



Universidad Pública de Navarra,
Departamento de Ciencias de la Salud

*Actividad física, comportamientos sedentarios y condición
física en escolares latinos*

TESIS DOCTORAL

Daniel Humberto Prieto Benavides

Septiembre de 2019

Tutores

Mikel Izquierdo, PhD

Robinson Ramirez-Velez, PhD

Tabla de contenido

	Página
Tabla de contenido	2
Índice de Tablas	3
Índice de Graficas	3
Resumen	4
Declaración	6
Agradecimientos	7
Apoyo financiero y Listado de publicaciones	8
Descripción general	9
Capítulo 1 Condición Física Relacionada con la Salud	17
Capítulo 2 Niveles de actividad física, condición física y tiempo en pantallas en escolares de Bogotá, Colombia	24
Capítulo 3 Puntos de corte de la aptitud cardiorrespiratoria relacionados con los parámetros de adiposidad corporal en adolescentes latinoamericanos	41
Capítulo 4 Discusión General	57
Capítulo 5 Conclusiones y aplicaciones prácticas	61
Capítulo 6 Artículos	64

Índice de Tablas

	Página
Capítulo 2	
Tabla 1 Características generales de los escolares Evaluados	31
Tabla 2 Correlación parcial entre los niveles de Actividad física, características Antropométricas y condición física cardiorespiratoria con la salud en escolares de Bogotá, Colombia.	32
Tabla 3 Índice de riesgo (odds ratio) para el cumplimiento de las recomendaciones de actividad física, según tipo, tiempo de pantalla y sexo.	33
Capítulo 3	
Tablas 1 Características de la muestra	48
Tablas 2 Propiedades de diagnóstico de VO ₂ pico (prueba de ida y vuelta) de 20 mts según ecuación de Leger) para detectar la obesidad por grupo de edad y sexo.	49
Tabla 3 Coeficiente de asociación de correlación de Pearson, entre la aptitud cardiorespiratoria y parámetros de composición corporal.	50
Tabla 4 Asociación entre el nivel de aptitud cardiorespiratorio no saludable y la obesidad por sexo.	50

Índice de Graficas

Capítulo 1	
Grafica 1 Relación entre el cumplimiento de la recomendación de actividad física, tipo y tiempo a exposición a pantallas en escolares de Bogotá, Colombia.	33

Resumen

La presente tesis tiene como eje fundamental estudiar la relación de la actividad física, condición física, y conductas sedentarias, en niños y adolescentes de dos cohortes de países de América del Sur (Colombia y Chile).

se ha propuesto en recientes estudios epidemiológicos, que los comportamientos sedentarios (como tiempo de exposición a pantallas) se relaciona con el incremento de distintos factores de riesgo cardiovascular (FRCV), que a su vez se asocian a enfermedades cardiovasculares (ECV) como hipertensión, dislipemia e insulinoresistencia. Adicionalmente, los comportamientos sedentarios y la baja condición física se han relacionado con un menor desempeño escolar, trastornos del sueño, problemas de interacción social e incluso con la aparición temprana de enfermedades crónicas. Por estas razones, se hace necesario evaluar esta relaciones de la condición física y las conductas sedentarias en niños y adolescentes y plantear estrategia que prevengan la aparición temprana de enfermedades cardiovasculares.

Esta tesis doctoral se basa en dos estudios científicos que han sido publicados en revistas científicas internacionales. En el primer estudio (Capítulo 2), nuestro objetivo fue examinar la relación entre los niveles de actividad física (AF) de forma objetiva, la condición física (CF) y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. El segundo estudio (Capítulo 3) tuvo dos objetivos: *i*) identificar la capacidad cardiorrespiratoria (CRF) estimada por la prueba de campo del test de ida y vuelta de 20 m (20 mSRT) diferenciadas entre fenotipos "saludables" y "no saludables" (por medidas de composición corporal) en adolescentes; y evaluar la asociación entre la obesidad y el consumo pico de oxígeno relativo (VO_{2pico}) en una muestra grande y diversa de jóvenes latinoamericanos.

Estudio 1 (Capítulo 2)

El objetivo de este primer estudio fue examinar la relación entre los niveles de actividad física (AF) de forma objetiva, la condición física (CF) y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia, es un estudio descriptivo y transversal, realizado en 149 niños y adolescentes en edad escolar entre 9 y 17 años de Bogotá, Colombia.

Los niveles de AF se valoraron con acelerómetro durante siete días. El tipo y tiempo de exposición a pantallas se registró por autoreporte, los hallazgos de este estudio fueron que *las* mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa mostraron una relación lineal con la capacidad aeróbica ($r = 0,366$), y una relación inversa con el pliegue tricípital ($r = -0,257$) y subescapular ($r = -0,237$), $p < 0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionaron con mayores valores de flexibilidad ($r = 0,277$), mientras que los niveles de AFMV se relacionaron positivamente con la capacidad aeróbica ($r = 0,347$), $p < 0,05$. Por último, los escolares que permanecieron menos de 2 h/día frente a pantallas de TV mostraron 1,819 veces de (IC 95% 1,401-2,672) oportunidad para cumplir las recomendaciones de AF. En conclusión, los escolares que registraron valores de AF moderado y vigoroso de forma objetiva presentaron mejores niveles en la CF, especialmente en la capacidad aeróbica y la flexibilidad, y menores valores en los pliegues cutáneos.

Estudio 2 (Capítulo 3)

El objetivo de este estudio está dividido en dos; el primero de ellos es identificar la capacidad cardiorespiratoria estimada por la prueba de ida y vuelta de 20 metros de Navett (20 mSRT) y diferenciar entre fenotipos "saludables" y "no saludables" en adolescentes; por otra parte el segundo objetivo era evaluar la asociación entre la obesidad y el consumo pico de oxígeno relativo (VO^2_{pico}) en una muestra grande y diversa de jóvenes latinoamericanos, esto en un total de 72,505 adolescentes de entre 13 y 15 años fueron reclutados en Chile y Colombia (47.5% de niñas) en donde se midió la circunferencia de la cintura y la relación cintura-talla, se utilizaron para identificar el nivel de obesidad, el pico de VO^2 mostró una capacidad predictiva significativa para detectar la gordura (área bajo la curva $> 0,62$). La sensibilidad fue media ($> 63\%$) para todos los puntos de corte específicos para la edad y el sexo, con puntos de corte óptimos en la edad de 13 a 15 años para la obesidad identificada como $43.77 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ y $38.53 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ en niños y niñas, respectivamente. Según estos puntos de corte, los adolescentes con baja condición física cardiorrespiratoria eran más propensos a ser obesos ya sea por circunferencia de la cintura o por relación cintura-talla; En conclusión, los puntos de corte de condición física cardiorrespiratoria se pueden usar como un marcador cuantitativo para un cuerpo más saludable en adolescentes latinoamericanos.

Declaración

Yo, Daniel Humberto Prieto Benavides, declaro que la investigación presentada en esta tesis se basa en 2 artículos (capítulos 2 y 3) que han sido publicados en revistas internacionales y revisadas por pares. Esta tesis, ha usado los datos del estudio FUPRECOL (Asociación de la Fuerza Prensil con Manifestaciones Tempranas de Riesgo Cardiovascular en Niños y Adolescentes Colombianos), un proyecto cuyo propósito fue identificar algunos de los factores de riesgo asociados a la baja condición física e inadecuado estado nutricional como insumo para la generación de un sistema de vigilancia epidemiológica del bienestar físico en la población infantil de Bogotá, los cuales están disponibles públicamente para investigación y propósitos de enseñanza/aprendizaje. Dicha encuesta fue aprobada por el Departamento Técnico de la Secretaria de Educación del Distrito de Bogotá en el marco del ‘Currículo para la excelencia académica y la formación integral 40x40’ y del ‘Proyecto Educación para la Ciudadanía y la Convivencia’, que implementó la Administración Distrital bajo el Convenio N° 3381 y 893 “Pensar en Educación” (Fecha 02-10-2014) con la Universidad del Rosario-CEMA. El estudio FUPRECOL se llevó a cabo siguiendo las normas deontológicas reconocidas por la Declaración de Helsinki y la Resolución 00840 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia que regula la investigación clínica en humanos. Además, el estudio contó con la aprobación del Comité de Investigación en Seres Humanos de la universidad encargada del estudio (UR No CEI-ABN026-000262). Los datos del estudio SIMCE, consiste en 6 test físicos y 2 mediciones antropométricas, que han sido validados por especialistas del Instituto Nacional de Deportes. Esta medición contribuye a conocer la condición física de los alumnos que terminan su educación básica para que el sistema cuente con un conjunto de evidencias y orientaciones como punto de partida para las acciones de mejora integra. Los datos de este estudio, son de uso público y pueden ser usados para usos académicos e investigativos (<https://www.agenciaeducacion.cl/estudios/estudio-de-educacion-fisica/>).

Participación del estudiante de doctorado:

- Solicitud de avales para uso de datos.
- Análisis e interpretación de resultados.
- Redacción de los trabajos incluidos en la presente tesis.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por sus múltiples bendiciones, por su mano que me sostiene en los momentos difíciles, a mi Madre porque siempre ha estado allí a mi lado brindándome su apoyo incondicional, a mis amadas hijas Valeria y Sofía que son el motor constante de mi vida, por su amor infinito y sus abrazos llenos de energía para seguir adelante, a ti Carolina Cardona por el apoyo, tolerancia y enseñanzas de vida y por último y no menos importante a mis viejos queridos Lolita y Ernesto que desde el cielo siempre me acompañan.

A mis tutores Mikel Izquierdo y Robinson Ramírez mi profundo respeto y agradecimiento por mostrarme un camino académico lleno de aprendizaje constante y de batallas académicas que nunca terminan, les agradezco infinitamente por su apoyo y oportunidad de crecer a su lado, a Jorge Correa por compartirnos su sueño del Centro de Investigación en Actividad Física que sin este sueño nada de esto sería posible.

Finalmente, a las directivas, estudiantes y padres de familia del del Colegio Instituto Técnico Internacional, colegas educadores físicos que pertenecieron al proyecto FUPRECOL y a todos aquellos que pusieron un granito de arena para cumplir con las metas que se propusieron.

Apoyo Financiero, Lista de Publicaciones

El estudio FUPRECOL fue financiado por el Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología "Francisco José de Caldas" COLCIENCIAS (Contrato N° 671-2014 Código 122265743978). La Prueba SER fue financiada por la Secretaria de Educación del Distrito de Bogotá bajo el Convenio N° 3381 y 893 "Pensar en Educación" (02-10-2014) donde participaron En ellas participan estudiantes de grado 9º, de 534 colegios (375 oficiales y 159 privados) del Distrito Bogotá. El proyecto SIMCE es financiado por la Agencia de Calidad de la Educación de Chile. El financiador no tuvo ningún papel en el diseño del estudio, la recopilación de datos, el análisis e interpretación de los datos, la preparación del manuscrito o la decisión de publicar.

Lista de publicaciones

1. **Prieto-Benavides DH**, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Physical activity levels, physical fitness and scree time among children and adolescents from Bogotá, Colombia. Nutr. Hosp. 2015; 32: 2184-2192. [http://dx. doi. org/10.3305/nh. 2015.32. 5.9576](http://dx.doi.org/10.3305/nh.2015.32.5.9576).
2. **Prieto-Benavides DH**, García-Hermoso A, Izquierdo M, Alonso-Martínez AM, Agostinis-Sobrinho C, Correa-Bautista JE, Ramírez-Vélez R. Cardiorespiratory fitness cut-points related to body fatness parameters in Latin American adolescents, Medicina (Kaunas). 2019;55(9). pii: E508. doi: 10.3390/medicina55090508.

DESCRIPCIÓN GENERAL

La presente tesis doctoral está en marcada en tres estudios que se describen a continuación:

1. ASOCIACIÓN DE LA FUERZA PRENSIL CON MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN NIÑOS Y ADULTOS COLOMBIANOS. (1) “ESTUDIO FUPRECOL”

Presentación

Este proyecto, fue diseñado entre el Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA) del COLEGIO MAYOR NUESTRA SEÑORA DEL ROSARIO, BOGOTÁ en colaboración en Red de cooperación con las Instituciones y Centros: UNIVERSIDAD SANTO TOMAS (Grupo GICAEDS), UNIVERSIDAD DEL VALLE (Grupo GRINDER), INSTITUCION UNIVERSITARIA ANTONIO JOSE CAMACHO (Grupo de Investigación en Pedagogía IDEAS), UNIVERSIDAD MANUELA BELTRÁN (Grupo de Ejercicio Físico y Deportes), UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE (Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud) y la UNIVERSIDAD DE MICHIGAN (Department of Physical Medicine and Rehabilitation), han establecido una línea de investigación en Colombia, como insumo para la implementación de un sistema de vigilancia epidemiológica del estilo de vida en la población infantil y adulta de Colombia”, que responde:

1. A la generación de nuevo conocimiento y tecnologías que contribuyen a la solución de los problemas y las necesidades del sector salud, definidos en el Plan Decenal de Salud Pública - PDSP- 2012-2022 y el Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS como ente rector del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación -SNCTI-
2. Aportar elementos y evidencias para la toma de decisiones y la selección de alternativas que aborden los problemas de salud del País.

Actualmente, la Red de cooperación del ESTUDIO FUPRECOL, está a cargo del Dr. Robinson Ramírez-Vélez, PhD, y la cohorte en población infantil, recibió financiación de la Convocatoria N° 657-2014 de Ciencia, Tecnología e Innovación en Salud-2014, del Departamento Administrativo de Ciencia, Tecnología e Innovación - COLCIENCIAS-, Código: 122265743978.

Pertinencia

Con el desarrollo del proyecto de investigación se pretende avanzar en la explicación de los factores de riesgo asociados tempranamente con las enfermedades no transmisibles (ENT), con lo cual se podrían proponer nuevas alternativas preventivas y terapéuticas encaminadas a la reducción del impacto de estas enfermedades en nuestra sociedad. Adicionalmente, este estudio pretende contribuir con el fortalecimiento de la capacidad científica de las instituciones participantes, a través de alianzas estratégicas con investigadores de talla internacional e instituciones mundialmente reconocidas por su excelencia académica, que se sustentará en la formación de investigadores colombianos e incorporación de técnicas de investigación novedosas al país. Asimismo, se pretende consolidar las capacidades y competencias investigativas de los Grupos de investigación de Colombia, a través de proyectos de alto impacto social que generen conocimiento para la comprensión, la solución o la intervención de las necesidades y problemas de salud en Colombia.

2. PRUEBAS SER: “Evaluando Nuevas Formas de Aprender” Componente Bienestar Físico (2)

Presentación

Las pruebas SER, son una iniciativa desarrollada por la SECRETARIA DE EDUCACIÓN DE BOGOTÁ durante los años 2014 y 2015, las cuales incluyen la valoración de 73 mil estudiantes de grado 9º, de 534 colegios (375 oficiales y 159 privados). Estas pruebas responden a la convocatoria internacional liderada por la UNESCO y el Centro para la Educación Universal (CUE) de Brookings Institución, en componente de BIENESTAR FÍSICO, a cargo del Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA) del Colegio Mayor Nuestra Señora del Rosario, Bogotá con el propósito de:

1. Determinar la condición física relacionada con la salud en escolares de noveno grado, de la ciudad de Bogotá, Colombia.
2. Proponer y estandarizar nuevas estrategias de evaluación de la condición física en escolares y relacionarlos con su salud.

Pertinencia

Con esta iniciativa se pretende dar un espacio de reflexión académica y científica entorno al bienestar físico de los escolares de Bogotá, Colombia, a través de la evaluación de condición física, proponiendo a su vez nuevas maneras de entender la evaluación en el área de la educación física. Adicionalmente, se busca fortalecer los procesos de formación de los docentes adscritos a la Secretaria de Educación del Distrito Capital.

3. SISTEMA NACIONAL DE EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE APRENDIZAJE (SIMCE) (3): Informe de resultados Estudio Nacional Educación Física

Presentación

Con la publicación de la ley N° 20529, Chile crea el Sistema General de Aseguramiento de la Calidad de la Educación Escolar que se encuentra conformado por la Agencia de Calidad de la Educación, el Ministerio de Educación, la Superintendencia de Educación y el Consejo Nacional de Educación, los cuales buscan evaluar y orientar el sistema educativo para propender al mejoramiento de la calidad de las oportunidades educativas. Para el caso particular del estudio Nacional de Educación Física, la Agencia de Calidad de la Educación ha propuesto dos objetivos de seguimiento:

1. Conocer el estado de la condición física a nivel nacional de los estudiantes de 8° básico.
2. Contribuir para que docentes y directivos realicen un diagnóstico de la condición física en su establecimiento.

Pertinencia

Estudio Nacional de Educación Física, aplica en una muestra representativa de estudiantes de 8° esta, una medición periódica para conocer la condición física de los alumnos que terminan la educación básica. Dicha encuesta pretende realizar un diagnóstico de la condición física de los estudiantes, de manera que sirva de insumo para la valoración complementaria de los contenidos mínimos obligatorios de la educación física en aspectos asociados, por ejemplo, a los hábitos de vida saludable.

Contexto integrador de la Tesis

La Organización Mundial de la Salud (OMS) plantea como uno de sus principales retos en salud pública, contrarrestar las consecuencias de la aparición temprana del sobrepeso y la obesidad infantil, desestimular la ingesta de dietas inadecuadas e incrementar los niveles de actividad física (AF) (4). Sobre este último, datos del Observatorio Mundial de la Salud de la OMS reportan que la prevalencia de cumplir con las recomendaciones de AF en los niños de 11 a 17 años es del 19.3% con una desigualdad marcada por sexo donde las niñas tienen una menor prevalencia comparado con los niños (16,1% vs. 22.4%) (5). En la región de la Américas el 18.8% de los niños cumplen con las recomendaciones de AF donde las niñas tienen una menor prevalencia de cumplir con las recomendaciones de actividad física comparado con los niños (12,9% vs. 24.7%). En América Latina la prevalencia varía entre 8.2% en Venezuela a 18.1% en Costa Rica con una importante desigualdad por sexo (5).

