

Capacidad Predictiva de la Prueba de *Course-Navette* para Discriminar Riesgo Cardiometaabólico: Comparación de Ocho Diferentes Ecuaciones en Niños y Adolescentes Colombianos, Estudio FUPRECOL

German Ariel Reina
Estudiante de Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Dr. Robinson Ramírez-Vélez FT, PhD
Director de Tesis
Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)
Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Dr. Jorge Enrique Correa-Bautista FT, PhD
Co-director de Tesis
Centro de Investigación en Medición de la Actividad Física (CEMA)
Maestría en Actividad Física y Salud
Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud
Universidad del Rosario
Bogotá D.C, Colombia

Resumen

Objetivos: Este estudio tuvo dos propósitos: (i) determinar la capacidad predictiva de ocho ecuaciones de consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) que discrimine un escolar con riesgo cardiometabólico; y (ii) determinar puntos de corte de aptitud cardiorrespiratoria (ACR) asociados a un perfil de salud cardiovascular más favorable en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos: Estudio descriptivo y transversal, realizado en 2.870 escolares (54,5 % niñas) de Bogotá (Colombia). La ACR se estimó con la prueba de campo de 20 metros-ida y vuelta- (*Course-Navette test*). Se calculó una única variable denominada score de síndrome metabólico (MetScore) a partir de la tipificación Z, en función a la edad y sexo de las variables: circunferencia de cintura, triglicéridos, HDL-c, glucosa, presión arterial sistólica y diastólica, de modo que un valor ≥ 1.0 en el MetScore supone un elevado riesgo cardiometabólico.

Resultados: Los análisis de regresión lineal mostraron que la ecuación de Barnett *et al.*, ($\dot{V}O_{2\text{máx}} = 25.8 \times 6.6 \times (\text{varones} = 0, \text{mujeres} = 1) \times 0.2 \times \text{peso corporal} + 3.2 \times \text{velocidad final}$), poseía mayor precisión discriminatoria para identificar el riesgo cardiometabólico en ambos sexos y grupos etarios (infantes 9-12 años y adolescentes 13-17 años). En varones y mujeres, valores menores a $47 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y $33 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$, respectivamente, arbitrariamente podrían ser usados como indicadores tempranos de riesgo cardiovascular futuro.

Conclusión: Proponemos el uso de la ecuación de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) y los puntos de corte (47 y $33 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$), para identificar tempranamente escolares con bajos niveles de ACR, que permitan implementar intervenciones a fin de prevenir el riesgo cardiometabólico futuro.

Palabras clave (Decs): Consumo de Oxígeno; Factores de Riesgo; Estudios de Validación.

Abstract

Objective: The aim of the present study was two-fold: (i) to determine the ability of eight different $\dot{V}O_{2\max}$ equations to discriminate between low and high cardiometabolic risk; and (ii) to determine cardiorespiratory fitness (CRF) thresholds associated with a more favourable cardiovascular health profile in Colombian children and adolescents.

Methods: A cross-sectional study. CRF was estimated by the 20 m shuttle run test (*Course-Navette*) on 2,870 schoolchildren (54.5% girls) from Bogota (Colombia). We computed a metabolic syndrome score (MetScore) as the sum of the age-gender standardized scores of waist circumference, triglycerides, HDL-c, glucose, systolic and diastolic blood pressure.

Results: Linear regression analyses showed that the Barnett et al. (b) and Mahar equations were negatively associated to MetScore showing the highest discriminatory accuracy for identifying the low/high cardiometabolic risk in both genders and age group (9-12 and 13-17 years old). In conclusion, we are proposing to use Barnett et al. (b) equation [Boys and girls: $\dot{V}O_{2\max} = 25.8 \times 6.6 \times (G \text{ is gender (male} = 0, \text{ female} = 1) \times 0.2 \times \text{body mass} + 3.2 \times \text{final speed}]$ in Colombian youths to classify youths at metabolic risk.

Conclusion: The CRF cut-offs can be used as a quantitative marker of healthier cardiovascular profile Colombian in children and adolescents. Early identification of children and adolescents with low levels of CRF, will implement interventions to prevent cardio-metabolic disease in adulthood.

Key words (Mesh): Oxygen Consumption; Risk Factors; Validation Studies.

Introducción

En la actualidad, el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) es considerado como un marcador para estimar la aptitud cardiorrespiratoria (ACR) y como indicador independiente de riesgo cardiometabólico futuro [1,2]. Esto se explica pues en varios estudios epidemiológicos se ha mostrado que un bajo nivel de ACR en la infancia se asocia con un mayor riesgo de enfermedad cardiometabólica en la edad adulta, independiente de otros factores como dieta, la etnia, los niveles de actividad física, etc [3-5]. En esta misma línea, en estudios longitudinales se ha demostrado que una menor ACR durante la niñez y la adolescencia, se asocia con una mayor frecuencia de consecuencias adversas para la salud, incluyendo inflamación sistémica de bajo grado, resistencia a la insulina y síndrome metabólico [6]. Estos hallazgos se han replicado en poblaciones con distintas condiciones de salud como diabetes mellitus, hipertensión, enfermedad coronaria y varios tipos de cáncer [7,8].

Para acercarse a la medición de la ACR, varios autores [9-13] han propuesto baterías de evaluación cuyas ventajas entre otras son: la evaluación de varios sujetos simultáneamente, el poco tiempo de aplicación, la seguridad, su fácil aplicación y bajo costo. Una de las pruebas de campo más utilizadas mundialmente para estimar la ACR es la prueba *Course-Navette* de 20 metros (20m-SRT), también conocido como *20 m shuttle run test* o test de ida y vuelta en 20 m. [9, 10]. La prueba *Course-Navette*, o sus versiones modificadas, han sido incluidas en un amplio número de baterías de pruebas de aptitud física, como la EUROFIT [11], la FITNESSGRAM [12], el ALPHA [13] y más recientemente validada en población de Suramérica la batería FUPRECOL [14]. A la luz de esta evidencia, la inclusión de este indicador de salud en los sistemas de vigilancia epidemiológica en el ámbito educativo se justifica claramente [8].

