomás por el apoyo técnico, entrenamiento en las pruebas y asesoramiento científico/tecnológico para las mediciones de campo.

BIBLIOGRAFÍA

- Eckman M, Gigliotti C, Sutermaster S, Butler PJ, Mehta K. Using handgrip strength to screen for diabetes in developing countries. *J Med Eng Technol* 2016;40(1):8-14.
- Silventoinen K, Magnusson PK, Tynelius P, Batty GD, Rasmussen F. Association of body size and muscle strength with incidence of coronary heart disease and cerebrovascular diseases: A population-based cohort study of one million Swedish men. *Int J Epidemiol* 2009;38:110-8.
- Ramírez-Vélez R, Meneses-Echavez JF, González-Ruiz K, Correa JE. Muscular fitness and cardiometabolic risk factors among Colombian young adults. *Nutr Hosp* 2014;30(4):769-75.
- Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med* 2011;45:518-24.
- Ortega FB, Silventoinen K, Tynelius P, Rasmussen F. Muscular strength in male adolescents and premature death: cohort study of one million participants. *BMJ* 2012;20;345:e7279.
- Steen-Johannessen J, Anderssen SA, Kolle E, Andersen LB. Low muscle fitness is associated with metabolic risk in youth. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(7):1361-7.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG. *Muscles Testing and Function*. 5th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
- Ortega FB, Ruiz JR, Castillo MJ, Moreno LA, González-Gross M, Wärnberg J, et al.; Grupo AVENA. Low level of physical fitness in Spanish adolescents. Relevance for future cardiovascular health (AVENA study). *Rev Esp Cardiol* 2005;58(8):898-909.
- Ortega FB, Artero EG, Ruiz JR, Vicente-Rodríguez G, Bergman P, Hagstromer M, et al.; HELENA Study Group. Reliability of health-related physical fitness tests in European adolescents. *Int J Obes (Lond)* 2008;32(Suppl. 5):S49-57.
- Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, et al. Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *Br J Sports Med* 2011;45:518-24.
- 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; 60:581-8.
- Artero EG, España-Romero V, Jiménez-Pavón D, Martínez-Gómez D, Wärnberg J, Gómez-Martínez S; HELENA study group. Muscular fitness, fatness and inflammatory biomarkers in adolescents. *Pediatr Obes* 2014;9:391-400.
- Artero E, Ruiz J, Ortega F, España-Romero V, Vicente-Rodríguez G, Molnar D, et al. Muscular and cardiorespiratory fitness are independently associated with metabolic risk in adolescents: the HELENA study. *Pediatric Diabetes* 2011;12:704-12.
- Ruiz R, Ortega B, Wärnberg J, Moreno A, Carrero J, González-Gross M, et al. Inflammatory Proteins and Muscle Strength in Adolescents. *Arch Pediatr Adolesc Med* 2008;5:462-8.
- Ruiz J, Castro-Piñero J, G Artero E. Predictive validity of health-related fitness in youth: a systematic review. *Br J Sports Med* 2009;43:909-23.
- Benson AC, Torode ME, Singh MA. Muscular strength and cardiorespiratory fitness is associated with higher insulin sensitivity in children and adolescents. *Int J Pediatr Obes* 2006;1:222-31.
- Rodríguez-Valero FJ, Gualteros JA, Torres JA, Umbarila-Espinosa 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.
- Rodríguez-Bautista YP, Correa-Bautista JE, González-Jiménez E, Schmidt-RíoValle J, Ramírez-Vélez R. Values of waist/hip ratio among children and adolescents from Bogotá, Colombia: The FUPRECOL Study. *Nutr Hosp* 2015;32(5):2054-61.
- 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.
- Prieto-Benavides DH, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Niveles de actividad física, condición física y tiempo en pantallas en escolares de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL. *Nutr Hosp* 2015;32(5):2184-92.
- World Health Organization (WHO) (1995). *Physical Status: The Use and Interpretation of Anthropometry*. Report of a WHO Expert Committee. Geneva: WHO Report Series 854; 1995. p. 2-3.
- Beunen G, Thomis M. Muscular strength development in children and adolescents. *Pediatr Exerc Sci* 2000;12:174-97.
- Ramírez-Vélez R, Suárez-Ortegón MF, Aguilar de Plata AC. Association between adiposity and cardiovascular risk factors in prepubertal children. *Endocrinol Nutr* 2011;58(9):457-63.
- Aguilar de Plata AC, Pradilla A, Mosquera M, Gracia de Ramírez AB, Ortega JG, Ramírez-Vélez R. Centile values for anthropometric variables in Colombian adolescents. *Endocrinol Nutr* 2011;58(1):16-23.
- Cohen DD, Voss C, Taylor MJ, Stasinopoulos DM, Delextrat A, Sandercock GR. Handgrip strength in English schoolchildren. *Acta Paediatr* 2010; 99(7): 1065-72.
- Saint-Maurice PF, Laurson KR, Karsai I. Establishing Normative Reference Values for Handgrip Among Hungarian Youth. *Res Q Exerc Sport* 2015;86(Suppl 1):S29-36.
- 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.
- 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):1254-63.
- Kabiri LS, Hernandez DC, Mitchell K. Reliability, Validity, and Diagnostic Value of a Pediatric Bioelectrical Impedance Analysis Scale. *Child Obes* 2015;11(5):650-5.
- Ramírez-Vélez R, Triana-Reina HR. Association of muscle strength with early markers of cardiovascular risk in sedentary adults. *Endocrinol Nutr* 2013;60:433-8.
- Ramírez-Vélez R, Morales O, Peña-Ibagon JC, Palacios-López A, Prieto-Benavides DH, Vivas A, Correa-Bautista JE, Lobelo F, Alonso-Martínez A, Izquierdo M. Normative Reference Values For Handgrip Strength In Colombian Schoolchildren: The Fuprecol Study. *J Strength Cond Res*. 2016 Apr 21. [Epub ahead of print]. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001459