En complemento a lo anterior, países en desarrollo con economías emergentes como la Colombiana, la prevalencia de sobrepeso y obesidad infantil que tiende a aumentar con el paso de los años proyectándola a un 22% para el 2025 (6). Corroborando esta proyección la encuesta nacional de situación nutricional (ENSIN 2015) ha encontrado que el aumento en sobrepeso y obesidad en la población es de un punto porcentuales por año la cual la sitúa en un valor aproximado para 2015 en 20,2% (6). La obesidad tiene algunos determinantes para su aumento y se ve afectada por factores como el descrito en 2004 por el Centers for Disease Control and Prevention (CDC), quienes encontraron que los niños en la etapa escolar pasan aproximadamente 43 minutos por hora en actividades sedentarias (7), coincidiendo con lo reportado por Reilly y cols. quienes afirman que niños en esta etapa no superan los 15 minutos de AF por hora (8), bajo esta premisa estas investigaciones sugieren que existe una relación entre la aparición temprana de condiciones adversas en salud y los bajos niveles de AF (9) (10)

El tiempo excesivo frente a pantallas se ha asociado también con menores niveles de AF, mayor riesgo de sobrepeso y obesidad, un menor desempeño escolar, trastornos del sueño, problemas de interacción social en niños, conductas agresivas, consumo de alcohol y cigarrillo, déficit de atención y desordenes relacionados con la dependencia a pantallas (9) (10). La asociación entre obesidad y tiempo excesivo frente a pantallas se puede explicar, en

parte, por la presencia dominante de publicidad en la TV e internet sobre alimentos ricos en azúcares y grasas, la cual a su vez está relacionada con un mayor consumo de estos productos (11). Los datos de la Alianza Global de Niños Activos y Saludables que reúne 38 países a nivel mundial reportaron que la prevalencia de tiempo excesivo frente a pantallas ≥ 2 h/día en niños entre 9-13 años tiene un rango de 54.0% en Estonia a 98.7% en Hong Kong (12). En población 11-17 años las adolescentes tienen una prevalencia de tiempo excesivo frente a pantallas que varía entre 29.6% en Venezuela a 53% en Uruguay (12). En los adolescentes el tiempo excesivo frente a pantallas ≥ 3 horas varía entre 26.5% en Venezuela a 48.7% en Uruguay (13). En Colombia, se ha descrito que los niños y adolescentes entre 9 y 17 años que permanecieron menos de 2 h/día frente a pantallas de TV mostraron 1,8 veces (IC 95% 1,4-2,6) la oportunidad de realizar más de 60 minutos diarios de AF moderada o vigorosa (6). Es por que la Academia Americana de Pediatría recomienda a los padres limitar el tiempo total de los medios de comunicación a no más de 1 a 2 horas de programación de alta calidad por día (13).

En torno a la condición física relacionada con la salud, en varios trabajos se ha demostrado que el nivel de la forma física en los niños es un marcador de su estado de salud (14) (15). Por ejemplo, menores valores de capacidad cardiorrespiratoria durante la infancia y la adolescencia es un predictor independiente de mortalidad prematura por causas cardiovasculares (16). Además, bajos niveles de capacidad cardiorrespiratoria en los niños se asocian inversamente con la presencia de factores de riesgo cardiovascular y metabólico (17) y con mayores niveles de adiposidad (18).

Por otra parte, en lo referente a indicadores antropométricos, uno de cada dos colombianos presenta exceso de peso. Las cifras de exceso de peso aumentaron en los últimos cinco años en 5,3 puntos porcentuales (ENSIN 2005: 45,9% y ENSIN 2010: 51,2%). El exceso de peso es mayor en las mujeres que en los hombres (52,2% frente a 45,6%). Esta diferencia se mantiene en todas las edades y se amplía en las mujeres entre los 18 y 29 años de edad. Las proporciones se incrementan a mayor edad y son más altas en la población de 50 a 64 años (84,1% mujeres frente a 60,1% hombres) (6).

Es en la niñez y la adolescencia donde se fomentan los cimientos y se delinean las tendencias generales en la formación de las pautas morales y sociales de la personalidad. Los

conocimientos proceden a menudo de la experiencia, pero también de la información proporcionada por diversas vías; mientras que el comportamiento se refiere a acciones del individuo en relación con su entorno o mundo de estímulos; la conducta del ser humano es definida desde su niñez, ya que es el producto de todo el medio que lo rodea.

En este sentido, la siguiente disertación aportaría un conocimiento más preciso de los estilos de vida de los niños y adolescentes de Colombia y Chile, un importante insumo para la estrategia “Escuela Saludable”, dada la escasa información científica disponible en este colectivo poblacional. Para ello, fueron tomados los resultados secundarios de los proyectos FUPRECOL, SIMCE y PRUEBA SER en las variables AF, condición física, comportamientos y conductas sedentarias, con el fin de ser usada de manera consensuada en el sistema de vigilancia epidemiológica de la condición física en latinos.

Con los capítulos 1 y 2, se pretende avanzar en la explicación de los factores de riesgo asociados tempranamente con las ECNT, con lo cual se podrían proponer nuevas alternativas preventivas y terapéuticas encaminadas a la reducción del impacto de estas enfermedades en nuestra sociedad.

Referencias

1. Ramírez-Velez R. Asociación de la Fuerza Prensil con manifestaciones tempranas de riesgo cardiovascular en niños y adultos Colombianos "Estudio FUPRECOL". Bogotá- Colombia.; 2014.
2. Secretaria de Educación de Bogotá. PRUEBAS SER - Componente Bienestar Físico. Bogotá.; Calidad Educativa; 2014-2015.
3. Agencia de Calidad en la Educación. Estudio Nacional de Educación Física. Santiago de Chile ;; 2016.
4. The World Health Organization. <http://www.who.int/dietphysicalactivity/childhood/en>. .
5. Poitras V V, Gray C, Borghese M, Carson V, Chaput JP, Janssen I, et al. Systematic review of the relationships between objectively measured physical activity and health indicators in school-aged children and youth. *Physiol Nutr Metab*. 2016; 41:197–239: p.. 2016;41:197–239.
6. Familiar ICdB. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. 2015 Bogotá ; on line-2015.
7. U.S. Centers for Disease Control and Prevention. Youth Risk Behavior Surveillance System (YRBSS) 2012. 2012.
8. Reilly J, Jackson D, Montgomery C. Total energy expenditure and physical activity in young Scottish children: mixed longitudinal study. *Lancet*. 2004; 363:211–212.

9. Cardiorespiratory Fitness as a Mediator of the Association between Physical Activity and Overweight and Obesity in Adolescent Girls. *Child Obes.* 2019; 15(5):338-345.
10. Basterfield L, Jones A, Parkinson K, Reilly J, Pearce M, Reilly J, et al. Physical activity, diet and BMI in children aged 6-8 years: a cross-sectional analysis. *BMJ Open.* 2014; 4(6):e005001.
11. Mortazavi S, Motlagh M, Qorbani M, Mozafarian N, Heshmat R, Kelishadi R. Association of Screen Time with Sleep Duration in School-Aged Children; a Nationwide Propensity Score-Matched Analysis: The CASPIAN-V Study. *J Res Health Sci.* 2019; 19(2):e00443.
12. Tremblay M, Barnes J, González S, Katzmarzyk P, Onywera V, Reilly J, et al. Global Matrix 2.0: Report Card Grades on the Physical Activity of Children and Youth Comparing 38 Countries. *J Phys Act Health.* 2016; 13(11 Suppl 2):S343-66.
13. Guthold R, Cowan M, Autenrieth C, Kann L, Riley L. Physical Activity and Sedentary Behavior Among Schoolchildren: A 34-Country Comparison. *J Pediatr.* 2010; 157(1):43-49.e1.
14. Lang J, Larouche R, Tremblay M. The association between physical fitness and health in a nationally representative sample of Canadian children and youth aged 6 to 17 years. *Health Promot Chronic Dis Prev Can.* 2019; 39(3):104-111.
15. Committee on Public Education. American Academy of Pediatrics. Children, Adolescents, and Television. *Pediatrics.* 2001; 107(2):423-6.
16. Lätt E, Jürimäe J, Harro J, Loit H, Mäestu J. Low fitness is associated with metabolic risk independently of central adiposity in a cohort of 18-year-olds. *Scand J Med Sci Sports.* 2018; 28(3):1084-1091.
17. Martínez-Gómez D, Eisenmann J, Gómez-Martínez S, Veses A, Marcos A, Veiga O. Sedentary behavior, adiposity and cardiovascular risk factors in adolescents. The AFINOS study. *Rev Esp Cardiol.* 2010; 63(3):277-85.
18. Todendi P, Valim A, Reuter C, Mello E, Gaya A, Burgos M. Metabolic risk in schoolchildren is associated with low levels of cardiorespiratory fitness, obesity, and parents' nutritional profile. *J Pediatr (Rio J).* 2016; 92(4):388-93.
19. Agencia de Calidad de la Educación. Estudio Nacional de Educación Física. Santiago de Chile; 2016.

Capítulo 1

Condición Física Relacionada con la salud.

Actividad Física (AF)

La práctica de AF regular durante la adolescencia es fundamental para la prevención de la obesidad. Adicionalmente, la realización de AF se asocia con el adecuado crecimiento óseo y musculoesquelético, el desarrollo saludable del sistema cardiorrespiratorio (1), la estabilización de los niveles de triglicéridos e insulina (2), y mejora la función cognitiva incluyendo un aumento de habilidades de percepción, cociente intelectual y mejor desempeño académico. En la región de la Américas el 18.8% de los adolescentes cumplen con las recomendaciones de actividad física donde las niñas tienen una menor prevalencia de cumplir con las recomendaciones de actividad física comparado con los niños (12,9% vs. 24.7%). (3)

Las recomendaciones de la OMS para los adolescentes de 13-17 años son: Los adolescentes de 13 a 17 años deben invertir ≥ 60 minutos diarios en actividades físicas de intensidad moderada a vigorosa. La AF diaria debería ser, en su mayor parte, aeróbica (4).

Condición física y salud general

La condición física está definida como el conjunto de cualidades que le permiten a una persona realizar actividad física estableciendo una medida confiable para determinar las funciones de los diferentes sistemas involucrados en la actividad física como lo son músculo-esquelético, cardio-respiratoria y endocrino. (5) (6) La condición física relacionada con la salud se refiere a aquellos componentes de la condición física que se ven afectados favorable o negativamente por el nivel habitual de actividad física y están relacionados con el estado de salud. Bajos niveles de práctica de actividad física conllevan al sedentarismo de buena parte de la población, lo que unido a unos hábitos alimentarios nada idóneos han provocado el aumento alarmante de diferentes patologías (obesidad, enfermedades cardiovasculares, síndrome metabólico) (7) que, en algunos casos, se han convertido en un auténtico problema de Salud Pública.

Con relación a la condición física relacionada con la salud, la determinación del fitness cardiovascular y muscular, juega un papel fundamental en la predisposición de eventos cardiovasculares y metabólicos en jóvenes (6) como lo describe, Ruiz y cols. Los cuales reportaron una relación entre los niveles de fuerza muscular y la salud física, particularmente

en niños con sobrepeso y obesidad. Corroborando este postulado Ortega y cols. hacen referencia a que la aptitud muscular baja, evaluada por dinamometría, se reconoce como un marcador de pobre perfil metabólico durante la adolescencia y es relacionada con enfermedad y mortalidad en la edad adulta (8) (9) (10). Por otra parte si hacemos referencia a la evaluación de la condición física cardiovascular juega un papel relevante en la estimación de la condición fisiológica y la respuesta del sistema cardiaco y pulmonar a el ejercicio y a su vez es un predictor de riesgo futuro en niños y adolescentes ya que esta condición está estrechamente relacionada con riesgo cardio-metabólico, altos de niveles de azúcar en sangre, perímetro abdominal alterado, altos niveles de triglicéridos y valores anormales presión arterial, configurando la aparición temprana de síndrome metabólico en escolares como lo asegura Ramírez Vélez y Cols. (11)

La evaluación de la condición física relacionada con la salud juega un papel preponderante en instituciones educativas y en todos aquellos entornos que poseen un contacto directo con la población infantil y juvenil, esto porque se convierte en un sistema de alerta temprano en la detección de enfermedades crónicas, lo cual impacta positivamente no solo en esta población si no en el sistema de salud del país.

Evaluación de la condición física cardiorespiratoria

La evaluación de la condición física es un proceso estandarizado y protocolizado bajo condiciones únicas y que bajo criterios científicos se evalúan las condiciones de cada uno de los individuos (5), proporcionando datos que permitan establecer la condición de los diferentes sistemas que interactúan en determinar, no solo el estado físico si no el estado de salud.

Frente a la evaluación de la condición física existen diferentes métodos para para determinar el estado de cada una de las variables a evaluar, algunos de ellos más precisos y confiables como son los considerados métodos de referencia o “*gold estándar*”, estos desarrollados en laboratorio y con equipos de alta tecnología, pero en el caso particular de trabajo realizado en campo, que es el más habitual para los profesionales cercanos a las población infantil y juvenil escolarizada, es de gran importancia contar con instrumentos que se acerquen de la mejor manera a aquellos utilizados en laboratorio, por ellos cada uno de estos test deben contar con la respectiva validación y garantizar la confiabilidad de los datos arrojados. (12)

Bajo este criterio es de vital importancia contar con test con la batería de test idónea para la población a evaluar, que tenga en cuenta escalas que permitan valorarlos adecuadamente y arrojen datos confiables para determinar su estado real cumpliendo con criterios como (6) (8):

- Ser capaz de determinar estados reales cercanos a los arrojados por el método de referencia.
- Poseer protocolos válidos y fiables de evaluación que eliminen el sesgo en la evaluación
- Tener capacidad de ser relacionados con la salud y constituir un instrumento temprano de alerta

Medición de capacidad cardiorrespiratoria

La evaluación de la capacidad cardiorrespiratoria se relacionado ampliamente como un predictor de salud, las pruebas de mayor confiabilidad se realizan en laboratorios, en bandas de correr y bicicletas ergonómicas a través de la ergoespirometría (13), no obstante a esto son de acceso limitado y por ello se han diseñado pruebas de campo que involucran carrera continua en tiempos determinados y carreras progresivas como lo es la prueba de recorridos de ida y vuelta de 20 metros más conocida como el test de Navette, la cual posee a su vez ecuaciones para realizar el cálculo de consumo máximo de oxígeno (VO_2max) (13) La medición de la capacidad cardiorrespiratoria a través de test de VO_2max (14) posee una alta capacidad de predecir la mortalidad por diferentes causas pero más específicamente por muerte cardiovascular.

Entre los test de campo, uno de los más utilizados en población escolar es el Course Navette o test de ida y vuelta de 20 metros, esta prueba se utiliza como una medida de la resistencia cardiorrespiratoria en el ámbito escolar, puesto que no requiere ningún equipo especial. Y la evidencia científica soporta su uso ya que ha encontrado relación con salud ósea, mejor tensión arterial.

Conductas sedentarias

Las conductas sedentarias están asociadas a la presencia temprana de patologías cardiometabólicas y enfermedades no transmisibles en el caso colombiano se han reportado en diferentes estudios los altos niveles de inactividad física, no obstante a esto la tendencia de estas conductas siguen en aumento por el aumento del uso en población infantil y juvenil de dispositivos móviles (teléfonos móviles, tablets), televisión o jugar con videojuegos por más de dos horas, reforzando estas conductas, los factores asociados los altos niveles de urbanización, los altos niveles de inseguridad en espacios recreativos y de práctica deportiva.

Las consecuencias de estas conductas sedentarias se ven reflejadas en la aparición de síntomas como dislipidemia, altos valores de tensión arterial, glicemia basal alterada (13), todo esto en la población infantil y juvenil; como otro atenuante a estas conductas sedentarias se ve reflejado en bajo estado de salud que reportan algunos estudios en esta población. En este contexto, la evaluación de la condición física, los niveles de actividad física y las conductas sedentarias se han constituido en un indicador de suma importancia para relacionarlo con las otras conductas sociales y bajo este diagnóstico diseñar test e instrumentos y estrategias que permitan abordar este problema de manera integral (15), desde los actores en salud como con las diferentes instituciones que interactúan con estas poblaciones como los docentes y profesionales de la salud (13).

Adicionalmente, a estas edades son más frecuentes los comportamientos sedentarios (como ver la televisión o videojuegos) que los comportamientos activos, ya que los primeros se refuerzan fácilmente por inercia, forman parte de los hábitos de vida de la familia y son más difíciles de cambiar. Hoy día la televisión es considerada en los países occidentales como la mayor fuente de inactividad; la Academia Americana de Pediatría ha recomendado que en la infancia – adolescencia no se haga uso de más de 2 horas /día de Televisión. En Colombia (ENSIN-2015), en la población de adolescentes, el 76.6% pasan tiempo excesivo frente a las pantallas. Los niños que residen en zonas urbanas, que pertenecen a los cuartiles del índice de riqueza más altos y quienes pertenecen a la etnia afrocolombiana o sin pertenencia étnica tienen la mayor prevalencia de pasar tiempo excesivo frente a las pantallas. En las regiones de Bogotá, Central y en la Pacífica más del 75% de los adolescentes pasan tiempo excesivo

frente a las pantallas. No se evidencian diferencias en la prevalencia de tiempo excesivo frente a pantallas por sexo.

Bajo estos postulados teóricos, la condición física relacionada con la salud se constituye en una herramienta fundamental para los diferentes sistemas de vigilancia epidemiológico y procesos de investigación que se llevan a cabo, para dar explicación a los fenómenos de salud pública y buscan combatir el fenómeno de la obesidad a partir de predecir la salud futura de niños y adolescentes y así plantear nuevas estrategias que prevengan y combatan la aparición temprana de enfermedades no transmisibles.

Referencias

1. Cuenca Garcia M, Jiménez Pavon D, España Romero V, Castro Piñeros J, Artero E. Condición física relacionada con la salud y hábitos de alimentación en niños y adolescentes. Revista de investigación en educación. 2011; Vol. 9, Nº. 2, 2011, págs. 35-50(ISSN 1697-5200).
2. Pacheco Herrera J, Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista J. 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. Nutricion Hospitalaria. 2016; 33:556-564(DOI: <http://dx.doi.org/10.20960/nh.261>).
3. Instituto Nacional de Salud Publica. Encuesta nacional de nutricion y salud. Informe Nacional. Mexico DF: Instituto Nacional de Salud Publica; 2016.
4. Insufficient physical activity.. Geneva, Switzerland: World health organization, Global Health Observatory.; 2015.
5. Castro-Piñero J, Artero E, España-Romero V, Ortega F, Sjöström M, Suni J, et al. Criterion-related validity of field-based fitness tests in youth: a systematic review. Br J Sports Med. 2010 Octubre; 44(13):934-43(Doi: 10.1136/bjism.2009.058321).
6. Ruiz J, España Romero V, Castro Piñeros E, Artero E, Ortega F, Cuenca García M, et al. Batería ALPHA-Fitness: test de campo para la evaluación de la condición física relacionada con la salud en niños y adolescente. Nutricion Hospitalaria. 2011; 26(6):1210-1214(DOI:10.3305/nh.2011.26.6.5270).
7. Orden A, Torres M, LUIS M, Cesani Rossi M, Quintero F, Oyhenart E. Evaluación del estado nutricional en escolares de bajos recursos socioeconómicos en el contexto de la transición nutricional. Archivos Argentinos de Pediatría. 2005 Jun; Vol.103 no.3(ISSN 1668-3501).
8. Ortega F, Ruiz J, Sjoström M. Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. Int J Obes (lond). 2008; 32:1-11(DOI: 10.1038/sj.ijo.0803774).
9. Perna F, Coak K, Troiano R, Lawman H, Wang C, Li Y, et al. Population Muscular Grip-Strength Estimates from the 5 National Health and Nutrition Examination Survey(NHANES)2011-2012. Strength Cond Res. 2016; 30(3):867-74(Doi: 10.1519/JSC.0000000000001104).