En adición, la ACR cuenta con una sólida base científica que ha demostrado relación alguna con la salud presente y futura de niños y adolescentes. Asimismo, varias ecuaciones [2, 9, 15-18] se han desarrollado para estimar el $\text{VO}_{2\text{máx}}$ a partir de la velocidad máxima lograda durante la prueba de *Course-Navette* para diferentes grupos poblacionales, ajustada por otras co-variables fisiológicas relacionadas con el desempeño aeróbico, (Tabla 1).

Tabla 1. Ecuaciones para estimar el $\text{V}'\text{O}_{2\text{máx}}$ o $\text{V}'\text{O}_{2\text{peak}}$ a partir de la prueba de 20mSRT

Estudio	Muestra	Edad (años)	Variables de cálculo	Ecuación
Barnett <i>et al.</i> ^a [15]			Sexo, pliegues cutáneos y velocidad	Varones y mujeres: $\text{VO}_{2\text{peak}} = 28.3 \times 2.1 \times S \times 0.7 \times Z + 2.6 \times V$ (S es sexo (varones = 0, mujeres = 1); Z es pliegue del tríceps ; V velocidad final)
Barnett <i>et al.</i> ^b [15]	27 varones 28 mujeres	12-17	Sexo, peso corporal y velocidad	Varones y mujeres: $\text{VO}_{2\text{peak}} = 25.8 \times 6.6 \times S \times 0.2 \times P + 3.2 \times V$ (S es sexo (varones = 0, mujeres = 1); P es peso corporal (kg); V velocidad final)
Barnett <i>et al.</i> ^c [15]			Sexo, edad y velocidad	Varones y mujeres: $\text{VO}_{2\text{peak}} = 24.2 \times 5.0 \times S \times 0.8 \times A + 3.4 \times V$ (S es sexo (varones = 0, mujeres = 1); A es edad; V velocidad final)
Leger <i>et al.</i> [9]	188 varones y mujeres	8-19	Edad y velocidad	Varones y mujeres: $\text{V}'\text{O}_{2\text{máx}} = 31.025 + 3.238 \times V \times 3.248 \times A + 0.1536 \times S \times A$ (A es edad; V velocidad final (V = 8 + 0.5 x ultima estadio finalizado))
Matsuzaka <i>et al.</i> [17]	62 varones 70 mujeres	8-17	Sexo, edad, IMC y velocidad	Varones y mujeres: $\text{VO}_{2\text{peak}} = 25.9 \times 2.21 \times G \times 0.449 \times A \times 0.831 \times \text{IMC} + 4.12 \times V$ (S es sexo (varones = 0, mujeres = 1); A es edad; IMC índice de masa corporal; V velocidad final)
Mahar <i>et al.</i> [16]	61 varones 74 mujeres	12-14	Estadio finalizado, sexo y peso corporal	Varones y mujeres: $\text{VO}_{2\text{peak}} = 47.438 + (E \times 0.242) + (S \times 5.134) \times P \times 0.197$ (E Estadio finalizado; S es sexo (varones = 1, mujeres = 0); P es peso corporal (kg))
Ruiz <i>et al.</i> [2]	122 varones 71 mujeres	13-19	Estadio finalizado, sexo, edad y peso corporal	$\text{V}'\text{O}_{2\text{máx}} = (1/(1 + \exp((1/(1 + \exp(((A1 - 0.8 + (0.7))) \times (1.03329) + (B1 \times 0.114285714286 + (1.38571428571))) \times 0.54719 + (C1 \times 0.012213740458 + (0.406870229008))) \times 0.61542 + (D1 \times 0.0195598978221 + (2.76356892177)) \times 0.51381 + (E1 \times 0.0842105263158 + (0.0684210526316)) \times (0.92239) + (0.34242)))))) \times (0.95905) + 1/(1 + \exp(((A1 - 0.8 + (0.7))) \times (1.19367) + (B1 - 0.114285714286 + (1.38571428571))) \times (1.54924) + (C1 \times 0.012213740458 + (0.406870229008)) \times (3.18931) + (D1 \times 0.0195598978221 + (2.76356892177)) \times 0.77773 + (E1 \times 0.0842105263158 + (0.0684210526316)) \times 3.31887 + (0.55696)))) \times 2.19501 + 1/(1 + \exp(((A1 - 0.8 + (0.7)) - 1.38191 + (B1 - 0.114285714286 + (1.38571428571)) \times (2.14449) + (C1 \times 0.012213740458 +$

Silva <i>et al.</i> [18]	60 varones 54 mujeres	10-18	Sexo, IMC y velocidad	$(0.406870229008) \cdot 0.0485 + (D1$ $0.0195598978221 + (-2.76356892177)) \cdot 0.10879$ $+ (E1 \cdot 0.0842105263158 + (0.0684210526316))$ $\cdot (4.90052) + 0.53905))) \cdot (2.567) +$ $(0.05105))) \cdot (0.478945173945)) / 0.0204587840012$ <p>(A1 = sexo (varones = 1; mujeres = 2); B1 = edad (rango 13-19 años); C1 = peso (kg); D1 = estatura (cm); E1 = Etapa (0.5))</p> <p>Varones y mujeres: $V \cdot O_{2max} = 43.313 + 4.567 \cdot S - 0.560 \cdot IMC + 2.785 \cdot V$ (S es sexo (varones = 1, mujeres = 0); IMC índice de masa corporal; V velocidad final)</p>
--------------------------	--------------------------	-------	--------------------------	---

Fuente: Elaboración de autores

No obstante, a pesar del amplio uso en el ámbito escolar, pocos estudios han evaluado su capacidad para discriminar la relación del riesgo cardiometabólico bajo y alto, en edades tempranas [2, 18-22], en un entorno latinoamericano y en altitudes mayores a 2.000 msnm. En este contexto, para identificar tempranamente escolares con bajos niveles de ACR, que permitan implementar intervenciones para promover comportamientos saludables a fin de prevenir el riesgo cardiometabólico futuro, se propuso esta investigación que tuvo dos objetivos: (i) determinar la capacidad predictiva de ocho ecuaciones de consumo máximo de oxígeno ($V \cdot O_{2max}$) que discrimine un escolar con riesgo cardiometabólico; y (ii) determinar puntos de corte de aptitud cardiorrespiratoria (ACR) asociados a un perfil de salud cardiovascular más favorable en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia, pertenecientes al estudio FUPRECOL.

Métodos

Participantes y diseño del estudio

Durante el año lectivo 2014–2015, se analizó una sub-muestra del estudio transversal “The Fuprecol Study” [23] (en Español Asociación de la **F**uerza **P**rensil con Manifestaciones de Riesgo Cardiovascular Tempranas en Niños y Adolescentes **C**olombianos). La muestra del estudio Fuprecol incluyó 8.000 niños y adolescentes (niños $n = 4.000$ y niñas $n = 4.000$) en edades entre 9 y 17,9 años. Posteriormente, en una sub-muestra por conveniencia en un tercio de los sujetos

reclutados (n = 2.890), se extrajo una alícuota de sangre capilar para la determinación de lípidos y glucosa en ayunas. De esta sub-muestra, 2.870 participantes (54,5 % niñas) presentaron datos válidos de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ y de todos los componentes de riesgo cardiometabólico para corroborar los objetivos de este trabajo. No se observaron diferencias en las características más relevantes del estudio (p.e: edad, sexo, IMC y $\dot{V}O_{2\text{máx}}$) entre la sub-muestra del estudio actual (n = 2.870) y la muestra poblacional del estudio Fuprecol (n = 8.000, todos p > 0,100).

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, con excepción de la prueba *Course-Navette* que se evaluó una sola vez, como lo siguieron los autores de la batería Fuprecol [14]. 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 aplicaron dos componentes de la batería Fuprecol [14]:

Componente morfológico

Se midió el peso, la talla y circunferencias de acuerdo con los protocolos de validación establecidos en la batería Fuprecol [14]. 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 [$\text{IMC} = \text{peso (kg)} / \text{estatura (m)}^2$]. También se midió la circunferencia de cintura (CC) con una cinta antropométrica inextensible (Holtain Ltd., Crymych Dyfed, RU), tomando los referentes anatómicos descritos en la batería Fuprecol [14]. 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). El pliegue cutáneo (mm) de la región tricípital (PT) fue medido 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. La medida se realizó sobre el cuerpo del tríceps perpendicular a la línea media de brazo tomando como referencia el olecranon. La composición corporal 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 el *dual energy X-ray absorptiometry* (DXA) como método de referencia y calcula el porcentaje de grasa (%G), basándose en estimaciones derivadas del análisis de regresión con las variables estatura, peso y sexo.

Componente cardiorrespiratorio

Con la prueba *Course-Navette*, se evaluó la ACR a partir de un test de campo indirecto y sub-máximo de ida y vuelta de 20 m hasta llegar al agotamiento [14]. El ritmo de carrera es impuesto por una señal sonora. La velocidad inicial es de 8,5 km/h y se incrementa en 0,5 km/h con intervalos de 1 minuto, llamados etapas. El sujeto debe pisar detrás de la línea de 20 m en el momento justo en que se emite la señal sonora. La prueba finalizaba cuando el sujeto se detenía porque alcanzó la fatiga o cuando por dos veces consecutivas no llega a pisar detrás de la línea al sonido. La capacidad aeróbica se determinó a través del consumo máximo de oxígeno por $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, estimado a partir de las ocho ecuaciones descritas en el apartado de introducción (Tabla 1).

Evaluación de riesgo cardiometabólico

Se calculó un *score* de síndrome metabólico (MetScore) como la suma de las puntuaciones tipificadas *z-score* por edad y sexo con las variables (CC, TG, HDL-C, glucosa, TAS y TAD), de

la siguiente manera: $\text{MetScore} = z\text{-WC} + z\text{-triglicéridos} + z\text{-HDL-C} + z\text{-glucosa} + z\text{-TAS} + z\text{-TAD}$. Los componentes del MetScore, se seleccionaron a partir de los criterios clínicos de la Federación Internacional de Diabetes (*International Diabetes Federation* en inglés) [24] y las definiciones modificadas de Ferranti *et al.*, [25] para el diagnóstico de síndrome metabólico en población joven y en el ámbito escolar [19]. Para este estudio, se consideró elevado riesgo cardiovascular cuando un participante presentaba ≥ 1 desviación estándar en el MetScore [26]. Así, entre más alto sea el valor del MetScore, mayor es el riesgo cardiovascular.

Maduración sexual

El estado de maduración se evaluó mediante auto-declaración de la estadificación de maduración sexual según dibujos estándar que distinguen las características de desarrollo genital y vello pubiano en chicos, y desarrollo mamario y vello pubiano en chicas (agrupados en 3 etapas: pre-púber/púber(post-púber) [14]. La reproductibilidad de nuestros datos alcanzó el 78 %. Todos los datos se registraron en papel por los evaluadores del estudio FUPRECOL.

Declaración de ética

Antes del inicio 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 estudio Fuprecol se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la Resolución 008430 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 de la Universidad encargada del estudio (Universidad del Rosario Código: UR N° CEI-ABN026-000262).

Análisis estadístico

Todos los análisis se realizaron para varones y mujeres por separado y por sub-grupos de edad (infantes de 9 a 12 años y adolescentes de 13 a 17 años). Los datos de los componentes morfológicos y de la ACR se presentaron como media, desviación estándar o frecuencias (porcentajes) según el tipo de variable. La distribución de las variables se evaluó con la prueba de *Kolmogorov-Smirnov*. Las diferencias por sexo y sub-grupo de edad, se evaluaron mediante análisis de varianza (ANOVA) o Chi cuadrado dependiendo del caso. Se aplicaron análisis de regresión lineal entre el MetScore y las ocho ecuaciones de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, ajustadas por la maduración sexual como co-variable. Se calculó la sensibilidad de cada una de las ecuaciones del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ como la probabilidad de clasificar a los sujetos con SM cuando tienen el verdadero evento o un MetScore ≥ 1 desviación estándar. La especificidad fue la probabilidad de clasificar a los participantes con bajo riesgo o con un MetScore < 1 desviación estándar (verdaderos negativos). Con el análisis *Curva Receiver Operating* (ROC), se calculó el índice de probabilidad (*Likelihood Ratio*) Positivo LR (+) y el índice de probabilidad negativo LR (-). Para cada ecuación se calcularon las áreas bajo las curvas (AB) con su respectivo error estándar (\pm EE) y se compararon entre ellas con la prueba Z [28]. El procesamiento y análisis de la información se realizó con el programa Statistical Package for Social Science® software, versión 22 (SPSS; Chicago, IL, USA) y el nivel de significancia se fijó en $\alpha < 0,05$.