10. Ramírez-Vélez R, Meneses-Echavez J J, González-Ruíz K. Muscular fitness and cardiometabolic risk factors among Colombian young adults. *Nutricion Hospitalaria*. 2014; 30(4):769- 775(Doi: 10.3305/nh.2014.30.4.7684).
11. Ramírez-Vélez R, Anzola A, Martinez-Torres J, Vivas A, Tordecilla-Sanders A, Prieto-Benavides D, et al. Metabolic Syndrome and Associated Factors in a Population-Based Sample of Schoolchildren in Colombia: The FUPRECOL Study. *Metab Syndr Relat Disord*. 2016 Nov; 14(9):455-462(DOI: 10.1089/met.2016.0058).
12. Castillo-Garzón M, Ruiz JR J, Ortega FB F, 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(DOI: 10.1159/000097913).
13. Bouchard C, Shephard R, Stephens T. Physical activity, fitness, and health: International proceedings and consensus statement Doi.org/10.1002/ajhb.1310060517 , editor.: Human Kinetics; 1994.
14. J M, Prakash M, Froelicher V, Do D, Partington S. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *New England Journal Medicine*. 2002 Mar; 14;346(11):793-801(DOI: 10.1056/NEJMoa011858).
15. Ramirez-Velez R, Correa-Bautista J, Gonzalez-Ruiz K, Prieto-Benavides D, Palacios-Lopez A. Condición física, nutrición, ejercicio y salud en niños y adolescentes www.jstor.org/stable/j.ctt1j7x4zr , editor. Bogota: Universidad del Rosario; 2016.

Capítulo 2

Niveles de actividad física, condición física y tiempos de pantalla en escolares de Bogotá, Colombia

Introducción

Las conductas sedentarias (CS) se definen como aquellas actividades que envuelven un gasto de energía \leq a 1.5 METs. Actividades como: dormir, sentarse, acostarse, ver la televisión y otras formas de entretenimiento basado en exposición a pantallas no producen un aumento sustancial del gasto energético de su nivel de reposo (1). En estudios epidemiológicos recientes, se ha demostrado que el sedentarismo (estilo de vida sedentario) se relaciona con el incremento de factores de riesgo cardiovascular (FRCV) que a su vez se asocian a enfermedades cardiovasculares (ECV) como hipertensión, dislipemia e insulinoresistencia (2) (3). En la actualidad, se estima que el sedentarismo es la causa principal de aproximadamente el 25% del cáncer de colon y mama; de un 27% de los casos de diabetes *mellitus* tipo 2 y de un 30% de la enfermedad coronaria, representando la cuarta causa de mortalidad mundial (4). A pesar de que los eventos de ECV suelen tener lugar durante o después de la quinta década de la vida, la evidencia indica que los FRCV tienen su origen en la infancia (5) (6). Asimismo, varios autores resaltan la importancia de la actividad física (AF) en el desarrollo y la prevención de la ECV, y además se señala que los niveles de AF y las CS no son lados opuestos del mismo continuo; ya que ambos comportamientos son factores independientes (7) (8). Recientemente, Saunders *et al* (9) (10) identificaron los potenciales efectos positivos y negativos que tienen actividades sedentarias como el tiempo dedicado a ver TV o jugar con videojuegos en la salud de los escolares y adolescentes. En niños, se demostró que pasar demasiado tiempo viendo TV posee una relación inversa con un menor desempeño escolar, trastornos del sueño, problemas de interacción social, consumo de alcohol y cigarrillos, siendo esta asociación independiente de los niveles de AF (9) (10).

De otro lado, la condición física relacionada con la salud (CFRS) se considera un importante indicador de la salud en niños y adolescentes (11). Los trabajos de Janz *et al* (12). Castillo-Garzon *et al.* (13) muestran que un bajo nivel de CFRS en la infancia, se asocia con un mayor riesgo de ECV y metabólica en la edad adulta. Además, un menor nivel de *fitness* cardiorrespiratorio en la infancia, se considera un factor independiente del bienestar físico y mental en la vida adulta (14), por tanto, la inclusión de este indicador de salud en los sistemas de vigilancia epidemiológica en el ámbito educativo se justifica claramente (15).

Actualmente, se recomienda a los niños y adolescentes acumular al menos 60 min de actividad física aeróbica de moderada a vigorosa intensidad cada día (16). No obstante, la mayor parte de la población infantil y adolescente en Colombia no cumple estas recomendaciones (17). Evidencia de esto es el hecho que sólo el 26% de la población cumple con el mínimo de actividad física recomendada en el grupo de edad entre los 13 y los 17 años, aunado a la prevalencia de sobrepeso y obesidad (13,4%) en este mismo grupo poblacional (17). Sumado a esto, el 56,3% de los niños entre 5 y 12 años dedican 2 o más horas diarias a ver TV (17). Estas cifras podrían agravarse aún más si se considera que “demasiado tiempo sedente no es lo mismo que poco activo físicamente” (18).

La mayoría de estos estudios han medido el sedentarismo a través de conductas tales como tiempo empleado viendo TV, usando el computador o jugando con videojuegos mediante cuestionarios de autoreporte o de recordación (19) (20). Sin embargo, se ha demostrado que el tiempo en estas actividades es sólo una pequeña parte del tiempo diario consumido en CS (21) (22).

En la actualidad, los instrumentos objetivos de valoración de los niveles de AF, como los acelerómetros, permiten de forma mucho más precisa determinar el tiempo empleado en actividades de diferente intensidad (23) (24). Así, los acelerómetros pueden medir el tiempo que los niños y adolescentes consumen en CS y no sólo el tiempo consumido en actividades de ocio tecnológico (12) (25) (26).

Para identificar tempranamente escolares con niveles de AF bajos, que ameriten intervenciones para promover comportamientos saludables a fin de prevenir el riesgo de ECV futura, se propuso el estudio FU- PRECOL (ASOCIACIÓN DE LA FUERZA PRENSIL CON MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN NIÑOS Y ADOLESCENTES COLOMBIANOS) con el propósito de identificar factores de riesgo asociados a una baja condición física muscular e inadecuado estado nutricional para la generación de un sistema de vigilancia epidemiológica del estilo de vida en la población infantil de Bogotá, Colombia. Este trabajo tiene como objetivo examinar la relación entre los niveles de AF de forma objetiva, la CFRS y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos

Tipo y población de estudio

El presente trabajo es un análisis secundario del estudio FUPRECOL. Se trata de un estudio de corte transversal, realizado en 6.000 niños y adolescentes en edad escolar entre los 9 y 17 años de edad residentes en el área metropolitana del Distrito de Bogotá, Colombia (2480msnm). En una submuestra de 149 escolares, se obtuvo datos válidos en la valoración por acelerometría y antropometría de manera intencional de dos instituciones educativas públicas. 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 en patologías que no estén relacionadas directamente con la nutrición. La exclusión efectiva se realizó a *posteriori* (10,8%, n=17 niños), sin conocimiento del participante. La recogida de datos se realizó durante el 2014-2015. 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 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 de la universidad encargada del estudio (UR N° CEI-ABN026-000262).

Examen físico

Previo a las mediciones del estudio, los investigadores y profesionales de la salud y el deporte realizaron diez sesiones teórico-prácticas para estandarizar el proceso de evaluación del componente morfológico y de CFRS descrito previamente en la batería ALPHA-Fitness (27). Se midió el peso con balanza de piso TANITA[®] modelo BF689 (*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.* (28). para niños en ambos sexos. Los pliegues cutáneos (mm) de la región tricípital (PT) y subescapular (PSb) fueron medidos 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. Con estas medidas se calculó el porcentaje de grasa (%G) mediante la ecuación propuesta por Boileau, Lohman y Slaughter (29) basándose en estimaciones derivadas del análisis de regresión con las variables edad, pliegues y sexo. El estado madurativo de los participantes se valoró con la metodología descrita por Tanner (30) mediante autodeclaración de la estadificación de 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* (31). muestra coeficientes de concordancia que superan el 0,60 (*kappa de cohen*) entre la medición directa por médico pediatra y el autoreporte para mamas y vello pubiano en niñas (69.7–71.3%) y genitales combinados con vello pubiano en niños (60%).

Condición física

La CFRS se determinó mediante los test de campo de la Batería ALPHA-Fitness (27), a la que se añadió dos indicadores de la batería EUROFIT (32) para evaluar la condición musculo-esquelética (salto vertical y flexibilidad). El componente cardiorrespiratorio se estimó con la prueba de ida y vuelta de 20 m, se evaluó la CFA a partir de un test de campo indirecto y sub-máximo de ida y vuelta de 20 m hasta llegar al agotamiento. 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 finaliza cuando el sujeto se detiene 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 VO₂max, estimado a partir de la ecuación de Léger (33): VO₂max (ml•kg•min⁻¹)= 31,025 ± 3,238 *V- 3,248 *E ± 0,1536 *V *E, donde, V es la velocidad (en

km/h) de la última etapa completa y E es la edad (en años) del participante. La fuerza muscular se evaluó mediante 3 pruebas a seguir: a) salto de longitud sin impulso y b) el salto vertical, en la que se determinó 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. Para el componente motor, se utilizó la carrera de ida y vuelta (4x10) como indicador integrado de la velocidad de desplazamiento y la agilidad. Cada participante realizó cuatro ciclos (ida y vuelta) a la máxima velocidad entre dos líneas separadas a una distancia de diez metros, transportando 3 esponjas alternadamente en el menor tiempo posible en una distancia previamente demarcada de 40 m. Para la flexibilidad se usó el test de flexión de tronco desde sentado se registró la máxima distancia posible en flexión anterior de tronco, medida a través de un soporte estandarizado. Esta prueba de movilidad articular de tronco y cadera, es representativa de la condición global del sujeto.

Aproximación a las CS a través del tiempo de exposición a pantallas

El tiempo empleado en CS se valoró de forma objetiva mediante el acelerómetro ActiGraph GT3X+. Éste es un dispositivo de pequeñas dimensiones, ligero y compacto, que mide la aceleración vertical en el intervalo de 0,05 a 2 G con una frecuencia de respuesta de 0,25-2,5 Hz. El acelerómetro ActiGraph ha sido extensamente validado para su uso en estas edades (21) (34) (35). El movimiento capturado por el acelerómetro “counts” se suma para un lapso específico. Los participantes llevaron durante 8 días el acelerómetro fijado a la creta iliaca, a la altura de las caderas, con un cinturón elástico, registrando la actividad a un “epoch” por segundo y a 80 Hz. Durante ese tiempo, los participantes sólo debían quitarse el acelerómetro mientras dormían o durante actividades en el agua. Sólo se incluyó en este estudio a los participantes con al menos 5 días válidos, de los que al menos 1 era de fin de semana. Se consideró día válido aquel en que el escolar llevó el acelerómetro durante al menos 10 h, excluyendo para su contabilización los grupos de 10 min de ceros continuos. Los niveles de AF se valoraron como el tiempo donde el nivel de inactividad física fue < 100 counts por min; AF ligera entre 101 y 2295 counts por min; AF moderada entre 2296 y 4011 counts por

min, y AF vigorosa > 4012 counts por min (34). La suma de los niveles de AF moderada y vigorosa se tomó como (AFMV). El registro del cumplimiento de las recomendaciones de AF, se tomó cuando los participantes completaron > 60 min por día. El tipo y tiempo de exposición a pantallas, se registró mediante una lista la disponibilidad de medios electrónicos que incluyó la TV/TV por cable, computador, internet y consolas de videojuegos como XBox, PlayStation y/o Wii) por autoreporte. Para el análisis del tiempo de exposición, se acogió la recomendación internacional de salud metabólica y comportamientos sedentarios emitidas por la American Academy of Pediatrics-AAP (36); estableciendo como punto de corte para tiempo de pantallas “*screen time*” > 2 h al día.

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 (X^2) para diferencias entre proporciones. Por último, se calcularon *odds ratio* (OR) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) ajustados por edad y maduración sexual, mediante métodos de selección por pasos de inclusión secuencial (*forward selection*) y de paso a paso (*step by step*). El estadístico de correlación de *Pearson* se utilizó para examinar la relación entre los niveles de AF y CFRS. La significancia estadística se fijó a un valor $p < 0,05$.

Resultados

Constituyeron la muestra final 149 escolares (52,7% varones) con edad media de $12,9 \pm 2,6$ años, peso $43,1 \pm 10,7$ kg, estatura $147,6 \pm 11,7$ cm e IMC de $19,5 \pm 3,2$ Kg/m². Un 3,8% de la población presentó bajo peso, mientras que el 26,4% presento exceso de peso por IMC. El análisis ANOVA mostró que las mujeres tenían niveles de flexibilidad general mayores que los varones, mientras que éstos presentaban mayores valores en el tiempo diario empleado en AF moderada y en AFMV $p < 0,05$. No se encontraron diferencias entre sexo en

las variables antropométricas, CFRS, cumplimiento de recomendaciones de AF y tiempo de exposición a pantallas. Tabla 1.

Tabla 1. Características generales de los escolares evaluados (n=149)

Característica	Mujeres n=71	Varones n=78	Total n=149	P
Antropometría^a				
Edad (años)	12,7 ± 2,7	13,0 ± 2,6	12,9 ± 2,6	0,559
Peso (kg)	42,4 ± 11,0	43,7 ± 10,6	43,1 ± 10,7	0,490
Talla (cm)	147,4 ± 11,7	147,9 ± 11,8	147,6 ± 11,7	0,814
IMC (kg/m ²)	19,3 ± 3,5	19,7 ± 2,9	19,5 ± 3,2	0,435
Estado nutricional por IMC n,(%) ^b				
Bajo peso	23 (32,4)	16 (20,5)	39 (26,4)	0,174
Normopeso	43 (61,4)	59 (75,6)	102 (75,6)	0,175
Sobrepeso/Obesidad	4 (5,7)	3 (3,8)	3 (3,8)	0,273
Circunferencia de cintura (cm)	63,9 ± 8,2	64,4 ± 7,3	64,2 ± 7,8	0,701
Circunferencia de cadera (cm)	78,3 ± 10,6	79,4 ± 9,6	78,9 ± 10,1	0,540
Pliegue tricipital (mm)	21,0 ± 3,2	21,3 ± 3,4	21,2 ± 3,3	0,641
Pliegue subescapular (mm)	19,6 ± 7,4	19,7 ± 5,9	19,6 ± 6,6	0,932
Grasa corporal (%)	17,3 ± 8,0	18,9 ± 8,3	18,2 ± 8,1	0,249
Maduración sexual por Tanner n,(%) ^b				
1	23 (16,2)	29 (19,5)	52 (35,5)	0,507
2	20 (13,4)	12 (8,1)	32 (21,5)	0,492
3	27 (18,2)	37 (24,8)	64 (43,0)	0,492
CFRS^a				
Capacidad aeróbica (mL•kg•min ⁻¹)	39,3 ± 6,2	40,4 ± 5,7	39,8 ± 5,9	0,259
Fuerza prensil (kg)	16,8 ± 5,6	17,7 ± 6,9	17,3 ± 6,3	0,410
Salto horizontal (cm)	123,5 ± 27,6	120,5 ± 27,2	121,9 ± 27,3	0,534
Salto vertical (cm)	26,7 ± 6,6	27,0 ± 5,9	26,9 ± 6,2	0,818
Velocidad/agilidad 4X10 (seg)	14,2 ± 1,8	14,4 ± 2,2	14,3 ± 2,0	0,678
Flexibilidad (cm)	18,3 ± 8,4	21,7 ± 7,0	20,0 ± 7,9	0,010
Niveles de AF (min/sem)^a				
Inactivo (min)	8355,2 ± 334,8	8304,2 ± 396,9	8328,5 ± 368,3	0,401
Ligero (min)	1505,8 ± 433,8	1551,3 ± 448,4	1529,6 ± 440,6	0,531
Moderado (min)	258,8 ± 80,4	299,0 ± 150,2	279,9 ± 123,3	0,047
Vigoroso (min)	158,5 ± 63,5	170,8 ± 65,9	164,9 ± 64,8	0,249
Total AFMV (min)	417,1 ± 100,3	469,9 ± 175,9	444,7 ± 146,8	0,028
Cumplimiento de recomendación^b				
AF > 60 min/día n,(%)	22 (31,0)	33 (42,3)	55 (36,9)	0,154
Tiempo de pantallas (> 2h/día)^b				
TV/TV por cable n,(%)	22 (31,9)	25 (32,9)	47 (32,4)	0,897
Computador/internet n,(%)	9 (13,0)	13 (17,3)	22 (15,3)	0,476
Videojuegos n,(%)	2 (3,0)	7 (9,3)	9 (6,4)	0,128

a: Diferencias con prueba ANOVA de una vía; b: Diferencias con prueba (X²); IMC: índice de masa corporal; CFRS: condición física relacionada con la salud; AFMV: Σ AF moderada + AF vigorosa

Correlación entre niveles de AF, características antropométricas y CFRS

Como análisis complementario y con el propósito de verificar si los niveles de AF se relacionan con valores más saludables en las variables antropométricas y de CFRS, se realizó un análisis de correlación de *Pearson*. Tras ajustar por edad y maduración sexual, las mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa y AFMV, presentó una relación positiva con la capacidad aeróbica ($r=0,366$) y ($r=0,390$), $p<0,05$ y una relación inversa en los indicadores antropométricos con el pliegue tricipital ($r=-0,257$) y pliegue subescapular ($r=-0,237$), $p<0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionó directamente con la capacidad aeróbica ($r=0,298$) y con mayores valores de flexibilidad ($r=0,277$), $p<0,05$. Los niveles de AFMV, presentaron una relación lineal con la capacidad aeróbica ($r=0,347$), $p<0,05$. Tabla 2.

Tabla 2. Correlación entre niveles de AF, características antropométricas y CFRS

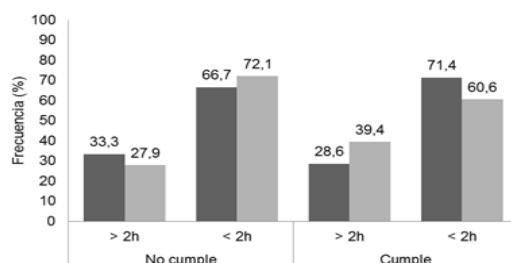
Característica	Mujeres ^a					Varones ^a				
	Niveles de AF (min/sem)					Niveles de AF (min/sem)				
	NI	NL	NM	NV	AFMV	NI	NL	NM	NV	AFMV
Antropometría										
Edad (años)										
Peso (kg)	0,069	0,205	0,033	-0,083	-0,003	0,221	0,028	0,153	-0,225	0,001
Talla (cm)	0,014	0,191	0,014	-0,049	-0,008	0,195	0,049	0,184	-0,147	0,016
IMC (kg/m ²)	0,125	0,142	0,074	-0,082	0,033	0,167	-0,004	0,047	-0,185	0,002
Circunferencia de cintura (cm)	0,050	0,184	0,072	-0,141	0,010	0,109	-0,032	0,162	-0,231	0,007
Circunferencia de cadera (cm)	-0,019	0,154	0,146	0,005	0,128	0,233	-0,039	0,093	-0,234	0,062
Pliegue tricipital (mm)	-0,115	0,051	0,257	0,097	-0,257*	0,132	0,001	-0,053	-0,041	0,118
Pliegue subescapular (mm)	0,033	0,083	0,263	0,032	-0,237*	0,051	0,011	-0,075	-0,025	0,144
Grasa corporal (%)	-0,081	-0,023	-0,077	-0,012	-0,069	-0,064	0,156	0,006	0,002	-0,047
CFRS										
Capacidad aeróbica (mL•kg•min ⁻¹)	0,009	-0,116	0,205	0,366**	0,390**	-0,245	0,027	0,124	0,298*	0,347**
Fuerza prensil (kg)	0,059	0,083	0,082	-0,017	0,063	0,150	-0,096	0,282*	-0,222	0,083
Salto horizontal (cm)	0,007	0,081	-0,209	-0,099	-0,216	0,002	0,106	0,239	-0,133	-0,11
Salto vertical (cm)	-0,094	0,154	-0,142	-0,194	-0,195	0,135	-0,033	0,209	-0,149	-0,085
Velocidad/agilidad 4X10 (seg)	-0,144	-0,138	-0,018	0,191	0,054	-0,230	0,111	0,005	-0,059	0,038
Flexibilidad (cm)	-0,026	-0,096	0,039	0,023	0,034	-0,147	0,032	0,129	0,277*	0,110

NI: Nivel inactivo < 100 counts por min; NL: AF ligera (101-2295 counts por min); NM: AF moderada (2296-4011 counts por min), NV: AF vigorosa (> 4012 counts por min); AFMV: Σ AF moderada + AF vigorosa; IMC: índice de masa corporal; CFRS: condición física relacionada con la salud ^a: Ajustado por edad y maduración sexual. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

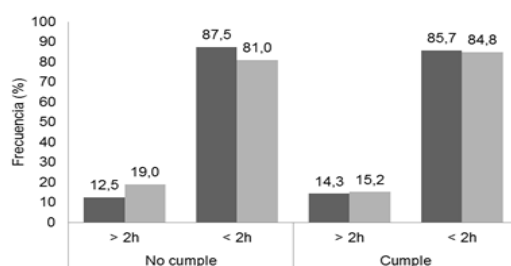
Relación en el cumplimiento de recomendación de AF y exposición a pantallas

La figura 1 muestra la relación en el cumplimiento de recomendación de AF y el tiempo y tipo de exposición a pantallas. Independiente del tipo y tiempo de pantallas por autoreporte, los participantes que permanecieron menos de 2h al día frente a TV/TV por cable, computador/internet y/o consolas de videojuegos completaron tiempos mayores a 60 min por día de actividad física según los registros por acelerómetro.