Resultados

Las características morfológicas y el desempeño de la ACR de los participantes estratificados por sexo y sub-grupo de edades se presentan en la Tabla 1. La muestra final presentó una edad promedio (desviación estándar (DE); [rango]) de 13,0 (2,3; [9–17] años) y fue compuesta

en su mayoría de mujeres (54,5 %). En general, los varones y mujeres en edad adolescente (13-17 años) presentaron valores más elevados en la mayoría de los parámetros estudiados que en los infantes de 9-12 años, excepto en el colesterol total, LDL-C y TG en los niños y en la PAS y en el MetScore en las niñas. En el sub-grupo de niñas (9-12 años), la capacidad predictiva de riesgo cardiometabólico por un menor $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fue menor que en las mujeres adolescentes de 13-17 años, resultado que coincide en varones.

Tabla 2. Características de la población en función al sexo y grupo etario, (n=2.860)

	Varones (n=1,300)		Valor P	Mujeres (n=1,560)		Valor P
	9-12 años (n=461)	13-17 años (n=839)		9-12 años (n=577)	13-17 años (n=983)	
Edad (años)	10.7 (1.1)	14.7 (1.3)	<0.001	10.8 (1.1)	14.6 (1.3)	<0.001
Peso (kg)	37.6 (9.6)	53.0 (10.4)	<0.001	38.2 (8.8)	50.9 (8.6)	<0.001
Estatura (cm)	142.4 (10.1)	162.8 (9.6)	<0.001	142.7 (9.1)	155.3 (6.1)	<0.001
IMC (kg/m ²)	18.4 (3.0)	19.9 (2.8)	<0.001	18.5 (2.8)	21.0 (3.0)	<0.001
Circunferencia de cintura (cm)	62.2 (7.7)	67.5 (6.8)	<0.001	60.1 (7.1)	65.9 (6.8)	<0.001
Pliegue tricípital (mm)	15.8 (5.6)	14.3 (5.5)	0.002	17.6 (5.6)	20.9 (5.9)	0.001
Masa grasa (%)	19.3 (6.5)	15.1 (5.9)	<0.001	23.6 (5.8)	25.7 (6.0)	<0.001
Estado madurativo, (%) ^{a,b}	16.9/82.5/0.5	22.1/76.3/1.6	0.001	1.7/94.2/4.1	2.0/91.2/6.8	0.023
Presión sistólica (mmHg)	111.0 (13.7)	114.4 (14.0)	<0.001	109.6 (13.8)	110.6 (11.5)	0.141
Presión diastólica (mmHg)	66.6 (8.9)	68.9 (9.4)	<0.001	67.1 (8.6)	69.4 (8.6)	<0.001
Colesterol total (mg/dl)	152.1 (30.3)	132.9 (30.3)	0.060	151.3 (29.3)	148.3 (31.3)	<0.001
HDL (mg/dl)	51.5 (13.1)	44.4 (11.2)	0.016	48.4 (13.0)	46.9 (11.7)	<0.001
LDL (mg/dl)	86.6 (30.0)	78.6 (35.9)	0.348	86.0 (26.6)	84.6 (29.4)	<0.001
Triglicéridos (mg/dl)	86.8 (44.7)	84.4 (35.8)	0.820	96.0 (60.4)	96.7 (50.2)	0.965
Glucosa en ayunas (mg/dl)	85.3 (16.2)	82.3 (15.5)	0.001	83.3 (15.0)	80.5 (16.1)	0.001
MetScore	-0.030 (0.503)	-0.002 (0.474)	0.161	0.009 (0.517)	-0.027 (0.469)	0.315
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$						
Recorridos (totales)	22.9 (14.1)	47.5 (20.0)	<0.001	16.9 (8.4)	25.5 (12.5)	<0.001
Estapa (finalizada)	3.4 (1.7)	6.2 (2.2)	<0.001	2.7 (1.0)	3.7 (1.5)	<0.001
Velocidad máx (km•h ⁻¹)	9.7 (0.8)	11.1 (1.1)	<0.001	9.4 (0.5)	9.9 (0.8)	<0.001
$\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (ml•kg ⁻¹ •min ⁻¹)						
Barnett <i>et al.</i> ^a [15]	42.3 (5.1)	47.1 (5.4)	<0.001	38.2 (4.3)	37.3 (4.6)	<0.001
Barnett <i>et al.</i> ^b [15]	49.2 (3.2)	50.6 (3.8)	<0.001	36.1 (2.3)	35.2 (3.0)	<0.001
Barnett <i>et al.</i> ^c [15]	48.6 (2.7)	50.1 (3.5)	<0.001	42.4 (1.7)	41.0 (2.6)	<0.001
Leger <i>et al.</i> [9]	43.6 (3.9)	44.2 (5.7)	0.050	41.8 (2.7)	37.6 (4.4)	<0.001
Matsuzaka <i>et al.</i> [17]	45.8 (4.7)	48.5 (5.3)	<0.001	42.0 (3.4)	40.3 (4.2)	<0.001
Mahar <i>et al.</i> [16]	50.7 (3.8)	53.6 (5.1)	0.036	44.0 (2.6)	43.6 (3.6)	<0.001
Ruiz <i>et al.</i> [2]	47.3 (7.7)	56.3 (5.1)	<0.001	41.0 (4.8)	42.2 (6.4)	<0.001
Silva <i>et al.</i> [18]	47.1 (5.3)	54.0 (6.5)	<0.001	40.5 (3.4)	41.9 (4.7)	<0.001

Datos presentados en media (desviación estándar) o frecuencias (%)

^a Diferencia entre grupos por análisis de varianza (ANOVA) o Chi cuadrado según el caso

^b Pre-púber/púber/post-púber

Se observó que las niñas de 9-12 años, presentaron menores valores en la ACR que los niños, en las ocho ecuaciones aplicadas en este trabajo: Barnett *et al.*, (ecuación a-c) [15]; Leger *et al.*, [9]; Matsuzaka *et al.*, [17]; Mahar *et al.*, [16]; Ruiz *et al.*, [2]; Silva *et al.*, [18] ($p < 0,05$). Los análisis de regresión lineal indicaron que las ecuaciones de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [15] (niños 9-12 años: -0,449; $p < 0,001$; niñas 9-12 años: -0,345; $p < 0,001$), (niños 13 - 17 años: -0,377; $p < 0,001$; niñas: -0,349; $p < 0,001$) y Mahar *et al.*, [16] (niños 9-12 años: -0,356; $p < 0,001$; niñas 9-12 años: -0,386; $p < 0,001$), (niños 13-17 años: -0,365; $p < 0,001$; niñas: -0,389; $p < 0,001$) presentaron el mayor coeficiente de regresión con la variable MetScore en ambos sexos y grupos etarios (Tabla 2).