TV/TV por cable (%)



Computador/internet (%)



Videojuegos (%)

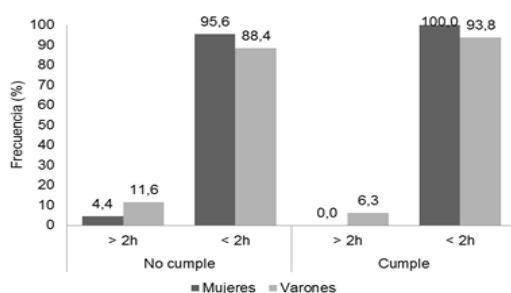


Fig 1. Relación entre el cumplimiento de la recomendación de AF, tipo y tiempo a exposición a pantallas en escolares de Bogotá, Colombia

Odd-ratios de cumplimiento de recomendaciones de AF y exposición a pantallas

Tras ajustar por sexo, edad y etapa de maduración, los escolares que permanecieron por menos de dos horas diarias frente TV/TV por cable, mostraron 1,819 veces (IC 95% 1,401 – 2,672) de oportunidad para cumplir con las recomendaciones de AF según la OMS (4), tabla 3.

Tabla 3. Índices de riesgo (odds ratio) para el cumplimiento de recomendaciones de AF según el tipo y tiempo de pantallas según sexo

Tipo de pantalla ^a	OR ^b	IC95% ^b
TV/TV por cable	1,819	1,401 – 2,672
Computador/internet	1,059	0,413 – 2,719
Videojuegos	2,204	0,440 – 11,025

Asociación estimada mediante modelos de regresión logística multivariada

^aReferencia: < 2 h/día

^bOR e IC 95% ajustados por sexo, edad y maduración sexual

Discusión

El principal objetivo que tuvo este estudio fue examinar la relación entre los niveles de AF de forma objetiva, la CFRS y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. Los procedimientos utilizados en el estudio son consistentes con las prácticas y estándares utilizados por los investigadores de otros países, y por lo tanto proporcionan información valiosa acerca de los niveles de AF y de CFRS de los escolares medidos. Con relación al tiempo promedio de AFMV/sem estimado objetivamente con acelerómetro, las mujeres registran menor valor frente a los hombres ($417,1 \pm 100,3$ vs. $469,9 \pm 175,9$) $p=0,028$. Respecto al cumplimiento de la recomendación de AF como estrategia para la prevención de ECV en edades tempranas de la vida, se encontró que el 42,3% de los varones y el 31,0% de las mujeres eran físicamente activos –es decir cumplían las recomendaciones de 60 min diarios de AF moderada a vigorosa durante siete días de la semana–. Al agrupar por sexo, se observa que el 36,9% de los participantes alcanzan esta recomendación, hallazgos similares fueron reportados por Oviedo et al. (37) (31,7%) en escolares de $14,3 \pm 0,8$ años de la provincia de Girona, España y menor al reportado por Martínez et al. (38) (71,1%) en 214 adolescentes entre los 13 y 16 años de la ciudad de Madrid, España. En Colombia, resultados de la Encuesta Mundial de Salud Escolar y la

Encuesta de Comportamientos en Salud en la Población Escolar (en inglés Health Behavior in School Aged Children Survey-HBSC), muestran que la prevalencia de actividad física recomendada en jóvenes de 13 a 15 años de 5 ciudades de Colombia fue del 15% (rango 12,1% a 17,1%) (39). Recientemente el ReportCard de AF (17), muestra que el 26% de la población cumple con el mínimo de AF recomendada en el grupo de edad entre los 13 y 17 años, aunado a la alta prevalencia de sobrepeso y obesidad (13,4%) en este mismo grupo poblacional. Otro resultado de este trabajo, fue que las mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa mostraron relación lineal con la capacidad aeróbica ($r=0,366$) y una relación inversa con el pliegue tricipital ($r=-0,257$) y subescapular ($r=-0,237$), $p<0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionaron con mayores valores de flexibilidad ($r=0,277$), mientras que los niveles de AFMV, se relacionaron positivamente con la capacidad aeróbica ($r=0,347$), $p<0,05$. Esto es un hallazgo consistente en encuestas internacionales y nacionales sobre actividad física en escolares y que también ha sido reportado en adultos en Bogotá (40) (41). También coincide con lo encontrado por Pate et al. (42) en escolares de Norteamérica. Estos autores consideran cuatro niveles determinantes -fisiológico, psicológico, sociocultural y ecológico- que influyen en la AF. Por ejemplo, los determinantes fisiológicos de la AF entre los niños y jóvenes incluyen la edad, el sexo y el grupo étnico. Específicamente, se ha encontrado que las niñas son menos activas que los niños, los niños mayores y los adolescentes menos activos que los niños más pequeños y las niñas afrodescendientes son menos activas que las niñas blancas (10) (17).

La mayoría de los estudios en niños y adolescentes han valorado mediante cuestionarios el tiempo en CS como tiempo frente a pantallas (18) (22). Independiente del tipo y tiempo de pantallas por autoreporte, los resultados de este estudio muestran que los escolares que permanecieron menos de 2h al día frente a TV/TV por cable, computador/internet y/o consolas de videojuegos completaron tiempos mayores a 60 min de AFMV por día según los registros por acelerómetro. En los trabajos de Martínez-Gómez et al (26) (38). se ha descrito que los resultados del autoreporte de exposición a tiempos de pantalla sugiere que a mayor exposición a estos medios es menor el cumplimiento de los tiempo mínimos recomendados de AF, que a su vez indica que una de las barreras para dicho cumplimiento son el uso excesivo de estos elementos tecnológicos. No obstante, el tiempo de exposición a pantallas, representa una aproximación importante a las CS, relacionadas con actividades de baja intensidad

energética de los niños y adolescentes, pero dista mucho de ser un buen indicador completo del tiempo diario relacionando con las CS durante el día, pues se han descrito limitaciones que relacionan el patrón de alimentación y sueño, los cuales en la mayoría de los casos poco saludables, desenlaces que puede distorsionar las asociaciones encontradas entre el tiempo de exposición a pantallas y diferentes indicadores de salud (18) (22). A pesar de estas limitaciones, el estudio de Martínez-Gómez et al. (43) en niños de entre 3 y 8 años de edad, no encontró asociación entre tiempo en CS y la presión arterial, mientras que sí la encontró con el tiempo de exposición a TV. La Asociación Americana de Pediatría señala que los niños y adolescentes no deberían dedicar más de 2 h diarias a tiempo de pantallas (TV/TV por cable + computador y/o videojuegos). Sin embargo, los periodos de inactividad de niños y adolescentes pueden ir mucho más allá del tiempo empleado en las actividades de pantalla, como ya se ha comentado (26) (38).

Al haber encontrado en nuestro estudio un menor cumplimiento de la recomendación de AF y el tiempo de exposición a pantallas, se ha tratado de analizar la posible influencia combinada de ambos factores. Los resultados muestran que los escolares que permanecieron por menos de dos horas diarias frente TV/TV por cable, mostraron 1,819 veces (IC95% 1,401–2,672) la oportunidad cumplir con las recomendaciones de AF. Estos datos indican que el incremento en las CS puede ser un elemento relevante en el desarrollo de obesidad, enfermedades cardiovasculares y metabólicas e incluso en algunos tipos de cáncer como lo señaló Cristi-Montero et al (18) Otros estudios anteriores también han mostrado que una mejor condición física aeróbica y muscular se asocia con un menor riesgo cardiovascular y metabólico en niños y adolescentes de Colombia (15).

Las principales limitaciones del presente estudio son las inherentes a su carácter transversal. Sin embargo, el uso de la acelerometría como procedimiento para la medición del tiempo empleado en AF por los escolares; ya que es un elemento metodológico que refuerza los resultados encontrados por otros estudios (26) (38). Tampoco fueron incluidas otras variables que pueden estar asociados al perfil de riesgo cardiometabólico, tales como la etnia, aspectos socioeconómicos, nutricionales, sociales y niveles de actividad física directo. La autodeclaración del Tanner, a pesar de la buena correlación que tiene con la medición directa, se considera como otra limitante del estudio (30) (31). A pesar de las limitaciones, no existen argumentos para creer que las relaciones descritas ocurran exclusivamente en la población

de la que procede nuestra muestra, pues se observó convergencia de los resultados con datos descritos en otros estudios nacionales e internacionales (18) (22) (26) (38), y por tanto, no se comprometen los resultados obtenidos en este reporte.

Como fortaleza de este estudio, se destaca la medición objetiva de los niveles de AF y la CFRS usados, que parte de baterías y dispositivos válidos y precisos en población escolar, así como la coexistencia de otras variables relacionadas a FRCV en etapas tempranas de vida, que supondrían un riesgo cardiovascular en edades futuras (44). Se destaca también que, hasta la fecha, éste es uno de los primeros estudios realizados en población colombiana que describe explícitamente el marco conceptual a partir del cual se pueda aplicar la batería ALPHA-Fitness (27), junto a la medición objetiva de la AF y los componentes antropométricos y tiempo de exposición a pantallas.

En conclusión, los escolares que registraron valores de AFMV de forma objetiva, presentaron mejores niveles en la CFRS especialmente en la capacidad aeróbica y flexibilidad y menores valores en los pliegues cutáneos. En opinión de los autores, se sugiere que los programas nacionales y las futuras intervenciones que promuevan incrementar los niveles de AF en ambientes escolares en Colombia consideren las diferencias por sexo, así como los factores asociados a ellas, para contribuir de esta manera a la disminución de las diferencias en la salud física. 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

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. 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 GICAEDS de la Universidad Santo Tomás (Grupo CICAEDS) por el apoyo técnico, entrenamiento en las pruebas y asesoramiento científico/tecnológico para las mediciones de campo. Al grupo Epiandes por su colaboración en el descargue de datos de los dispositivos ActiGraph GT3X+.

Referencias

1. Pate R, O'Neill J, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev*. 2008 Octubre; 36(4):173-8(Doi: 10.1097/JES.0b013e3181877d1a).
2. FB O, Ruiz J, Sjöström M. Physical activity, overweight and central adiposity in Swedish children and adolescents: the European Youth Heart Study. *Int J Behav Nutr Phys Act*. 2007; 4: 61(DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9576).
3. E W, de Silva-Sanigorski A, Hall B, Brown T, Campbell K, Gao Y, et al. Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev*. 2011; 7(12): 1-214.
4. Organization WH. Global Recommendations on Physical Activity for Health. WHO publications. Geneva, WHO publications. 2010; 1-60.
5. HC M, McMahan J, Herderick E, Malcom G, Tracy R, Strong J. Origin of atherosclerosis in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr*. 2000; 72(5 Suppl): 1307S-1315S.
6. Hasselstrøm H H, Hansen SE S, Froberg K, Andersen L. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish youth and sports study. An eight-year follow-up study. *Int J Sports Med*. 2002; 23(Suppl 1): 27-31.
7. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report Washington: Department of Health and Human Services. 2008.
8. Mancipe-Navarrete JA J, Garcia-Villamil SS S, Correa-Bautista J, Meneses-Echávez J, González-Jiménez E, Schmidt Rio-Valle J. Effectiveness of educational interventions conducted in latin america for the prevention of overweight and obesity in schol. *Nutr Hosp*. 2014; 31(1): 102-114.
9. Saunders T, Larouche R, Colley R, Tremblay M. Acute Sedentary Behaviour and Markers of Cardiometabolic Risk: A Systematic Review of Intervention Studies. *J Nutr Metab*. 2012; 2012: 712435.
10. Saunders T, Chaput J, Tremblay M. Sedentary behaviour as an emerging risk factor for cardiometabolic diseases in children and youth. *Can J Diabetes*. 2014; 38(1): 53-61.
11. MD. G, Sajuria M, Lobelo F, Garber MD. Geographical Variation in Health-Related Physical Fitness and Body Composition among Chilean 8th Graders: A Nationally Representative Cross-Sectional Study. *PLoS One*. 2014; 9(9): e108053.
12. Janz K, Dawson J, Mahoney L. Increases in physical fitness during childhood improve cardiovascular health during adolescence: the Muscatine Study. *Int J Sports Med*. 2002; 23(suppl 1): S15-S21.

13. Castillo-Garzon M, Ruiz J, Ortega F, 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.
14. Andersen L, Hasselstrom H, Gronfeldt V, Hansen S, 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 Stud. *Int J Sports Med.* 2002; 23(suppl 1): S15-S21.
15. Rodríguez-Valero F, Gualteros J, Torres J, Umbarila-Espinosa L, Ramírez-Vélez R. Asociación entre el desempeño muscular y el bienestar físico en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. *Nutr Hosp.* 2015; 32(4):1559-1566.
16. OMS. *Global Recommendations on Physical Activity for Health.* 2010.
17. González S, Sarmiento O, Cohen D, Camargo D, Correa-Bautista J, Páez C, et al. Results From Colombia's 2014 Report Card on Physical Activity for Children and Youth. *J Phys Act Health.* ; 11(Suppl 1): S33-S44.
18. Cristi-Montero C, Rodríguez F. Paradoja: "activo físicamente pero sedentario, sedentario pero activo físicamente". Nuevos antecedentes, implicaciones en la salud y recomendaciones. *Rev Med Chile.* 2014; 142: 72-78.
19. Bryant M, Lucove J, Evenson K, Marshall S. Measurement of television viewing in children and adolescents: a systematic review. *Obes Rev.* 2007; 8: 197-209.
20. Thorp A, Owen N, Neuhaus M, Dunstan D. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: a systematic review of longitudinal studies, 1996-2011. *Am J Prev Med.* 2011; 41: 207-215.
21. Biddle S, Gorely T, Marshall S, Murdey I, Camero N. Physical activity and sedentary behaviours in youth: issues and controversies. *J R Soc Promot Health.* 2004; 124: 29-33.
22. Owen N, Healy G, Matthews C, Dunstan D. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev.* 2010; 38: 105-113.
23. Healy G, Wijndaele K, Dunstan D, Shaw J, Salmon J, Zimmet P, et al. Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Diabetes Care.* 2008; 31: 369-371.
24. Chastin S, Granat M. Methods for objective measure, quantification and analysis of sedentary behaviour and inactivity. *Gait Posture.* 2010; 31: 82-86.
25. Reilly J, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton J. Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data. *Arch Dis Child.* 2008; 93(7): 614-619.
26. Martínez-Gómez D, Eisenmann J, Gómez-Martínez S, Veses A, Marcos A, Veiga O. Sedentarismo, adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en adolescentes. Estudio AFINOS. *Rev Esp Cardiol.* 2010; 63(3): 277-285.
27. Ruiz J, España V, Castro J, Artero E, Ortega F, Cuenca M, et al. ALPHA-fitness test battery: health-related field-based fitness tests assessment in children and adolescents. *Nutr Hosp.* 2011; 26(6): 1210-1214.
28. Cole T, Bellizzi M, Flegal M, Dietz W. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. *BMJ.* 2000; 320(7244): 1240-1243.

29. Boileau R, Lohman T, Slaughter M. Exercise and body composition in children and youth. *Scan J Sports Sci.* 1985; 7: 17-27.
30. Tanner J. Growth at adolescence. 2nd ed. London: Oxford: Blackwell Scientific Publication. 1962.
31. Matsudo S, Matsudo V. 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.
32. Research CoEoS. EUROFIT: Hand- book for the EUROFIT tests of physical fitness. 2nd edn. Strabourg: Committee of Experts on Sports Research. 1993.
33. Léger L, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988; 6: 93101.
34. Freedson P, Pober D, Janz K. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: S523-S530.
35. Puyau M, Adolph A, Vohra F, Butte N. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res.* 2002; 10(3): 150-157.
36. Davis M, Gance-Cleveland B, Hassink , S, Johnson R, Paradis G, Resnicow K. Recommendations for prevention of childhood obesity. *Pediatrics.* 2007; 120(Suppl.4):S229-S253.
37. Oviedo G, Sánchez J, Castro R, Calvo M, Sevilla J. Niveles de actividad física en población adolescente: estudio de caso. *Retos.* 2013;(23: 43-47).
38. Martínez-Gómez D, Welk G, Calle M, Marcos A, Veiga O. AFINOS Study Group. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents: the AFINOS Study. *Nutr Hosp.* 2009; 24(2): 226-232.
39. Piñeros M, Pardo C. Actividad física en adolescentes de cinco ciudades colombianas: resultados de la Encuesta mundial de Salud a escolares. *Rev Sal Pub.* 2010; 12(6): 903-914.
40. ICBF. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. URL: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/> Normatividad. Bogotá; 2010: (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, ed.). Report No.: (Acceso, Febrero 2015).
41. González S, Lozano O, Ramírez A. Physical activity levels among Colombian adults: Inequalities by gender and socioeconomic status. *Biomedica.* 2014; 34(3): 447-459.
42. Pate R, Wang C, Dowda M, Farrell S, O'Neill J. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2006; 160: 1005-1012.
43. Martínez-Gómez D, Tucker J, Heelan K, Welk G, Eisenmann J. Associations between sedentary behavior and blood. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2009; 63: 724-30.
44. Ramírez-Vélez R, Triana-Reina H, Carrillo H, Ramos-Sepulveda J, Rubio F, Poches-Franco L, et al. A cross-sectional study of Colombian University students' self-perceived lifestyle. *Springerplus.* 2015; 4:289.

Capítulo 3

Puntos de corte de la aptitud
cardiorrespiratoria relacionados con los
parámetros de adiposidad corporal en
adolescentes latinoamericanos

Introducción

La inactividad física y los bajos niveles de fitness cardiorrespiratorio (en inglés CFR) son las principales amenazas para la salud pública. Sin embargo, su prevalencia está aumentando rápidamente en los países en desarrollo, como en los niños y adolescentes latinoamericanos (1) (2) Además, es probable que los niños con sobrepeso y obesidad sigan siendo obesos hasta la edad adulta y es más probable que desarrollen varios riesgos metabólicos a una edad más temprana (3). Aunque las manifestaciones clínicas de muchas enfermedades crónicas se producen principalmente en la edad adulta, es bien sabido que una fase de desarrollo asintomática larga comienza temprano en la vida, a menudo durante la infancia (4), lo que sugiere que las iniciativas de prevención de enfermedades crónicas deberían comenzar durante estos años.

La FCR es un predictor igualmente poderoso del riesgo de mortalidad, similar a los factores de riesgo tradicionales, como el tabaquismo, la obesidad, la hipertensión, la dislipidemia y la diabetes mellitus tipo 2, tanto en poblaciones adolescentes como adultas (5). Un importante conjunto de pruebas respalda una asociación inequívoca entre un pobre FCR y un exceso de adiposidad con un mayor riesgo de enfermedad cardio-metabólica en los jóvenes (6). En respuesta, el estado físico y los resultados de salud en las pautas de evaluación juvenil han perdido una mejor comprensión de la estrecha asociación entre el componente físico y la composición corporal (7). En esta línea, la interrelación de una mayor adiposidad con un FCR más bajo es generalmente más fuerte cuando la adiposidad se mide a través de técnicas de imagen, ligeramente más débil cuando se evalúa usando circunferencia de cintura (CC) y relación cintura-altura (RCA) y más débil cuando se usa el índice de masa corporal (IMC) (8).

Aunque la aptitud física y la adiposidad corporal pueden estar correlacionadas, no son sinónimos e indican diferentes riesgos de enfermedad. En estudios jóvenes, varios autores han demostrado que aquellos con bajos niveles de adiposidad y bajo FCR tienen un mayor riesgo cardiovascular que los adolescentes de alta adiposidad con un FCR adecuado, independientemente de la aptitud muscular y la composición corporal (9) (10). Recientemente, Silva et al. (9) encontró que las mediciones con la prueba del test de ida y vuelta de 20 m en niños canadienses de 8 a 12 años fueron precisas para clasificar la muestra

por indicadores de obesidad en relación con el nivel de IRC. En este estudio, cuando se utilizaron puntos de corte específicos del sexo, se descubrió que, independientemente del indicador 20m ida y vuelta (VO₂pico, vueltas o velocidad), los niños con valores por debajo de las recomendaciones tenían más probabilidades de ser obesos, ya sea por IMC, CC, o ambos, independientemente de factores como la edad, el tiempo frente a la pantalla y el nivel de actividad física. Este resultado corrobora otros estudios que informaron que el FCR es un factor de riesgo independiente para la obesidad y refuerza la necesidad de desarrollar estándares relacionados con la salud del FCR para discriminar la salud cardio-metabólica en los jóvenes. Por lo tanto, comparar las diferencias en los estándares referenciados por criterios para las diferentes ecuaciones predictivas utilizadas para estimar la capacidad aeróbica ayudará a identificar diferentes riesgos de fenotipo (salud óptima y deficiente) a partir de los niveles de FCR estimados por el rendimiento de 20mSRT y serán de gran valor para la salud pública. Además, si bien existen puntos de corte con criterios de referencia para el FCR en muchos países de altos ingresos, solo se ha realizado un estudio en países de América Latina (11).

Las pautas de evaluación del estado físico de los jóvenes han pedido una mejor comprensión de la interrelación entre el estado físico y la composición corporal (7). Por lo tanto, establecer puntos de corte con criterios de referencia asociados con parámetros de adiposidad corporal para adolescentes puede ser útil para identificar la población objetivo para la prevención de enfermedades crónicas primarias, así como para las políticas de promoción de la salud. Los objetivos del presente estudio fueron dobles: (1) Identificar la capacidad de FCR estimada por el test de ida y vuelta de 20m para discriminar entre fenotipos "saludables" y "no saludables" (mediante medidas de adiposidad como CC y RCA) en adolescentes; (2) evaluar la asociación entre la obesidad y el consumo máximo relativo de oxígeno (VO₂ pico) en una muestra grande y diversa de jóvenes latinoamericanos.

Materiales y métodos

Estudio de muestra y diseño

Este estudio se basó en un análisis de datos secundarios de dos muestras separadas e independientes tomadas de dos países diferentes: Chile (n = 47,715; "Sistema para la Evaluación de la Calidad Educativa" (SIMCE; en español esto se traduce en "Sistema de

Medición de la Calidad de la Educación ”, años 2011, 2012, 2013, 2015) y Colombia (n = 24,790; Prueba SER Survey, en español esto se traduce en “ Evaluación en las áreas de arte, bienestar físico, convivencia y ciudadanía en el Distrito de Bogotá , Colombia "años 2014, 2015). Los participantes se consideraron elegibles para este estudio si tenían entre 13.0 y 15.0 años (grados 8 a 9), y el ejercicio de esfuerzo máximo no estaba contraindicado. La metodología completa de este estudio se describe en detalle (12).

En resumen, SIMCE, que ha sido administrado anualmente por el Ministerio de Educación de Chile en noviembre desde 2011 (Ministerio de Educación. Informe de Resultados Educación Física Simce; MINEDUC), utiliza una muestra proporcional estratificada en 15 regiones geográficas (con la excepción de Eastern Island, el archipiélago de Juan Fernández y la Antártida) y tres tipos de escuelas (públicas, privadas subsidiadas y privadas no subsidiadas). Dentro de cada estrato, las escuelas fueron la unidad primaria de muestreo, y todos los estudiantes en las escuelas seleccionadas fueron muestreados. El proceso de reclutamiento fue realizado por el Instituto Nacional del Deporte, y todos los examinadores eran técnicos de esta institución o graduados de educación física. Además, todos los examinadores recibieron un manual de prueba que describía todos los procedimientos y protocolos de prueba y completaron un curso de capacitación para mejorar la confiabilidad y validez de la prueba. SIMCE certificó la validez de la prueba de campo y recopiló los datos (Ministerio de Educación. Informe de Resultados Educación Física Simce; MINEDUC). La Encuesta Nacional de Educación Física fue autorizada bajo la Ley de Deportes de Chile número 19.712, Artículo 5 (Ministerio de Educación. Informe de Resultados Educación Física Simce; MINEDUC). Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Estudios en Humanos del Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos (INTA), Universidad de Chile, de acuerdo con las normas para la Experimentación Humana, Código de Ética de la Asociación Médica Mundial (Declaración de Helsinki, 1995). Solicitamos y obtuvimos permiso del Ministerio de Educación para utilizar datos disponibles públicamente con fines de investigación y enseñanza / aprendizaje (disponible en: <http://informacionestadistica.agenciaeducacion.cl/#/bases>).

Los autores del estudio (A.G.-H.) firmaron un acuerdo de uso de datos por escrito con el Ministerio de Educación de Chile. La encuesta Prueba SER fue realizada por el Secretario de

Educación del Distrito de Bogotá en noviembre de 2014 y 2015. Estas fueron encuestas transversales de estudiantes de noveno grado reclutados de escuelas públicas y privadas de las 20 "localidades" (municipios) dentro de la Capital del Distrito de Bogotá (Departamento de Cundinamarca, Región Andina de Colombia). Se pueden obtener más detalles en el sitio web https://www.educacionbogota.edu.co/archivos/Temas%20estrategicos/Documentos/Resultados_PruebasSER-Bienestar_Fisico_Ciudadania_y_Convivencia.pdf (disponible en: https://www.educacionbogota.edu.co/archivos/Temas%20estrategicos/Documentos/Resultados_PruebasSER-Bienestar_Fisico_Ciudadania_y_Convivencia.pdf). La encuesta fue aprobada por el Comité de Revisión de la Secretaría de Educación del Distrito de Bogotá (ID Convenio N ° CDP 3381, Proyecto N ° 893 “Pensar en Educación” fecha 02-10-2014, y Código de Proyecto Fuprecol N ° CEI-ABN026–000262, fecha 27-09-2013).

Parámetros de adiposidad corporal

Las medidas de peso, altura y CC se realizaron en la escuela aplicando procedimientos estandarizados; Todos los instrumentos fueron verificados antes de medir cada tema. Antes de la recopilación de datos, los examinadores fueron capacitados antes de las pruebas por el Ministerio de Educación de Chile y la Universidad del Rosario-Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física "CEMA" (<https://www.urosario.edu.co/CEMA/Inicio/#cema>), para estandarizar el proceso de evaluación y minimizar la variabilidad interobservador. La masa corporal se midió usando balanzas digitales con error máximo de 0.1 kg; la altura se midió usando un estadiómetro error máximo de al 0.1 cm. Posteriormente se obtuvo el índice de masa corporal (IMC, kg / m²) y se calcularon las puntuaciones z de IMC utilizando datos de referencia específicos de edad y sexo de la Organización Mundial de la Salud, con obesidad definida como ≥ 2 DE por encima de la media (14). Los parámetros de adiposidad corporal se estimaron utilizando la información de CC y la relación cintura-altura (RCA). La CC se midió con cinta métrica inelástica con error máximo de a 0.1 cm, que se midió en posición horizontal y a medio camino entre el borde costal inferior de la décima costilla y la parte superior de la cresta ilíaca. CC y altura se utilizaron para calcular RCA, con obesidad definida como ≥ 0.50 según informes anteriores (15). El percentil 75 de CC según la edad y el sexo se determinó en base a los datos recopilados de De Ferranti et al. (16) CC y RCA se han utilizado como representantes del tejido adiposo central (visceral) que recientemente ha recibido atención como marcador de "riesgo temprano para la salud" en

muchas poblaciones (17). Por lo tanto, ambos parámetros de adiposidad se relacionaron con riesgos cardiometabólicos en otras poblaciones latinoamericanas de Brasil (18) y México (19), incluso entre jóvenes con sobrepeso y obesidad.

Aptitud cardiorrespiratoria (FCR)

Los procedimientos de prueba fueron consistentes con las pautas para la evaluación de la aptitud en la escuela (7). FCR se evaluó utilizando el protocolo de prueba de ejecución de 20 m (20mSRT) (20). Esta prueba mostró una buena y muy buena reproducibilidad y validez (21). El equivalente metabólico correspondiente (MET) se obtuvo dividiendo el pico de VO_2 por $3.5 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ (22) Las pruebas se realizaron en el gimnasio de la escuela o en otra superficie dura disponible.

Análisis estadístico

Se calcularon valores descriptivos para todas las variables (media aritmética, desviación estándar o frecuencias). Se verificó la normalidad de distribución de todas las variables antes del análisis mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y los gráficos Q-Q. Ninguno requirió transformación debido a la distribución normal. Cohen d, t-test y Chi-cuadrado se calcularon para cuantificar la diferencia entre sexos. Las correlaciones de Pearson se calcularon para cuantificar la relación entre FCR y los parámetros de adiposidad corporal. Pruebas de diagnóstico de detección (23) (sensibilidad, especificidad, valor predictivo positivo (VPP), valor predictivo negativo (VPN), razón de probabilidad positiva (LR +) y relación de probabilidad negativa (LR-)) y análisis de curva ROC (característica operativa del receptor) se han aplicado en la determinación de valores de corte para los parámetros analizados (24). Sin embargo, el área bajo los valores de la curva de 0.55–0.62, 0.63–0.71 y > 0.71 correspondió a un tamaño del efecto (d de Cohen) pequeño, mediano y grande, respectivamente (25). Además, la muestra actual se clasificó de acuerdo con los puntos de corte sugeridos en el presente estudio y se calculó el análisis de regresión logística con odds ratio (OR) e intervalos de confianza (IC) del 95%. El análisis univariado y multivariado ajustado por edad y sitio se utilizó por separado para niños y niñas. Se utilizaron los programas estadísticos MedCalc 16.8.4® (Ostende, Bélgica) y el software SPSS 24.0® (SPSS Inc., Chicago, IL, EE. UU.) Para todos los análisis, y un valor de $p < 0,05$ se consideró estadísticamente significativo.

Resultados

Características generales

La muestra final comprendió 72.505 adolescentes de 14.02 años (IC 95% 14.01-14.03) años. Las medias (IC del 95%) para la muestra fueron: IMC, 22,65 (21,63-21,68) kg / m²; CC, 71,12 (71,06-71,18) cm; RCA, 0,44 (0,44-0,44); y FCR, 42.47 (42.42–42.52)mL·kg⁻¹·min⁻¹ utilizando Léger et al. ecuación (20). La prevalencia de los parámetros de adiposidad corporal según CC y RCA fue de 11.2% y 15.1%, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1. Características de la muestra

Características	Muestra Completa (n = 72,505)	Niños (n = 38,044)	Niñas (n = 34,461)	Valor p (d cohen) por sexo
Edad (Años)	14.02 (14.02–14.03)	14.05 (14.04–14.05)	14.00 (13.99–14.01)	<0.0001 (0.068)
Peso (Kg)	56.01 (55.93–56.08)	57.24 (57.14–57.35)	54.64 (54.54–54.74)	<0.0001 (0.254)
Talla (Cm)	160.73 (160.67–160.78)	164.33 (164.25–164.40)	156.75 (156.69–156.81)	<0.0001 (1.123)
IMC (Kg/m ²)	21.65 (21.63–21.68)	21.14 (21.10–21.17)	22.22 (22.18–22.25)	<0.0001 (0.309)
IMC z-score	0.64 (0.63–0.64)	0.57 (0.56–0.58)	0.70 (0.69–0.71)	<0.0001 (0.127)
Obesidad (≥ +2DS) ^a	6945 (9.6)	3852 (5.3)	3093 (4.3)	<0.0001 (N.A)
Circunferencia de cintura (cm)	71.12 (71.06–71.18)	72.11 (72.03–72.20)	70.03 (69.94–70.12)	<0.0001 (0.248)
Obesidad (CC > percentil 75 Por edad y sexo) ^b	8088 (11.2)	4489 (6.2)	3599 (5.0)	<0.0001 (N.A)
Relación cintura-altura	0.44 (0.44–0.44)	0.44 (0.44–0.44)	0.45 (0.45–0.45)	<0.0001 (0.150)
Obesidad (Relación cintura- altura ≥ 0.50) ^c	10,897 (15.1)	5164 (7.1)	5733 (7.9)	<0.0001 (N.A)
IMC y Relación cintura-cintura ^a	4971 (6.9)	2877 (4.0)	2094 (2.9)	<0.0001 (N.A)
IMC y Relación cintura-talla ^a	5528 (7.7)	3024 (4.2)	2504 (3.5)	<0.0001 (N.A)
Etapa (n)	15.48 (15.36–15.61)	19.07 (18.86–19.28)	11.50 (11.37–11.62)	<0.0001 (N.A)
VO ² PICO (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) Léger et al ²²	42.47 (42.42–42.52)	45.83 (45.77–45.89)	38.76 (38.70–38.81)	<0.0001 (1.284)

Puntos de corte de la aptitud cardiorrespiratoria relacionados con los parámetros de adiposidad corporal

Para niños y niñas (Tabla 2), el VO₂ pico mostró una capacidad predictiva significativa para la obesidad (área bajo la curva, AUC > 0.62). En los niños, cuando se considera la muestra completa (13-15 años), el mejor corte- el punto para el pico de VO₂ estimado por la ecuación de Léger et al. para detectar la grasa corporal por CC y RCA fue 43.77 mL·kg⁻¹·min⁻¹ (12.51 METs). Para las niñas, al considerar la muestra completa (13-15 años) , el mejor punto de corte para detectar la grasa corporal por CC y RCA fueron 38.53 a mL·kg⁻¹·min⁻¹ (10.50 a 10.78 equivalente metabólico).

Tabla 2. Propiedades de diagnóstico de VO₂pico (prueba de ida y vuelta de 20 m) según la ecuación de Léger et al. para detectar la obesidad por grupo de edad y sexo.

Edad/Sexo	ABC (95% CI)	Puntos de Corte mL.kg ⁻¹ min ⁻¹ y (METs)	Sensibilidad (%) (95% IC)	Especificidad (%) (95% IC)	CP (+) (95% IC)	CP (-) (95% IC)	VPP (95% IC)	VPN (95% IC)
Obesidad por CC > percentil 75 por edad y sexo								
13 años								
Niños (n = 8069)	0.71 (0.70–0.72)	44.83 (12.81)	64.72 (62.3–67.0)	68.85 (67.7–70.0)	2.08 (2.0–2.2)	0.51 (0.5–0.5)	34.5 (32.8–36.2)	88.5 (87.6–89.4)
Niñas (n = 8008)	0.64 (0.63–0.65)	38.53 (11.01)	69.68 (67.1–72.1)	53.63 (52.4–54.8)	1.50 (1.4–1.6)	0.57 (0.5–0.6)	23.0 (21.7–24.4)	89.9 (88.9–90.8)
14 años								
Niños (n = 20069)	0.71 (0.70–0.72)	42.13 (12.04)	63.54 (61.5–65.5)	69.58 (68.9–70.3)	2.09 (2.0–2.2)	0.52 (0.5–0.6)	20.8 (19.8–21.8)	93.8 (93.4–94.2)
Niñas (n = 18358)	0.64 (0.63–0.65)	36.74 (10.50)	71.27 (69.2–73.3)	51.78 (51.0–52.6)	1.48 (1.4–1.5)	0.55 (0.5–0.6)	14.3 (13.6–15.0)	94.1 (93.6–94.6)
15 años								
Niños (n = 9830)	0.69 (0.68–0.70)	40.50 (11.57)	63.59 (59.7–67.4)	68.68 (67.7–69.6)	2.03 (1.9–2.2)	0.53 (0.5–0.6)	12.0 (10.9–13.2)	96.6 (96.1–97.0)
Niñas (n = 7986)	0.68 (0.66–0.69)	34.95 (9.99)	79.08 (74.8–82.9)	45.22 (44.1–46.3)	1.44 (1.4–1.5)	0.46 (0.4–0.6)	7.2 (6.5–8.0)	97.6 (97.0–98.0)
13 a 15 años								
Niños (n = 37968)	0.69 (0.68–0.69)	43.77 (12.51)	65.63 (64.2–67.0)	64.70 (64.2–65.2)	1.86 (1.8–1.9)	0.53 (0.5–0.6)	20.0 (19.3–20.6)	93.4 (93.0–93.7)
Niñas (n = 34367)	0.60 (0.59–0.60)	38.53 (11.01)	72.60 (71.1–74.1)	45.37 (44.8–45.9)	1.33 (1.3–1.4)	0.60 (0.6–0.6)	13.5 (13.0–13.9)	93.4 (93.0–93.8)
Obesidad por incide Cintura -Talla (>0.50)								
13 años								
Niños (n = 8057)	0.74 (0.73–0.75)	44.83 (12.81)	68.32 (65.9–70.7)	69.09 (68.0–70.2)	2.21 (2.1–2.3)	0.46 (0.4–0.5)	33.8 (32.1–35.5)	90.4 (89.6–91.2)
Niñas (n = 8003)	0.63 (0.62–0.64)	38.53 (11.01)	68.57 (66.2–70.9)	54.13 (52.9–55.4)	1.49 (1.4–1.6)	0.58 (0.5–0.6)	26.3 (25.0–27.7)	87.8 (86.8–88.8)
14 años								
Niños (n = 20056)	0.71 (0.70–0.72)	42.13 (12.04)	62.43 (60.6–64.2)	70.36 (69.7–71.0)	2.11 (2.0–2.2)	0.53 (0.5–0.6)	25.1 (24.0–26.1)	92.2 (91.7–92.6)
Niñas (n = 18347)	0.63 (0.63–0.64)	36.74 (10.50)	69.34 (67.7–71.0)	53.22 (52.4–54.0)	1.48 (1.4–1.5)	0.58 (0.5–0.6)	22.9 (22.1–23.8)	89.7 (89.0–90.3)
15 años								
Niños (n = 9829)	0.69 (0.68–0.70)	40.50 (11.57)	61.33 (58.1–64.5)	69.48 (68.5–70.4)	2.01 (1.9–2.1)	0.56 (0.5–0.6)	16.9 (15.7–18.3)	94.7 (94.1–95.2)
Niñas (n = 7997)	0.64 (0.63–0.65)	34.95 (9.99)	75.24 (72.6–77.7)	47.12 (45.9–48.3)	1.42 (1.4–1.5)	0.53 (0.5–0.6)	18.9 (17.8–20.1)	92.1 (91.1–92.9)
13–15 años								
Niños (n = 37942)	0.70 (0.70–0.71)	43.77 (12.51)	66.19 (64.9–67.5)	65.40 (64.9–65.9)	1.91 (1.9–2.0)	0.52 (0.5–0.5)	23.2 (22.5–23.8)	92.5 (92.1–92.8)
Niñas (n = 34347)	0.62 (0.61–0.62)	38.53 (11.01)	63.99 (61.7–64.2)	57.22 (56.6–57.8)	1.47 (1.4–1.5)	0.65 (0.6–0.7)	22.8 (22.1–23.4)	88.5 (88.1–89.0)

ABC: Area bajo la Curva; 95% IC: 95% Intervalo de Confianza; CP+: Cociente de probabilidad positiva; CP-: cociente de probabilidad negativo; VPP: Valor Predictivo Positivo; VNP: Valor Predictivo Negativo; CC, Circunferencia de Cintura; RCT: Relación Cintura Talla.