Tabla 3. Correlaciones entre las ocho ecuaciones para estimar el $V'O_{2\text{máx}}$ o $V'O_{2\text{peak}}$ a partir de la prueba de *Course-Navette* y MetScore por sexo y sub-grupos de edad

	Varones		Mujeres	
	9-12 años	13-17 años	9-12 años	13-17 años
$V'O_{2\text{max}}$ ($\text{ml}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)				
Barnett <i>et al.</i> ^a [15]	-0.311**	-0.302**	-0.306**	-0.335**
Barnett <i>et al.</i> ^b [15]	-0.449**	-0.377**	-0.345**	-0.349**
Barnett <i>et al.</i> ^c [15]	-0.127**	-0.064	-0.043	-0.093**
Leger <i>et al.</i> [9]	-0.133**	-0.065	-0.024	-0.096**
Matsuzaka <i>et al.</i> [17]	-0.307**	-0.295**	-0.396**	-0.337**
Mahar <i>et al.</i> [16]	-0.356**	-0.365**	-0.386**	-0.389**
Ruiz <i>et al.</i> [2]	-0.302**	-0.310**	0.098*	-0.186**
Silva <i>et al.</i> [18]	-0.290**	-0.185**	-0.300**	-0.233**

* $p < 0,05$; ** $p < 0,001$

En la Tabla 3, se describen los resultados de la sensibilidad y especificidad de las ocho ecuaciones predictivas de $VO_{2\text{máx}}$ para detectar elevados sujetos con elevado/bajo riesgo cardiometabólico en el MetScore en función al sexo y grupo etario. En conjunto, los análisis de las curvas ROC de las ecuaciones de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [15] y Mahar *et al.*, [16] presentaron la mayor precisión discriminatoria para identificar riesgo cardiometabólico a partir del MetScore en ambos sexos, excepto para las niñas de 9 a 12 años de edad.

Tabla 4. Sensibilidad y especificidad de las ocho ecuaciones para estimar el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ o $\dot{V}O_{2\text{peak}}$ a partir de la prueba de *Course-Navette* y *MetScore* por sexo y sub-grupos

	Niños (9-12 años)		Adolescentes (13-17 años)	
	Varones	Mujeres	Varones	Mujeres
Barnett et al. ^a [15]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	41.2	32.8	43.8	36.2
J-Youden	0.609	0.435	0.638	0.494
Sensibilidad	94.1	52.6	84.6	87.5
Especificidad	66.8	90.9	79.2	61.9
ABC	0.847	0.736	0.846	0.781
Barnett et al. ^b [15]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	47.9	34.4	48.0	33.8
J-Youden	0.64	0.599	0.598	0.509
Sensibilidad	94.1	78.9	80.8	81.3
Especificidad	69.9	81.0	79.0	69.6
ABC	0.860	0.827	0.853	0.767
Barnett et al. ^c [15]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	48.1	42.7	47.5	39.5
J-Youden	0.361	0.152	0.392	0.236
Sensibilidad	88.2	78.9	61.5	50.0
Especificidad	47.9	36.3	77.7	73.6
ABC	0.660	0.575	0.697	0.635
Leger et al. [9]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	43.7	41.8	39.2	36.4
J-Youden	0.319	0.086	0.434	0.234
Sensibilidad	88.2	63.2	61.5	62.5
Especificidad	43.7	45.4	81.9	60.9
ABC	0.689	0.539	0.704	0.635
Matsuzaka et al. [17]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	43.2	38.4	45.3	38.5
J-Youden	0.715	0.578	0.612	0.491
Sensibilidad	94.1	68.4	84.6	81.3
Especificidad	77.4	89.4	76.6	67.8
ABC	0.899	0.578	0.844	0.766
Mahar et al. [16]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	49.6	41.9	51.1	41.4
J-Youden	0.541	0.586	0.546	0.441
Sensibilidad	94.1	73.7	84.6	68.8
Especificidad	60.0	84.9	70.0	75.3
ABC	0.840	0.847	0.820	0.757
Ruiz et al. [2]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	46.6	44.0	53.5	40.6
J-Youden	0.541	0.144	0.535	0.407
Sensibilidad	100	89.5	76.9	87.5
Especificidad	54.1	24.9	76.6	53.2
ABC	0.809	0.444	0.791	0.720
Silva et al. [18]				
$\dot{V}O_{2\text{max}}$ punto de corte	38.6	39.3	49.4	38.6
J-Youden	0.378	0.53	0.491	0.378
Sensibilidad	62.5	89.5	73.1	62.5
Especificidad	75.3	63.5	76.0	75.3
ABC	0.835	0.814	0.780	0.722

ABC, area bajo la curva; $\dot{V}O_{2\text{max}}$ expresado en $\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$

No se reportaron diferencias entre las ABC y las ecuaciones propuestas por Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [15] y Mahar *et al.*, [16] en ningún grupo etario y sexo (Tabla 4). Por lo tanto, el uso de la segunda ecuación descrita por Barnett *et al.*, [15], parece ser la mejor opción para ser aplicado en el ámbito escolar, debido a su mayor precisión para clasificar niños y adolescentes colombianos en alto/bajo riesgo cardiometabólico.