Relación entre la aptitud cardiorrespiratoria y los parámetros de grasa corporal

En todos los grupos de edad y sexo, el FCR fue negativo débil a moderado correlacionado con CC y RCT (Tabla 3).

Tabla 3. Coeficiente de asociación de correlación de Pearson entre aptitud cardiorrespiratoria y parámetros de grasa corporal por sexo.

	Niños				Niñas			
	13 Años	14 Años	15 Años	13-15 Años	13 Años	14 Años	15 Años	13-15 Años
CC (cm)	-0.332 *	-0.240 *	-0.179 *	-0.224 *	-0.174 *	-0.182 *	-0.193 *	-0.161 *
RCT	-0.298 *	-0.202 *	-0.155 *	-0.203 *	-0.176 *	-0.171 *	-0.180 *	-0.154 *

CC, Circunferencia de Cintura; RCT: Relación Cintura Talla. * $p < 0.001$ (r, Coeficiente de relación Pearson).

Finalmente, de acuerdo con los puntos de corte sugeridos (Tabla 2), los adolescentes con bajo FCR tenían más probabilidades de ser obesos (usando el puntaje z del IMC) ya sea por CC o RCT (Tabla 4).

Tabla 4. Asociación entre el nivel de aptitud cardiorrespiratoria no saludable y la obesidad por sexo.

	Niños		Niñas	
	Analisis Crudo (OR (95% IC))	Analisis Ajustado (OR (95% IC) †	Analisis Crudo (OR (95% IC))	Analisis Ajustado (OR (95% IC) †
Obesidad por CC > percentil 75 por edad y sexo				
Baja condicion Cardiorespiratoria				
Puntos de corte específicos por sexo y edad	4.18 (3.92-4.46) *	4.29 (4.01-4.59) *	2.73 (2.54-2.93) *	2.62 (2.44-2.82) *
	2.88 (2.70-3.07) *	4.53 (4.23-4.85) *	1.71 (1.59-1.83) *	2.73 (2.52-2.94) *
Obesidad por incide Cintura -Talla (>0.50)				
Baja condicion Cardiorespiratoria				
Puntos de corte específicos por sexo y edad	4.13 (3.89-4.39) *	4.58 (4.30-4.89) *	2.50 (2.36-2.66) *	2.43 (2.28-2.58) *
	3.24 (3.05-3.44) *	4.78 (4.48-5.10) *	2.05 (1.93-2.17) *	2.65 (2.49-2.83) *

OR: odds ratio; 95% CI: 95% Intervalo de Confianza; CC, Circunferencia de Cintura; RCT: Relación Cintura Talla. † Análisis ajustados por edad y país.; * Regresión Logística ($p < 0.001$).

Discusión

Los principales hallazgos del presente estudio sugieren que la CFR (estimada por el 20mSRT) presentaba una capacidad discriminatoria para identificar un perfil de salud deficiente (estimado por los parámetros de grasa corporal) en niñas y niños de 13 a 15 años. Además, los puntos de corte sugeridos para un bajo CFR se asociaron con la obesidad en todas las edades y sexos.

Este estudio amplió los resultados de un estudio reciente en 8740 niños canadienses de 8.0 a 12.9 años que mostró una asociación negativa entre el 20mSRT y el riesgo cardiometabólico (según lo evaluado por las medidas de adiposidad) y que los puntos de corte del FCR de los análisis ROC tuvieron una buena discriminación poder para la obesidad. En este estudio, los puntos de corte de FCR sugeridos óptimos para niños de 8 a 12 años fueron $39 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y $41 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para niñas y niños, respectivamente. En otro estudio similar que incluyó 16.619 niños británicos de Liverpool de 11 a 13,9 años (26), los valores propuestos para identificar a los niños con riesgo de sobrepeso fueron $41,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y $46,6 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para niñas y niños, respectivamente. En el presente estudio, los puntos de corte óptimos, cuando consideramos todas las muestras por CC o RCA, fueron $43.77 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ y $38.53 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ para niños y niñas, respectivamente. Otro estudio publicado por nuestro equipo, que incluyó niños y adolescentes colombianos, propuso puntos de corte de $47,9 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en niños y $34,4 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en niñas de 9 a 12 años y $48,0 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en niños y $33.8 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ en niñas de 13 a 17 años (11). Por lo tanto, nuestros resultados indican que la sensibilidad para identificar a los participantes con adiposidad dentro de un rango clínico fue limitada, particularmente para los niños, mientras que la especificidad de la predicción de la adiposidad usando la ecuación de Leger para estimar el VO_2 pico fue baja para las niñas. En este sentido, se observó que el valor predictivo positivo era bajo para ambos sexos de 13 a 15 años (CC > percentil 75: ♂ = 20.0 y ♀ = 13.5; RCA ≥ 0.50 : ♂ = 23.2 y ♀ = 22.8), lo que sugiere un número importante de falsos positivos, especialmente en el grupo de niñas, y refuerza la necesidad de intervenciones específicas por sexo en el entorno latinoamericano.

Este valor predictivo positivo está directamente relacionado con la baja prevalencia de obesidad en la muestra general (rango: 6.9% a 10.8%). Sin embargo, una limitación

importante es que los puntos de corte solo se pueden aplicar a poblaciones en las que la condición tiene una prevalencia similar a la población evaluada o a individuos con un riesgo similar de un resultado positivo. Además, el bajo FCR en la adolescencia es en gran medida una condición reversible. Intervenciones para mejorar el estado físico en los jóvenes se ha demostrado, en promedio, que mejora la IRC en aproximadamente un 10%, incluso entre niñas con sobrepeso y obesidad (28).

Dos revisiones (29) (30) con respecto a los puntos de corte del FCR para identificar banderas rojas para personas sanas y no saludables fenotipos en niños y adolescentes propusieron estándares internacionales provisionales referenciados por criterios de $42 \text{ ml.k}^{-1}\text{Min}^{-1}$ y $35 \text{ ml.kg}^{-1}\text{Min}^{-1}$ para niños y niñas de 8 a 18 años, respectivamente. Los puntos de corte las propuestas en nuestro estudio son más altas que las sugeridas por Lang et al (29) .y Ruiz et al. (30) estas las diferencias pueden deberse a que nuestro estudio solo utilizó parámetros de grasa corporal para determinar un perfil de salud deficiente, mientras que los puntos de corte de Ruiz y Lang utilizaron otros factores de riesgo cardiometabólico. Además, la mayoría de estos estudios utilizaron una muestra local que puede no tener una representatividad necesaria de la población.

Además, si bien ambos estudios mostraron puntos de corte para FCR para muchos países de altos ingresos, no estamos consciente de cualquier estudio que utilice una gran muestra de jóvenes latinoamericanos.

Colectivamente, estos hallazgos sugieren la existencia de una relación importante entre FCR y grasa que es detectable ya en la adolescencia y que podría usarse para guiar los esfuerzos de prevención y, en consecuencia, reducen los factores de riesgo cardiometabólico. Las consecuencias perjudiciales atribuidas a la obesidad. podría contrarrestarse, en cierta medida, manteniendo niveles adecuados de IRC (6) (31). En nuestro estudio También probamos la asociación entre FCR y parámetros de grasa, así como los puntos de corte propuestos de bajo FCR y obesidad. La asociación entre nuestros puntos de corte para bajo FCR y obesidad proporciona un claro conocimiento de los vínculos entre un FCR desfavorable y un estado de salud más bajo y resaltar la necesidad de intervenciones de salud pública para aumentar los niveles de condición física en la población juvenil. Dichas intervenciones, por ejemplo, en el entorno escolar, deberían implicar la promoción física actividad para aumentar los

niveles de FCR (32) y se mencionó en las directrices más recientes para la actividad física (33).

En esta línea, y de acuerdo con nuestros resultados, una revisión sistemática (31) que combina los resultados de 142 estudios que investigaron las asociaciones entre el test de ida y vuelta de 20 metros y varios indicadores de salud entre niños y adolescentes mostró que el de ida y vuelta de 20 metros se asoció positivamente con los aspectos de salud física, fisiológica, psicosocial y cognitiva en jóvenes y podría usarse como una salud holística indicador para ayudar a identificar a los jóvenes en riesgo de mala salud.

El presente estudio tiene varias limitaciones que deben considerarse en la interpretación de los hallazgos. Primero, el diseño transversal de nuestro estudio no nos permite explicar la causalidad. En segundo lugar, la evaluación de otros factores de riesgo cardiometabólico (p. ej., presión arterial, dislipidemia y resistencia a la insulina) podrían haber mostrado información adicional sobre evaluación pronóstica. Finalmente, predijimos VO₂peak de un solo test de ida y vuelta de 20 metros, y se requirieron métodos de prueba estándar con consumo de oxígeno medido directamente para confirmar nuestros puntos de corte.

La mayor fortaleza de este estudio es la utilidad potencial de los puntos de corte en entornos de campo por profesionales de la salud en países de América Latina. Porque el test de ida y vuelta de 20 metros es un método simple y de bajo costo de Evaluación de FCR, su uso puede proporcionar una forma factible de estudiar el vínculo entre la actividad física y salud en adolescentes a nivel poblacional (34). Una fortaleza final de este estudio es su gran muestra tamaño, permitiendo que el análisis explore significativamente varios parámetros de grasa corporal a nivel de población para caracterizar mejor a los adolescentes latinoamericanos.

Conclusiones

A pesar del diseño transversal del presente estudio y de que el AUC mostró solo moderación valores, nuestros resultados destacan la capacidad y utilidad de FCR (según lo estimado por el test de ida y vuelta de 20 metros) en la detección de obesidad en adolescentes. Nuestros hallazgos también sugieren que los puntos de corte propuestos para bajo FCR están asociados con obesidad, en ambos sexos. Por lo tanto, estos puntos de corte de VO₂ podrían ser

utilizados por profesionales de la salud y en el entorno escolar como una evaluación de bajo costo en el campo para ayudar a identificar a los jóvenes en riesgo de inadecuada salud.

Referencias

1. Lee D, Sui X, Church T, Lavie C, Jackson A, Blair S. Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors: Hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia. *J. Am. Coll. Cardiol.* 2012; p. 59, 665–672.
2. Aubert S, Barnes J, Abdeta C, Abi Nader P, Adeniyi F, Aguilar-Farias N, et al. Global matrix 3.0 physical activity report card grades for physical activity report card grades for children and youth: Results and analysis from 49 countries. *J. Phys. Act. Health.* 2018; 15, S251–S273.
3. Sahoo K, Sahoo B, Choudhury A, Sofi N, Kumar R, Bhadoria A. Childhood obesity: Causes and consequences. *J. Fam. Med. Prim. Care.* 2015; 4, 187.
4. Nontraditional risk factors and biomarkers for cardiovascular disease: Mechanistic, research, and clinical considerations for youth: A scientific statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2011; 123, 2749–2769.
5. Kaminsky L, Arena R, Ellingsen O, Harber M, Myers J, Ozemek C, et al. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease—the past, present, and future. *Prog. Cardiovasc. Dis.* 2019; 62, 86–93.
6. Mintjens S, Menting M, Daams J, van Poppel M, Roseboom T. Cardiorespiratory fitness in childhood and adolescence affects future cardiovascular risk factors: A systematic review of longitudinal studies. *Sports Med.* 2018; 48, 2577–2605.
7. Pillsbury L, Oria M, Pate R. *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*; National Academies Press: Washington, DC, USA. 2013.
8. Lee S, Arslanian S. Cardiorespiratory fitness and abdominal adiposity in youth. *Eur. J. Clin. Nutr.* 2007; 61, 561.
9. Silva D, Lang J, Barnes J, Tomkinson G, Tremblay M. Cardiorespiratory fitness in children: Evidence for criterion-referenced cut-points. *PLoS ONE.* 2018; 13, e0201048.
10. Grøntved A, Ried-Larsen M, Møller N, Kristensen P, Froberg K, Brage S, et al. Muscle strength in youth and cardiovascular risk in young adulthood (the European Youth Heart Study). *Br. J. Sports Med.* 2015; 49, 90–94.
11. Ramírez-Vélez R, Correa-Bautista J, Mota J, García-Hermoso A. .
12. García-Hermoso A, Correa-Bautista J, Olloquequi J, Ramírez-Vélez R. Health-related physical fitness and weight status in 13- to 15-year-old Latino adolescents. A pooled analysis. *J. Pediatr.* 2019; 95, 435–442.
13. Ministerio de Educación. Informe de Resultados Educación Física Simce; MINEDUC. Santiago, Chile, 2014. .
14. Onis M, Onyango A, Borghi E, Siyam A, Nishida C. Development of a WHO growth Development of a WHO growth. *Bull. World Health Organ.* 2007; 85, 660–667.

15. Schwandt P, Haas G. Is the ratio waist circumference to height (whtr) of 0.5 a universal measure for abdominal adiposity in children and adolescents? *Int. J. Obes.* 2016; 40, 1141.
16. De Ferranti S, Gauvreau K, Ludwig D, Neufeld E, Newburger J, 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.
17. Ashwell M, Gibson S. Waist-to-height ratio as an indicator of ‘early health risk’: Simpler and more predictive than using a ‘matrix’ based on bmi and waist circumference. *BMJ Open.* 2016; 6, e010159.
18. De Oliveira R, Guedes D. Performance of anthropometric indicators as predictors of metabolic syndrome in brazilian adolescents. *BMC Pediatr.* 2018; 18, 33.
19. LI WC, Chen I, Chang Y, Loke S, Wang S, Hsiao K. Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 Taiwanese adults. *Eur. J. Nutr.* 2013; 52, 57–65.
20. Leger L, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* 1988; 6, 93–101.
21. Ramírez-Vélez R, Rodrigues-Bezerra D, Correa-Bautista J, Izquierdo M, Lobelo F. Reliability of health-related physical fitness tests among colombian children and adolescents: The fuprecol study. *PLoS ONE.* 2015; 10, e0140875.
22. Silva D, Tremblay M, Pelegrini A, Silva Rd, de Oliveira A, Petroski E. Association between aerobic fitness and high blood pressure in adolescents in brazil: Evidence for criterion-referenced cut-points. *Pediatr. Exerc. Sci.* 2016; 28, 312–320.
23. Swets J. The relative operating characteristic in psychology: A technique for isolating effects of response bias finds wide use in the study of perception and cognition. *Science.* 1973; 182, 990–1000.
24. Hanley J, McNeil B. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (roc) curve. *Radiology.* 1982; 143, 29–36.
25. Rice M, Harris G. Comparing eect sizes in follow-up studies: Roc area, cohen’s d, and r. *Law Hum. Behav.* 2005; 29, 615–620.
26. Boddy L, Thomas N, Fairclough S, Tolfrey K, Brophy S, Rees A, et al. Roc generated thresholds for field-assessed aerobic fitness related to body size and cardiometabolic risk in schoolchildren. *PLoS ONE.* 2012; 7, e45755.
27. Pfeier K, Lobelo F, Ward D, Pate R. Endurance trainability of children and youth. In *The Young Athlete.* Hebestreit, H., Bar-Or, O., Eds. Oxford, UK, 2008; pp. 84–95. .
28. Nassis G, Papantakou K, Skenderi K, Triandafilopoulou M, Kavouras S, Yannakoulia M, et al. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism.* 2005; 54, 1472–1479.
29. Lang J, Tremblay M, Ortega F, Ruiz J, Tomkinson G. Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: What percentage of 1 142 026 international children and youth are apparently healthy? *Br. J. Sports Med.* 2017; 53, 953–958.

30. Ruiz J, Cavero-Redondo I, Ortega F, Welk G, Andersen L, Martinez-Vizcaino V. Cardiorespiratory fitness cut points to avoid cardiovascular disease risk in children and adolescents; what level of fitness should raise a red flag? A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* 2016; 50, 1451–1458.
31. Lang J, Belanger K, Poitras V, Janssen I, Tomkinson G, Tremblay M. Systematic review of the relationship between 20 m shuttle run performance and health indicators among children and youth. *J. Sci. Med. Sport.* 2018; 21, 383–397.
32. Pozuelo-Carrascosa D, García-Hermoso A, Álvarez-Bueno C, Sánchez-López M, Martinez-Vizcaino V. Effectiveness of school-based physical activity programmes on cardiorespiratory fitness in children: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Br. J. Sports Med.* 2018; 52, 1234–1240.
33. Committee PAGA. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report; US Department of Health and Human Services: Washington, DC, USA. 2018.
34. Lang J, Tomkinson G, Janssen I, Ruiz J, Ortega F, Léger L, et al. Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. *Exerc. Sport Sci. Rev.* 2018; 46, 66–75.