Tabla 5. Diferencias de las áreas bajo la curva (ABC) entre la ecuación de Barnett et al. (b) y la ecuación Mahar et al. en función al sexo y grupo de edad

	Barnett et al. ^b		Mahar et al.		Correlación	Valor Z
	[16]		[17]			
	ABC	EE	ABC	EE		
Mujeres (9 - 12 años)	0.827	0.049	0.847	0.043	0.80	0.764
Mujeres (13 - 17 años)	0.767	0.056	0.757	0.055	0.72	0.904
Varones (9 - 12 años)	0.860	0.043	0.840	0.045	0.82	0.749
Varones (13 - 17 años)	0.853	0.038	0.820	0.043	0.77	0.826

ABC: áreas bajo la curva; EE: error estándar

Finalmente, la Figura 1 ilustra las curvas ROC para los niños y niñas en ambos grupos etarios, respectivamente. Los puntos de corte para ACR fueron 47,9 y 34,4 mL·kg⁻¹·min⁻¹ en los niños y niñas de 9 a 12 años de edad, respectivamente; y 48,0 y 33,8 mL·kg⁻¹·min⁻¹ en los niños y niñas de 13 a 17 años de edad, respectivamente.

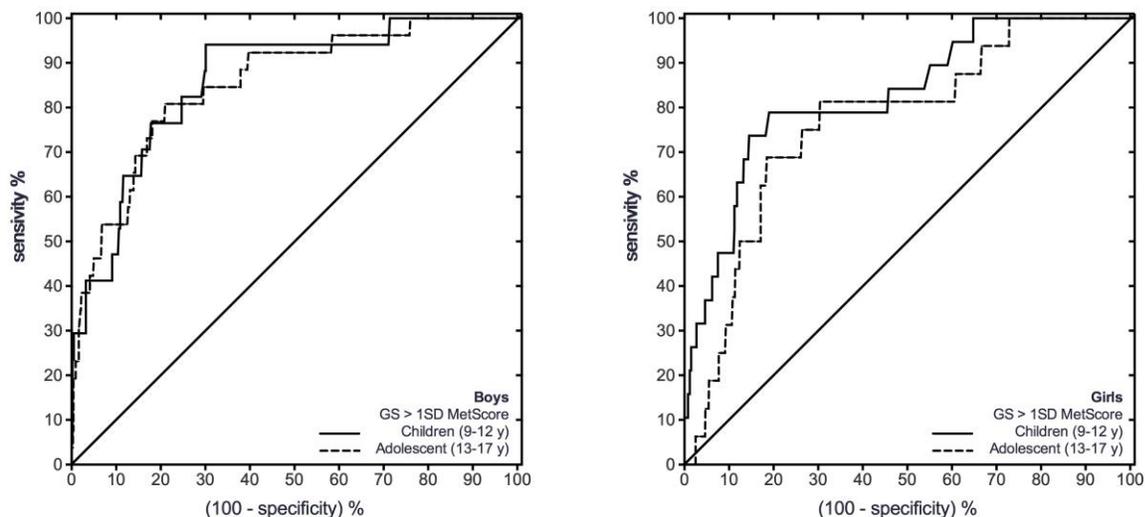


Figura 1. Curvas ROC entre la ecuación de Barnett et al.^b para clasificar un sujeto con ≥ 1.0 en el MetScore por sexo y grupo de edad. GS, gold standard.

Discusión

A partir de nuestros resultados, proponemos el uso de la ecuación de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [$VO_{2m\acute{a}x} = 25,8 \times 6,6 \times (S \text{ es sexo (varones} = 0, \text{ mujeres} = 1) \times 0,2 \times \text{peso corporal} + 3,2 \times \text{velocidad final del test}]$, para clasificar niños y adolescentes con elevado riesgo cardiometabólico. Adicionalmente, los análisis de regresión lineal demostraron que el $VO_{2m\acute{a}x}$ estimado a partir de esta ecuación; se asociaba de manera negativa y significativa con un MetScore menor en ambos sexos y sub-grupos de edad.

Las diferencias de los resultados obtenidos a partir de las ecuaciones podrían ser explicadas parcialmente por los protocolos de las pruebas y/o los procedimientos de laboratorios (ergoespirometría) usados en cada uno de los ocho estudios. A pesar de ello, el objetivo de este trabajo se centró en analizar la ecuación que mostrase la mejor asociación y capacidad predictiva con el MetScore en una muestra de escolares de Bogotá, Colombia. Así, las ecuaciones que presentaron mayor precisión para clasificar los participantes en riesgo, fueron las ecuaciones de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [15] y la propuesta por Mahar *et al.*, [16].

Destacamos que la ecuación de Barnett *et al.*, [15] se desarrolló en China, a partir de un estudio de validación cruzada teniendo como base la ecuación descrita por Leger *et al.*, [9] sobre una muestra de 55 estudiantes de 12 a 17 años de edad, donde presentaron tres modelos de regresión (Tabla 1). En el estudio de Mahar *et al.*, [16], se propuso una ecuación basada en el sexo, el número de vueltas en el test de *Course-Navette* y el peso corporal, en una muestra de 61 niños y 74 niñas en edades entre los 12 y 14 años. La precisión levemente menor de la ecuación de Mahar *et al.*, [16] podría explicarse en parte, al rango de edad de los participantes involucrados en el estudio, puesto que no incluyeron sujetos en edad adolescente (13-17 años). Sobre este aspecto, se ha descrito que la adolescencia representa un periodo de la vida durante el cual muchos cambios ocurren, por ejemplo, los valores de $VO_{2m\acute{a}x}$ están influenciados a procesos de maduración sexual,

patrones dietarios, niveles de actividad física, factores neuro-hormonales y factores étnicos propios de cada población. La literatura al respecto, apoya los hallazgos de este trabajo acerca de la existencia de un dimorfismo sexual según el cual las mujeres parecen presentar una ganancia ponderal de grasa mayor que los varones durante la pubertad [14,15]. De la misma manera, las diferencias por sexo podrían también ser explicadas en parte, a la secreción de hormonas sexuales (testosterona, principalmente), pues se ha descrito que los esteroides endógenos son determinantes en el aumento de la masa magra que acompaña valores más elevados en el $\text{VO}_{2\text{máx}}$, principalmente en varones.

Al comparar ambas regresiones, la ecuación de Barnett *et al.*, (segunda fórmula) [15] en escolares colombianos parece ser la apropiada, debido a su mayor precisión para clasificar los jóvenes en riesgo metabólico. Esto se debe a que las curvas ROC generadas en esta fórmula de predicción, mostraron ABC y límites del intervalo de confianza del 95% elevadas, lo cual sugiere que los puntos de corte resultantes no se dieron al azar (todos ABC >0,75) y efectivamente, permite discriminar un sujeto con riesgo cardiometabólico bajo o alto, a partir del desempeño de la prueba de *Course-Navette*.

A partir de este reporte y con el fin de definir clínica y epidemiológicamente puntos de corte del $\text{V}'\text{O}_{2\text{máx}}$ útiles en el contexto escolar y pediátrico, sugerimos arbitrariamente 47,9 y 34,4 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en los niños y niñas de 9 a 12 años de edad, respectivamente; y 48,0 y 33,8 $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en los varones y mujeres de 13 a 17 años de edad, respectivamente. Estos puntos de corte, han sido propuestos también en trabajos con escolares de EEUU, Japón y España [4, 19-22, 29, 30]. No obstante, hemos observado que los valores de las niñas son más bajos que los presentados por Sasayama *et al.*, [29] en niños japoneses de 9-10 años de edad, indicando que el nivel ACR estimado con el test de *Course-Navette* puede diferir según la región geográfica, al proceso de maduración sexual o a factores étnicos propios de cada población [10]. Otra posible

explicación, es el protocolo usado en estos estudios, pues variables como la presión barométrica de las ciudades donde se aplicó el test, y las ecuaciones de predicción para estimar la ACR también difieren, limitando así la comparabilidad entre estudios [4, 5]. Por ejemplo, en el reporte de Ruiz *et al.*, [2] y Adegboye *et al.*, [20], la ACR se evaluó mediante una prueba de ciclo-ergómetro; mientras que en el trabajo de Lobelo *et al.*, [22] y Welk *et al.*, [30] se utilizaron pruebas submáximas en caminadoras.

Tomando los hallazgos presentes y los previamente publicados en el ámbito escolar, niños y adolescentes ubicados con valores menores a $47 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en varones y menores de $33 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en mujeres, podrían ser indicativo de riesgo cardiovascular futuro. En términos de promoción de la salud y prevención de la enfermedad cardiometabólica, poseer una baja ACR es potencialmente patológico y sitúa al sujeto ante un certero riesgo independiente de enfermedad no transmisible [14]. En este sentido, nuestros puntos de corte brindan un método útil para clasificar correctamente la aptitud aeróbica y el riesgo metabólico futuro en los niños y adolescentes colombianos. De esta manera, el ámbito escolar constituye un espacio privilegiado para promover hábitos de ejercicio y preservar la salud cardiovascular. Como estrategia de vigilancia epidemiológica de la condición física escolar, se sugiere incluir la evaluación del parámetro de ARC junto a la determinación convencional de otros factores de riesgo tradicionales en la prevención y tratamiento de los factores de riesgo asociados a enfermedad cardiometabólica en las instituciones de educación del Distrito Bogotá.

Limitaciones

Nuestro estudio presentó varias limitaciones. Primero, usamos el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ a partir de una sola prueba de campo (*Course-Navette*), debido a su fácil aplicación, bajo costo y a que permite medir varios sujetos al mismo tiempo en un contexto escolar. No obstante, otros estudios deberán

confirmar nuestros puntos de corte usando la medición directa del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ a través de pruebas de laboratorio. Segundo, este estudio se llevó a cabo en una ciudad de Colombia, pero cubrió 29 colegios dentro de esa ciudad. En este sentido, los puntos de corte arbitrarios de este estudio necesitan confirmarse utilizando muestras representativas y de otras áreas geográficas del país. También sería de interés corroborar, si los puntos de corte propuestos en este trabajo, presentan adecuada sensibilidad y/o especificidad para detectar sujetos con riesgo cardiovascular al combinarse con otras medidas de la condición física como la fuerza prensil o los niveles de actividad física. A pesar de estas limitaciones, se observó convergencia de los resultados con datos reportados en otros estudios internacionales [4, 19-22, 29, 30].

Entre las fortalezas, destacamos se usamos una muestra poblacional numerosa de ambos sexos, lo que ofrece nuevas perspectivas acerca del estado de salud y la condición física 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 en salud. Además, este trabajo es el primero en América Latina que usa el test de *Course-Navette* como una prueba de vigilancia epidemiológica en el ámbito escolar y pediátrico. En síntesis, la valoración de la ARC a través del test *Course-Navette* puede considerarse como una 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 cuya ACR es susceptible de mejora mediante ejercicio físico programado.

Conclusiones

A partir de nuestros resultados, proponemos el uso de la ecuación de Barnett *et al.*, [15] (segunda fórmula) [$\dot{V}O_{2\text{máx}} = 25,8 \times 6,6 \times (S \text{ es sexo (varones} = 0, \text{ mujeres} = 1) \times 0,2 \times \text{peso corporal} + 3,2 \times \text{velocidad final del test}]$, para clasificar niños y adolescentes con riesgo elevado

cardiometabólico. Nuestros puntos de corte podrían ser utilizados por los profesionales relacionados con las ciencias del ejercicio, profesores de educación física, entrenador deportivo, entre otros, debido a su fácil aplicación, bajo costo y a que permite medir varios sujetos al mismo tiempo.

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° 122265743978.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de escolares, profesores y personal administrativo de las instituciones educativas que se involucraron activamente en este estudio, así como también a las autoridades de la Secretaría de Educación Distrital de Bogotá que aprobaron la realización de esta investigación.

Referencias

1. Taylor HL, Buskirk E, Henschel A: Maximal oxygen intake as an objective measure of cardio-respiratory performance. *Journal of Applied Physiology* 1955, 8:73-80.
2. Ruiz JR, Ramirez-Lechuga J, Ortega FB, Castro-Pinero J, Benitez JM, Arauzo-Azofra A, Sanchez C, Sjöström M, Castillo MJ, Gutierrez A: Artificial neural network-based equation for

estimating VO₂max from the 20m shuttle run test in adolescents. *Artificial Intelligence in Medicine* 2008, 44:233-245.

3. Lobelo F, Pate RR, Dowda M, Liese AD, Daniels SR: Cardiorespiratory fitness and clustered cardiovascular disease risk in US adolescents. *Journal of Adolescent Health* 2010, 47:352-359.