Capítulo 4

Discusión General

La práctica constante de actividad física es un factor protector frente a la aparición de enfermedades no transmisibles (enfermedades cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, hipertensión arterial) (Lee, Shiroma, Lobelo, & et al, 2012) no obstante a esta premisa, en países latinoamericanos como Chile y Colombia los niveles inactividad física en niños y adolescentes sigue se sigue incrementando dramáticamente, para Chile ha fluctuado entre un 20.1% a 26.6%, según la Encuestas Nacionales de Salud realizada entre 2003 y 2010 (2), en Colombia solo el 42,3% de los niños y el 31,0% de las niñas escolarizados cumplen con las recomendaciones de 60 minutos diarios de actividad física moderada a vigorosa durante siete días de la semana; esta tendencia ha sido reportada por otros autores como Oviedo y cols en Girona España con 31,7% (Oviedo , Sánchez, Castro , Calvo , & Sevilla, Niveles de actividad física en población adolescente: estudio de caso, 2013) y los datos obtenidos por la encuesta nacional de salud de México que determino que solo el 41.4% de los niños y adolescentes mexicanos entre los 10 a 14 años cumple con las recomendaciones de actividad física. (4)

La inactividad física como conducta sedentaria está considerada como un determinante de la baja condición física en escolares (5), por esa razón poseer altos niveles de niveles de inactividad física están asociados con la aparición temprana de diferentes enfermedades no transmisibles, dentro de estas conductas sedentarias encontramos que la exposición a dispositivos de pantalla (TV/TV por cable, computador, videojuegos, celular) aportan un número significativo de horas a la inactividad física en niños y adolescentes, disminuir esta conducta sedentaria frente TV/TV por cable, mostraron 1,819 veces (IC95% 1,401–2,672) la oportunidad cumplir con las recomendaciones de actividad física, por otra parte Martínez y colaboradores (Aires, y otros, 2010) en donde se encontró que adolescentes con niveles altos de sedentarismo tuvieron valores menos favorables de presión arterial sistólica, altos valores de triglicéridos, glucosa entre otros marcadores a nivel plasmático; de la misma manera, los adolescentes con mayor nivel de adiposidad general mostraron diferencias significativas en cinco de once factores analizados como lo fueron glucosa, colesterol total, colesterol de las lipoproteínas de alta (cHDL), y baja densidad (cLDL) y apolipoproteínas A-1 y B- 100

Desde este punto de vista epidemiológico los cambios en las conductas sociales y demográficas han facilitado facilitó un mayor impacto de las enfermedades no transmisibles,

evidenciado por el aumento de la morbilidad, la mortalidad, la discapacidad y el aumento en los costos económicos en salud (7); en especial para los estratos de bajos y medianos ingresos de países de economías emergentes como lo son la Chile y la Colombiana; en este entorno ha demandado que diferentes instituciones de carácter público y privado establezcan sistemas de vigilancia como los son las encuesta nacional de situación nutricional, ENSIN en Colombia, que se adelanta desde 2005, y el estudio FUPRECOL que han realizado un diagnóstico profundo de la situación real de los niños y adolescentes escolarizados en Colombia bajo la premisa de la condición física relacionada con la salud y en Chile acciones como son la creación de un Ministerio del Deporte, el programa Elije Vivir Sano, Escuelas Deportivas Integrales en Niños, Adultos Mejores (para adultos mayores, IND), Contrapeso (JUNAEB), Mujer y Deporte (IND) (8)

La evidencia arrojada por estos estudios e iniciativas ha demostrado que la condición física cardiorespiratoria se relaciona de manera positiva con los niveles de actividad física moderada y vigorosa ($r=0,347$), $p<0,05$ como se demuestra en nuestra investigación, por otra parte, Boddy y cols. en un estudio de 8740 niños Canadienses entre los 8 y 12 años encontró que el uso de los puntos de corte generados por curvas ROC (*Receiver Operating Characteristic*) por parte de profesionales de la salud, maestros y entrenadores puede brindar la oportunidad de aplicar procesos de identificación y estratificación de riesgo cardiometabólico(9), corroborando los hallazgos obtenidos en la presente investigación en donde se reafirma la utilidad potencial de los puntos de corte usando test de ida y vuelta de 20 metros y variables antropométricas para predecir el riesgo cardiovascular niños y adolescentes de América Latina.

Teniendo en cuenta lo reportado en este trabajo, la medición y evaluación de la condición física relacionada con la salud y específicamente la condición cardiorespiratoria es un potente predictor para determinar de manera efectiva no solo la salud física, si no su relación directa con la calidad de vida en niños y adolescentes en etapa escolar, así mismo se convierte en un instrumento fundamental para los trabajadores de la salud, educadores físicos y todo aquellos que interactúan con la población escolar.

Referencias

1. Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet*. 2012; 380 pp. 219-229.
2. Celis-Morales C, Salas C, Alduhisy A, et al. Socio-demographic patterns of physical activity and sedentary behaviour in Chile: results from the National Health Survey 2009-2010. *Journal of Public Health*. 2015; 38 pp. e98-e105.
3. Oviedo G, Sánchez J, Castro R, Calvo M, Sevilla J. Niveles de actividad física en población adolescente: estudio de caso. *Retos*. 2013; (23: 43-47).
4. Medina C, Barquera S, Janssen I. Encuesta Nacional de Salud y Nutrición 2012 (ENSANUT2012), Resultados de actividad física y sedentarismo en personas de 10 a 69 años. Instituto Nacional de Salud Publica. 2012; Mexico.
5. Hubert HB, Feinleib M, McNamara PM, Castelli WP. Obesity as an independent risk factor for cardiovascular disease: a 26-year follow-up of participants in the Framingham heart study. *Circulation*. 2013;67:968-77.
6. Aires L, Andersen L, Mendoça D, Silva G, Gaya A, Santos M, et al. A 3-year longitudinal analysis of changes in Body Mass Index. *Int J Sports Med*. 2010; 31(2):133-7.
7. Observatorio Nacional de Salud. Carga de enfermedad por enfermedades crónicas no transmisibles y discapacidad en Colombia. Ministerio de Salud; 2015. Report No.: ISSN: 2346-3325.
8. Celis-Morales C, Rodríguez-Rodríguez F, Martínez-Sanguinetti M, Leiva AM, Troncoso C, Villagrán M, et al. Prevalencia de inactividad física en latinoamérica ¿logrará Chile y el cono sur reducir en un 10% los niveles de inactividad física para el año 2025? *Rev Med Clínica Las Condes*. 2019; Vol. 30. Núm. 3, 236-239.
9. Boddy LM, Thomas N, Fairclough S, Tolfrey K, Brophy S, Rees A, et al. ROC Generated Thresholds for Field-Assessed Aerobic Fitness Related to Body Size and Cardiometabolic Risk in Schoolchildren. *PLoS One*. 2012; 7(9): e45755.

Capítulo 5

Conclusiones, aplicaciones prácticas y perspectivas Futuras

Estudio 1 (capítulo 2)

Conclusión

Los escolares que registraron valores de actividad física moderada y/o vigorosa de forma objetiva, presentaron mejores niveles en la condición física relacionada con la salud especialmente en la capacidad aeróbica y flexibilidad y menores valores en los pliegues cutáneos. En opinión de los autores, se sugiere que los programas nacionales y las futuras intervenciones que promuevan incrementar los niveles de actividad física en ambientes escolares Latinoamericanos consideren las diferencias por sexo, así como los factores asociados a ellas, para contribuir de esta manera a la disminución de las diferencias en la salud física. Se requieren estudios observacionales con un mayor tamaño de muestra, y especialmente estudios longitudinales y prospectivos, para constatar los resultados obtenidos en este trabajo.

Aplicación Práctica

Evaluar la condición física relacionada con la salud de los escolares en Latinoamericanos y relacionarla con variables de evaluación de conductas sedentarias, debe convertirse en una tarea anual de los educadores físicos para determinar las estrategias de intervención para disminuir el impacto de las conductas sedentarias.

Diseñar estrategia para el uso de la tecnología como mecanismo de promoción de hábitos y conductas saludables, dejándolas de relacionar con conductas sedentarias

Estudio 2 (capítulo 3)

Conclusión

A pesar del diseño transversal del presente estudio, los hallazgos también sugieren que los puntos de corte propuestos para bajo condición física cardiorespiratoria están asociados con obesidad, en ambos sexos.

Aplicación Práctica

Los puntos de corte de VO₂ en niños latinoamericanos podrían ser utilizados por profesionales de la salud. y en el entorno escolar como una evaluación de bajo costo en el campo para ayudar a identificar a los jóvenes en riesgo.

Perspectivas Futuras

- ✓ Proponer estudios de gran escala que permitan la explicación de los factores de riesgo asociados tempranamente con las ECNT, con lo cual se podrían proponer nuevas alternativas preventivas y terapéuticas encaminadas a la reducción del impacto de estas enfermedades en países de América Latina.
- ✓ Construir nuevos modelos de predicción de riesgo de ECNT que utilicen otras variables del fitness como la fuerza muscular, para mejorar vigilancia de los factores de riesgo emergentes en países de América Latina.
- ✓ A largo plazo se espera que los resultados obtenidos en este estudio permitan un conocimiento más claro de los factores de riesgo asociados a la condición física, para la generación de alternativas preventivas y terapéuticas eficaces desde la niñez

Conclusión general

La aptitud física es uno de los predictores más fuertes del estado individual de salud futuro. La aptitud cardiorrespiratoria y las conductas sedentarias se han reconocido cada vez más en la patogenia y prevención de enfermedades crónicas. Sin embargo, la asociación de distintos fenotipos de fitness aeróbico y patrones de sedentarismo sobre el riesgo cardiovascular en población latina o en países de bajos ingresos económicos no ha sido dilucidada. Una vez identificadas, estas personas “deberían ser motivadas a participar en programas de ejercicio

físico que mejoren su forma física y concretamente la condición aeróbica” para evitar problemas en el futuro, como los descritos en esta memoria de tesis doctoral .

Capítulo 6

Artículos



Original/*Deporte y ejercicio*

Niveles de actividad física, condición física y tiempo en pantallas en escolares de Bogotá, Colombia: Estudio FUPRECOL

Daniel Humberto Prieto-Benavides¹, Jorge Enrique Correa-Bautista¹ y Robinson Ramírez-Vélez²

¹Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física (CEMA), Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario, Bogotá D.C. ²Grupo GICAEDS, Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación, Universidad Santo Tomás, Bogotá, D.C. Colombia.

Resumen

Objetivo: examinar la relación entre los niveles de actividad física (AF) de forma objetiva, la condición física (CF) y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos: estudio descriptivo y transversal, realizado en 149 niños y adolescentes en edad escolar entre 9 y 17 años de Bogotá, Colombia. Los niveles de AF se valoraron con acelerómetro durante siete días. El tipo y tiempo de exposición a pantallas se registró por autorreporte. Se midió el estado de maduración, el peso, la estatura, la circunferencia de cintura/cadera y los pliegues tricéptal/subescapular. La capacidad aeróbica, la fuerza prensil, el salto de longitud y vertical, la velocidad/agilidad y la flexibilidad fueron usados como indicadores de la CF.

Resultados: las mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa mostraron una relación lineal con la capacidad aeróbica ($r = 0,366$), y una relación inversa con el pliegue tricéptal ($r = -0,257$) y subescapular ($r = -0,237$), $p < 0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionaron con mayores valores de flexibilidad ($r = 0,277$), mientras que los niveles de AFMV se relacionaron positivamente con la capacidad aeróbica ($r = 0,347$), $p < 0,05$. Por último, los escolares que permanecieron menos de 2 h/día frente a pantallas de TV mostraron 1,81 veces de (IC 95% 1,401-2,672) oportunidad para cumplir las recomendaciones de AF.

Conclusiones: los escolares que registraron valores de AF moderado y vigoroso de forma objetiva presentaron mejores niveles en la CF, especialmente en la capacidad aeróbica y la flexibilidad, y menores valores en los pliegues cutáneos.

(Nutr Hosp. 2015;32:2184-2192)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9576

Palabras clave: *Actividad física. Condición física. Estilo de vida. Niños. Adolescentes. Factor de riesgo cardiovascular.*

Correspondencia: Robinson Ramírez Vélez.
Facultad de Cultura Física, Deporte y Recreación.
Universidad Santo Tomás. Carrera 9 N.º 51-23.
Bogotá, D.C. Colombia.
E-mail: robinsonramirez@usantotomas.edu.co;
robin640@hotmail.com

Recibido: 2-VII-2015.
Aceptado: 7-VIII-2015.

PHYSICAL ACTIVITY LEVELS, PHYSICAL FITNESS AND SCREE TIME AMONG CHILDREN AND ADOLESCENTS FROM BOGOTÁ, COLOMBIA

Abstract

Objective: to investigate the association between objective measures of physical activity levels, physical fitness and screen time in Colombia children and adolescents from Bogota, Colombia.

Methods: a sample of 149 healthy Colombian youth, children and adolescents (9–17.9 years old) participated in the study. Physical activity level was assessed over 7 days using an accelerometer. Weight, height, waist circumference, hip waist, subscapular/ triceps skinfold thicknesses and self-reported screen time (television/internet and videogame-viewing time) were measured. Aerobic capacity, handgrip strength, standing broad jump, vertical jump, speed/agility and flexibility were used as indicators of physical fitness.

Results: in girls with a high level of physical activity had favorable aerobic capacity ($r = 0.366$) and inverse relationship with subscapular/triceps skinfold thicknesses ($r = -0.257$) and ($r = -0.237$) $p < 0.05$, respectively. In boys, vigorous physical activity were associated with higher values of flexibility ($r = 0.277$) and aerobic capacity ($r = 0.347$), $p < 0.05$. Finally, the participants who watched 2 h or less of television per day showed 1.81 times (95% CI 1.401 to 2.672) that met physical activity guidelines.

Conclusions: the healthy Colombian youth who reported moderate to vigorous objective measures of physical activity levels, presented higher levels in physical fitness especially in aerobic capacity and flexibility and lower values in subscapular/triceps skinfold thicknesses.

(Nutr Hosp. 2015;32:2184-2192)

DOI:10.3305/nh.2015.32.5.9576

Key words: *Physical activity. Physical fitness. Lifestyle. Children. Adolescent. Cardiovascular risk factor.*

Introducción

Las conductas sedentarias (CS) se definen como aquellas actividades que envuelven un gasto de energía \leq a 1.5 METs. Actividades como: dormir, sentarse, acostarse, ver la televisión y otras formas de entretenimiento basado en exposición a pantallas no producen un aumento sustancial del gasto energético de su nivel de reposo¹. En estudios epidemiológicos recientes, se ha demostrado que el sedentarismo (estilo de vida sedentario) se relaciona con el incremento de factores de riesgo cardiovascular (FRCV) que a su vez se asocian a enfermedades cardiovasculares (ECV) como hipertensión, dislipemia e insulinoresistencia^{2,3}. En la actualidad, se estima que el sedentarismo es la causa principal de aproximadamente el 25% del cáncer de colon y mama; de un 27% de los casos de diabetes *mellitus* tipo 2 y de un 30% de la enfermedad coronaria, representando la cuarta causa de mortalidad mundial⁴. A pesar de que los eventos de ECV suelen tener lugar durante o después de la quinta década de la vida, la evidencia indica que los FRCV tienen su origen en la infancia^{5,6}.

Asimismo, varios autores resaltan la importancia de la actividad física (AF) en el desarrollo y la prevención de la ECV, y además se señala que los niveles de AF y las CS no son lados opuestos del mismo continuo; ya que ambos comportamientos son factores independientes^{7,8}. Recientemente, Saunders *et al.*^{9,10} identificaron los potenciales efectos positivos y negativos que tienen actividades sedentarias como el tiempo dedicado a ver TV o jugar con videojuegos en la salud de los escolares y adolescentes. En niños, se demostró que pasar demasiado tiempo viendo TV posee una relación inversa con un menor desempeño escolar, trastornos del sueño, problemas de interacción social, consumo de alcohol y cigarrillos, siendo esta asociación independiente de los niveles de AF^{9,10}.

De otro lado, la condición física relacionada con la salud (CFRS) se considera un importante indicador de la salud en niños y adolescentes¹¹. Los trabajos de Janz *et al.*¹² Castillo-Garzon *et al.*¹³ muestran que un bajo nivel de CFRS en la infancia, se asocia con un mayor riesgo de ECV y metabólica en la edad adulta. Además, un menor nivel de *fitness* cardiorrespiratorio en la infancia, se considera un factor independiente del bienestar físico y mental en la vida adulta¹⁴, por tanto, la inclusión de este indicador de salud en los sistemas de vigilancia epidemiológica en el ámbito educativo se justifica claramente¹⁵.

Actualmente, se recomienda a los niños y adolescentes acumular al menos 60 min de actividad física aeróbica de moderada a vigorosa intensidad cada día¹⁶. No obstante, la mayor parte de la población infantil y adolescente en Colombia no cumple estas recomendaciones¹⁷. Evidencia de esto es el hecho que sólo el 26% de la población cumple con el mínimo de actividad física recomendada en el grupo de edad entre los 13 y los 17 años, aunado a la prevalencia de sobrepeso y

obesidad (13,4%) en este mismo grupo poblacional¹⁷. Sumado a esto, el 56,3% de los niños entre 5 y 12 años dedican 2 o más horas diarias a ver TV¹⁷. Estas cifras podrían agravarse aún más si se considera que “demasiado tiempo sedente no es lo mismo que poco activo físicamente”¹⁸.

La mayoría de estos estudios han medido el sedentarismo a través de conductas tales como tiempo empleado viendo TV, usando el computador o jugando con videojuegos mediante cuestionarios de autoreporte o de recordación^{19,20}. Sin embargo, se ha demostrado que el tiempo en estas actividades es sólo una pequeña parte del tiempo diario consumido en CS^{21,22}.

En la actualidad, los instrumentos objetivos de valoración de los niveles de AF, como los acelerómetros, permiten de forma mucho más precisa determinar el tiempo empleado en actividades de diferente intensidad^{23,24}. Así, los acelerómetros pueden medir el tiempo que los niños y adolescentes consumen en CS y no sólo el tiempo consumido en actividades de ocio tecnológico^{12-25,26}.

Para identificar tempranamente escolares con niveles de AF bajos, que ameriten intervenciones para promover comportamientos saludables a fin de prevenir el riesgo de ECV futura, se propuso el estudio FUPRECOL (ASOCIACIÓN DE LA FUERZA PRENSIL CON MANIFESTACIONES TEMPRANAS DE RIESGO CARDIOVASCULAR EN NIÑOS Y ADOLESCENTES COLOMBIANOS) con el propósito de identificar factores de riesgo asociados a una baja condición física muscular e inadecuado estado nutricional para la generación de un sistema de vigilancia epidemiológica del estilo de vida en la población infantil de Bogotá, Colombia.

Este es trabajo tiene como objetivo examinar la relación entre los niveles de AF de forma objetiva, la CFRS y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia.

Métodos

Tipo y población de estudio

El presente trabajo es un análisis secundario del estudio FUPRECOL. Se trata de un estudio de corte transversal, realizado en 6.000 niños y adolescentes en edad escolar entre los 9 y 17 años de edad residentes en el área metropolitana del Distrito de Bogotá, Colombia (2480msnm). En una submuestra de 149 escolares, se obtuvo datos válidos en la valoración por acelerometría y antropometría de manera intencional de dos instituciones educativas públicas. 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 en patologías que no estén relacionadas directamen-

te con la nutrición. La exclusión efectiva se realizó a *posteriori* (10,8%, n=17 niños), sin conocimiento del participante. La recogida de datos se realizó durante el 2014-2015.

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 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 de la universidad encargada del estudio (UR N° CEI-ABN026-000262).