4. Ruiz JR, Huybrechts I, Cuenca-García M, Artero EG, Labayen I, Meirhaeghe A, Vicente-Rodriguez G, Polito A, Manios Y, González-Gross M: Cardiorespiratory fitness and ideal cardiovascular health in European adolescents. *Heart* 2015, 101:766-773.

5. Ruiz JR, Ortega FB, Meusel D, Harro M, Oja P, Sjöström M: Cardiorespiratory fitness is associated with features of metabolic risk factors in children. Should cardiorespiratory fitness be assessed in a European health monitoring system? The European Youth Heart Study. *Journal of Public Health* 2006, 14:94-102.

6. Ruiz JR, Castro-Piñero J, España-Romero V, Artero EG, Ortega FB, Cuenca MM, Jimenez-Pavón D, Chillón P, Girela-Rejón MJ, Mora J: Field-based fitness assessment in young people: the ALPHA health-related fitness test battery for children and adolescents. *British Journal of Sports Medicine* 2010:bjsports75341.

7. LaMonte MJ, Blair SN: Physical activity, cardiorespiratory fitness, and adiposity: contributions to disease risk. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care* 2006, 9:540-546.

8. Olds T, Tomkinson G, Léger L, Cazorla G: Worldwide variation in the performance of children and adolescents: an analysis of 109 studies of the 20-m shuttle run test in 37 countries. *Journal of Sports Sciences* 2006, 24:1025-1038.

9. Léger L, Lambert J, Goulet A, Rowan C, Dinelle Y: Capacité aérobie des Québécois de 6 à 17 ans-test navette de 20 mètres avec paliers de 1 minute. *Can J Appl Sport Sci* 1984, 9:64-69.

10. Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, Dale M, LeBlanc AG, Belanger K, Ortega FB, Léger L: International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *British Journal of Sports Medicine* 2016:bjsports-2016-095987.
11. Adam C: Eurofit: Handbook for the eurofit tests of physical fitness. Italian National Olympic Committee, Central Direction for Sport's Technical Activities Documentation and Information Division; 1988.
12. Meredith MD, Welk G: Fitnessgram: Test administration manual. Human Kinetics Publishers; 2003.
13. Ruiz J, España RV, Castro PJ, Artero E, Ortega F, Cuenca GM, Jiménez PD, Chillón P, Girela RM, Mora J: [ALPHA-fitness test battery: health-related field-based fitness tests assessment in children and adolescents]. *Nutricion Hospitalaria* 2010, 26:1210-1214.
14. 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:e0140875.
15. Barnett A, Chan L, Bruce IC: A Preliminary Study of the 20-m Multistage Shuttle Run as a Predictor of Peak VO₂ in Hong Kong Chinese Students. *Pediatric Exercise Science* 1993, 5.
16. Mahar MT, Welk GJ, Rowe DA, Crotts DJ, McIver KL: Development and Validation of a Regression Model to Estimate VO₂ peak From PACER 20-m Shuttle Run Performance. *Journal of Physical Activity & Health* 2006, 3:S34.
17. Matsuzaka A, Takahashi Y, Yamazoe M, Kumakura N, Ikeda A, Wilk B, Bar-Or O: Validity of the multistage 20-m shuttle-run test for Japanese children, adolescents, and adults. *Pediatric Exercise Science* 2004:113-125.

18. Silva G, Oliveira NL, Aires L, Mota J, Oliveira J, Ribeiro JC: Calculation and validation of models for estimating VO₂max from the 20-m shuttle run test in children and adolescents. *Archives of Exercise in Health and Disease* 2011, 3:145-152.
19. Moreira C, Santos R, Ruiz JR, Vale S, Soares-Miranda L, Marques AI, Mota J: Comparison of different VO₂max equations in the ability to discriminate the metabolic risk in Portuguese adolescents. *Journal of Science and Medicine in Sport* 2011, 14:79-84.
20. Adegboye AR, Anderssen SA, Froberg K, Sardinha LB, Heitmann BL, Steene-Johannessen J, Kolle E, Andersen LB: Recommended aerobic fitness level for metabolic health in children and adolescents: a study of diagnostic accuracy. *British Journal of Sports Medicine* 2010:bjsports68346.
21. Boddy LM, Thomas NE, Fairclough SJ, Tolfrey K, Brophy S, Rees A, Knox G, Baker JS, Stratton G: ROC generated thresholds for field-assessed aerobic fitness related to body size and cardiometabolic risk in schoolchildren. *PloS ONE* 2012, 7:e45755.
22. Lobelo F, Pate R, Dowda M, Liese A, Ruiz J: Validity of cardiorespiratory fitness criterion-referenced standards for adolescents. *Medicine Science in Sports Exercise* 2009, 41:1222.
23. Ramírez-Vélez R, Morales O, Peña-Ibagón 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. *Journal of strength and conditioning research/National Strength & Conditioning Association* 2016.
24. Zimmet P, Alberti KGM, Kaufman F, Tajima N, Silink M, Arslanian S, Wong G, Bennett P, Shaw J, Caprio S: The metabolic syndrome in children and adolescents—an IDF consensus report. *Pediatric Diabetes* 2007, 8:299-306.

25. de Ferranti SD, Gauvreau K, Ludwig DS, Neufeld EJ, Newburger JW, Rifai N: Prevalence of the metabolic syndrome in American adolescents findings from the Third National Health and Nutrition Examination Survey. *Circulation* 2004, 110:2494-2497.
26. Ruiz JR, Ortega FB, Rizzo NS, Villa I, Hurtig-Wennlöf A, Oja L, Sjöström M: High cardiovascular fitness is associated with low metabolic risk score in children: the European Youth Heart Study. *Pediatric Res.* 2007; 61:350-355.
27. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976; 51(3):170-179.
28. Hanley JA, McNeil BJ. A method of comparing the areas under receiver operating characteristic curves derived from the same cases. *Radiology.* 1983; 148(3):839-843.
29. Sasayama K, Ochi E, Adachi M. Importance of Both Fatness and Aerobic Fitness on Metabolic Syndrome Risk in Japanese Children. *PloS ONE.* 2015; 10(5):e0127400.
30. Welk GJ, Laurson KR, Eisenmann JC, et al. Development of youth aerobic-capacity standards using receiver operating characteristic curves. *Am J Prev Med.* 2011; 41(4):111-116.