Examen físico

Previo a las mediciones del estudio, los investigadores y profesionales de la salud y el deporte realizaron diez sesiones teórico-prácticas para estandarizar el proceso de evaluación del componente morfológico y de CFRS descrito previamente en la batería ALPHA-Fitness²⁷. Se midió el peso con balanza de piso TANITA® modelo BF689 (*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 [$IMC = \text{peso (kg)} / \text{estatura (m)}^2$]. Los puntos de corte utilizados para la clasificación en categorías (bajo, normal, sobrepeso y obesidad) fueron adoptados según la propuesta de Cole *et al.*²⁸, para niños en ambos sexos. Los pliegues cutáneos (mm) de la región tricéptica (PT) y subescapular (PSb) fueron medidos de acuerdo a la línea de clivaje utilizando un compás de pliegues cutáneos Harpenden Skinfold Caliper® (*John Bull, British Indicators Ltd, UK*) que ejerce una presión constante de 10 g/mm². Con estas medidas se calculó el porcentaje de grasa (%G) mediante la ecuación propuesta por Boileau, Lohman y Slaughter²⁹ basándose en estimaciones derivadas del análisis de regresión con las variables edad, pliegues y sexo. El estado madurativo de los participantes se valoró con la metodología descrita por Tanner³⁰ mediante auto-declaración de la estadificación de 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.*³¹ 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%).

Condición física

La CFRS se determinó mediante los test de campo de la Batería ALPHA-Fitness²⁷, a la que se añadió dos indicadores de la batería EUROFIT³² para evaluar la condición musculo-esquelética (salto vertical y flexibilidad). El componente cardiorrespiratorio se estimó con la prueba de ida y vuelta de 20 m, se evaluó la CFA a partir de un test de campo indirecto y sub-máximo de ida y vuelta de 20 m hasta llegar al agotamiento. 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 finaliza cuando el sujeto se detiene 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 VO₂max, estimado a partir de la ecuación de Léger³³: $VO_2\text{max (ml}\cdot\text{kg}\cdot\text{min}^{-1}) = 31,025 \pm 3,238 \cdot V - 3,248 \cdot E \pm 0,1536 \cdot V \cdot E$, donde V es la velocidad (en km/h) de la última etapa completa y E es la edad (en años) del participante. La fuerza muscular se evaluó mediante 3 pruebas a seguir: a) salto de longitud sin impulso y b) el salto vertical, en la que se determinó 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 TTK 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. Para el componente motor, se utilizó la carrera de ida y vuelta (4x10) como indicador integrado de la velocidad de desplazamiento y la agilidad. Cada participante realizó cuatro ciclos (ida y vuelta) a la máxima velocidad entre dos líneas separadas a una distancia de diez metros, transportando 3 esponjas alternadamente en el menor tiempo posible en una distancia previamente demarcada de 40 m. Para la flexibilidad se usó el test de flexión de tronco desde sentado se registró la máxima distancia posible en flexión anterior de tronco, medida a través de un soporte estandarizado. Esta prueba de movilidad articular de tronco y cadera, es representativa de la condición global del sujeto.

Aproximación a las CS a través del tiempo de exposición a pantallas

El tiempo empleado en CS se valoró de forma objetiva mediante el acelerómetro ActiGraph GT3X+. Éste

es un dispositivo de pequeñas dimensiones, ligero y compacto, que mide la aceleración vertical en el intervalo de 0,05 a 2 G con una frecuencia de respuesta de 0,25-2,5 Hz. El acelerómetro ActiGraph ha sido extensamente validado para su uso en estas edades^{21,34,35}. El movimiento capturado por el acelerómetro “counts” se suma para un lapso específico. Los participantes llevaron durante 8 días el acelerómetro fijado a la creta iliaca, a la altura de las caderas, con un cinturón elástico, registrando la actividad a un “epoch” por segundo y a 80 Hz. Durante ese tiempo, los participantes sólo debían quitarse el acelerómetro mientras dormían o durante actividades en el agua. Sólo se incluyó en este estudio a los participantes con al menos 5 días válidos, de los que al menos 1 era de fin de semana. Se consideró día válido aquel en que el escolar llevó el acelerómetro durante al menos 10 h, excluyendo para su contabilización los grupos de 10 min de ceros continuos. Los niveles de AF se valoraron como el tiempo donde el nivel de inactividad física fue < 100 counts por min; AF ligera entre 101 y 2295 counts por min; AF moderada entre 2296 y 4011 counts por min, y AF vigorosa > 4012 counts por min³⁶. La suma de los niveles de AF moderada y vigorosa se tomó como (AFMV). El registro del cumplimiento de las recomendaciones de AF, se tomó cuando los participantes completaron > 60 min por día. El tipo y tiempo de exposición a pantallas, se registró mediante una lista la disponibilidad de medios electrónicos que incluyó la TV/TV por cable, computador, internet y consolas de videojuegos como Xbox, PlayStation y/o Wii) por auto-reporte. Para el análisis del tiempo de exposición, se acogió la recomendación internacional de salud metabólica y comportamientos sedentarios emitidas por la American Academy of Pediatrics-AAP³⁷; estableciendo como punto de corte para tiempo de pantallas “screen time” > 2h al día.

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 (χ^2) para diferencias entre proporciones. Por último, se calcularon *odds ratio* (OR) e intervalos de confianza al 95% (IC 95%) ajustados por edad y maduración sexual, mediante métodos de selección por pasos de inclusión secuencial (*forward selection*) y de paso a paso (*step by step*). El estadístico de correlación de *Pearson* se utilizó para examinar la relación entre los niveles de AF y CFRS. La significancia estadística se fijó a un valor $p < 0,05$.

Resultados

Características de la población

Constituyeron la muestra final 149 escolares (52,7% varones) con edad media de $12,9 \pm 2,6$ años, peso $43,1 \pm 10,7$ kg, estatura $147,6 \pm 11,7$ cm e IMC de $19,5 \pm 3,2$ Kg/m². Un 3,8% de la población presentó bajo peso, mientras que el 26,4% presentó exceso de peso por IMC. El análisis ANOVA mostró que las mujeres tenían niveles de flexibilidad general mayores que los varones, mientras que éstos presentaban mayores valores en el tiempo diario empleado en AF moderada y en AFMV $p < 0,05$. No se encontraron diferencias entre sexo en las variables antropométricas, CFRS, cumplimiento de recomendaciones de AF y tiempo de exposición a pantallas. Tabla I.

Correlación entre niveles de AF, características antropométricas y CFRS

Como análisis complementario y con el propósito de verificar si los niveles de AF se relacionan con valores más saludables en las variables antropométricas y de CFRS, se realizó un análisis de correlación de *Pearson*. Tras ajustar por edad y maduración sexual, las mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa y AFMV, presentó una relación positiva con la capacidad aeróbica ($r = 0,366$) y ($r = 0,390$), $p < 0,05$ y una relación inversa en los indicadores antropométricos con el pliegue tricipital ($r = -0,257$) y pliegue subescapular ($r = -0,237$), $p < 0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionó directamente con la capacidad aeróbica ($r = 0,298$) y con mayores valores de flexibilidad ($r = 0,277$), $p < 0,05$. Los niveles de AFMV, presentaron una relación lineal con la capacidad aeróbica ($r = 0,347$), $p < 0,05$. Tabla II.

Relación en el cumplimiento de recomendación de AF y exposición a pantallas

La figura 1 muestra la relación en el cumplimiento de recomendación de AF y el tiempo y tipo de exposición a pantallas. Independiente del tipo y tiempo de pantallas por auto-reporte, los participantes que permanecieron menos de 2h al día frente a TV/TV por cable, computador/internet y/o consolas de videojuegos completaron tiempos mayores a 60 min por día de actividad física según los registros por acelerómetro.

Odd ratios de cumplimiento de recomendaciones de AF y exposición a pantallas

Tras ajustar por sexo, edad y etapa de maduración, los escolares que permanecieron por menos de

Tabla I
Características generales de los escolares evaluados (n=149)

Característica	Mujeres n=71	Varones n=78	Total n=149	P
Antropometría^a				
Edad (años)	12,7 ± 2,7	13,0 ± 2,6	12,9 ± 2,6	0,559
Peso (kg)	42,4 ± 11,0	43,7 ± 10,6	43,1 ± 10,7	0,490
Talla (cm)	147,4 ± 11,7	147,9 ± 11,8	147,6 ± 11,7	0,814
IMC (kg/m ²)	19,3 ± 3,5	19,7 ± 2,9	19,5 ± 3,2	0,435
Estado nutricional por IMC n, (%) ^b				
Bajo peso	23 (32,4)	16 (20,5)	39 (26,4)	0,174
Normopeso	43 (61,4)	59 (75,6)	102 (75,6)	0,175
Sobrepeso/Obesidad	4 (5,7)	3 (3,8)	3 (3,8)	0,273
Circunferencia de cintura (cm)	63,9 ± 8,2	64,4 ± 7,3	64,2 ± 7,8	0,701
Circunferencia de cadera (cm)	78,3 ± 10,6	79,4 ± 9,6	78,9 ± 10,1	0,540
Pliegue tricipital (mm)	21,0 ± 3,2	21,3 ± 3,4	21,2 ± 3,3	0,641
Pliegue subescapular (mm)	19,6 ± 7,4	19,7 ± 5,9	19,6 ± 6,6	0,932
Grasa corporal (%)	17,3 ± 8,0	18,9 ± 8,3	18,2 ± 8,1	0,249
Maduración sexual por Tanner n, (%) ^b				
1	23 (16,2)	29 (19,5)	52 (35,5)	0,507
2	20 (13,4)	12 (8,1)	32 (21,5)	0,492
3	27 (18,2)	37 (24,8)	64 (43,0)	0,492
CFRS^a				
Capacidad aeróbica (mL•kg•min ⁻¹)	39,3 ± 6,2	40,4 ± 5,7	39,8 ± 5,9	0,259
Fuerza prensil (kg)	16,8 ± 5,6	17,7 ± 6,9	17,3 ± 6,3	0,410
Salto horizontal (cm)	123,5 ± 27,6	120,5 ± 27,2	121,9 ± 27,3	0,534
Salto vertical (cm)	26,7 ± 6,6	27,0 ± 5,9	26,9 ± 6,2	0,818
Velocidad/agilidad 4X10 (seg)	14,2 ± 1,8	14,4 ± 2,2	14,3 ± 2,0	0,678
Flexibilidad (cm)	18,3 ± 8,4	21,7 ± 7,0	20,0 ± 7,9	0,010
Niveles de AF (min/sem)^a				
Inactivo (min)	8355,2 ± 334,8	8304,2 ± 396,9	8328,5 ± 368,3	0,401
Ligero (min)	1505,8 ± 433,8	1551,3 ± 448,4	1529,6 ± 440,6	0,531
Moderado (min)	258,8 ± 80,4	299,0 ± 150,2	279,9 ± 123,3	0,047
Vigorouso (min)	158,5 ± 63,5	170,8 ± 65,9	164,9 ± 64,8	0,249
Total AFMV (min)	417,1 ± 100,3	469,9 ± 175,9	444,7 ± 146,8	0,028
Cumplimiento de recomendación^b				
AF > 60 min/día n,(%)	22 (31,0)	33 (42,3)	55 (36,9)	0,154
Tiempo de pantallas (> 2h/día)^b				
TV/TV por cable n,(%)	22 (31,9)	25 (32,9)	47 (32,4)	0,897
Computador/internet n,(%)	9 (13,0)	13 (17,3)	22 (15,3)	0,476
Videojuegos n,(%)	2 (3,0)	7 (9,3)	9 (6,4)	0,128

a: Diferencias con prueba ANOVA de una vía; b: Diferencias con prueba (χ^2); IMC: índice de masa corporal; CFRS: condición física relacionada con la salud; AFMV: Σ AF moderada + AF vigorosa

Tabla II
Correlación parcial entre los niveles de AF, características antropométricas y CFRS en escolares de Bogotá, Colombia

Característica	Mujeres ^a					Varones ^a				
	Niveles de AF (min/sem)					Niveles de AF (min/sem)				
	NI	NL	NM	NV	AFMV	NI	NL	NM	NV	AFMV
Antropometría										
Edad (años)										
Peso (kg)	0,069	0,205	0,033	-0,083	-0,003	0,221	0,028	0,153	-0,225	0,001
Talla (cm)	0,014	0,191	0,014	-0,049	-0,008	0,195	0,049	0,184	-0,147	0,016
IMC (kg/m ²)	0,125	0,142	0,074	-0,082	0,033	0,167	-0,004	0,047	-0,185	0,002
Circunferencia de cintura (cm)	0,050	0,184	0,072	-0,141	0,010	0,109	-0,032	0,162	-0,231	0,007
Circunferencia de cadera (cm)	-0,019	0,154	0,146	0,005	0,128	0,233	-0,039	0,093	-0,234	0,062
Pliegue tricipital (mm)	-0,115	0,051	0,257	0,097	-0,257*	0,132	0,001	-0,053	-0,041	0,118
Pliegue subescapular (mm)	0,033	0,083	0,263	0,032	-0,237*	0,051	0,011	-0,075	-0,025	0,144
Grasa corporal (%)	-0,081	-0,023	-0,077	-0,012	-0,069	-0,064	0,156	0,006	0,002	-0,047
CFRS										
Capacidad aeróbica (mL•kg•min ⁻¹)	0,009	-0,116	0,205	0,366**	0,390**	-0,245	0,027	0,124	0,298*	0,347**
Fuerza prensil (kg)	0,059	0,083	0,082	-0,017	0,063	0,150	-0,096	0,282*	-0,222	0,083
Salto horizontal (cm)	0,007	0,081	-0,209	-0,099	-0,216	0,002	0,106	0,239	-0,133	-0,11
Salto vertical (cm)	-0,094	0,154	-0,142	-0,194	-0,195	0,135	-0,033	0,209	-0,149	-0,085
Velocidad/agilidad 4X10 (seg)	-0,144	-0,138	-0,018	0,191	0,054	-0,230	0,111	0,005	-0,059	0,038
Flexibilidad (cm)	-0,026	-0,096	0,039	0,023	0,034	-0,147	0,032	0,129	0,277*	0,110

NI: Nivel inactivo < 100 counts por min; NL: AF ligera (101-2295 counts por min); NM: AF moderada (2296-4011 counts por min), NV: AF vigorosa (> 4012 counts por min); AFMV: Σ AF moderada + AF vigorosa; IMC: índice de masa corporal; CFRS: condición física relacionada con la salud

a: Ajustado por edad y maduración sexual

* p < 0,05

**p < 0,01

dos horas diarias frente TV/TV por cable, mostraron 1,819 veces (IC 95% 1,401 – 2,672) de oportunidad para cumplir con las recomendaciones de AF según la OMS⁴, tabla III.

Tabla III
Índices de riesgo (odds ratio) para el cumplimiento de recomendaciones de AF según el tipo y tiempo de pantallas según sexo

Tipo de pantalla ^a	OR ^b	IC95% ^b
TV/TV por cable	1,819	1,401 – 2,672
Computador/internet	1,059	0,413 – 2,719
Videojuegos	2,204	0,440 – 11,025

Asociación estimada mediante modelos de regresión logística multivariada

^aReferencia: < 2 h/día

^bOR e IC 95% ajustados por sexo, edad y maduración sexual

Discusión

El principal objetivo que tuvo este estudio fue examinar la relación entre los niveles de AF de forma objetiva, la CFRS y el tiempo de exposición a pantallas en niños y adolescentes de Bogotá, Colombia. Los procedimientos utilizados en el estudio son consistentes con las prácticas y estándares utilizados por los investigadores de otros países, y por lo tanto proporcionan información valiosa acerca de los niveles de AF y de CFRS de los escolares medidos. Con relación al tiempo promedio de AFMV/sem estimado objetivamente con acelerómetro, las mujeres registran menor valor frente a los hombres (417,1 ± 100,3 vs. 469,9 ± 175,9) p=0,028. Respecto al cumplimiento de la recomendación de AF como estrategia para la prevención de ECV en edades tempranas de la vida, se encontró que el 42,3% de los varones y el 31,0% de las mujeres eran físicamente activos –es decir cumplían las recomendaciones de 60 min diarios de AF mode-

rada a vigorosa durante siete días de la semana—. Al agrupar por sexo, se observa que el 36,9% de los participantes alcanzan esta recomendación, hallazgo similares fueron reportados por Oviedo *et al.*³⁸ (31,7%) en escolares de 14,3 ± 0,8 años de la provincia de Girón, España y menor al reportado por Martínez *et al.*³⁹ (71,1%) en 214 adolescentes entre los 13 y 16 años de la ciudad de Madrid, España. En Colombia, resultados de la Encuesta Mundial de Salud Escolar y la Encuesta de Comportamientos en Salud en la Población Escolar (en inglés *Health Behavior in School Aged Children Survey-HBSC*), muestran que la prevalencia de actividad física recomendada en jóvenes de 13 a 15 años de 5 ciudades de Colombia fue del 15% (rango 12,1% a 17,1%)⁴⁰. Recientemente el ReportCard de AF¹⁷, muestra que el 26% de la población cumple con el mínimo de AF recomendada en el grupo de edad entre los

13 y 17 años, aunado a la alta prevalencia de sobrepeso y obesidad (13,4%) en este mismo grupo poblacional.

Otro resultado de este trabajo, fue que las mujeres clasificadas en la categoría de AF vigorosa mostraron relación lineal con la capacidad aeróbica ($r=0,366$) y una relación inversa con el pliegue tricipital ($r=-0,257$) y subescapular ($r=-0,237$), $p<0,05$. En varones, los niveles de AF vigorosa se relacionaron con mayores valores de flexibilidad ($r=0,277$), mientras que los niveles de AFMV, se relacionaron positivamente con la capacidad aeróbica ($r=0,347$), $p<0,05$. Esto es un hallazgo consistente en encuestas internacionales y nacionales sobre actividad física en escolares y que también ha sido reportado en adultos en Bogotá^{41,42}. También coincide con lo encontrado por Pate *et al.*⁴³ en escolares de Norteamérica. Estos autores consideran cuatro niveles determinantes -fisiológico, psicológico, sociocultural y ecológico- que influyen en la AF. Por ejemplo, los determinantes fisiológicos de la AF entre los niños y jóvenes incluyen la edad, el sexo y el grupo étnico. Específicamente, se ha encontrado que las niñas son menos activas que los niños, los niños mayores y los adolescentes menos activos que los niños más pequeños y las niñas afro-descendientes son menos activas que las niñas blancas^{9,17}.

La mayoría de los estudios en niños y adolescentes han valorado mediante cuestionarios el tiempo en CS como tiempo frente a pantallas¹⁸⁻²². Independiente del tipo y tiempo de pantallas por auto-reporte, los resultados de este estudio muestran que los escolares que permanecieron menos de 2h al día frente a TV/TV por cable, computador/internet y/o consolas de videojuegos completaron tiempos mayores a 60 min de AFMV por día según los registros por acelerómetro. En los trabajos de Martínez-Gómez *et al.*^{26,39} se ha descrito que los resultados del autoreporte de exposición a tiempos de pantalla sugiere que a mayor exposición a estos medios es menor el cumplimiento de los tiempo mínimos recomendados de AF, que a su vez indica que una de las barreras para dicho cumplimiento son el uso excesivo de estos elementos tecnológicos. No obstante, el tiempo de exposición a pantallas, representa una aproximación importante a las CS, relacionadas con actividades de baja intensidad energética de los niños y adolescentes, pero dista mucho de ser un buen indicador completo del tiempo diario relacionando con las CS durante el día, pues se han descrito limitaciones que relacionan el patrón de alimentación y sueño, los cuales en la mayoría de los casos poco saludables, desenlaces que puede distorsionar las asociaciones encontradas entre el tiempo de exposición a pantallas y diferentes indicadores de salud¹⁸⁻²². A pesar de estas limitaciones, el estudio de Martínez-Gómez *et al.*⁴⁴ en niños de entre 3 y 8 años de edad, no encontró asociación entre tiempo en CS y la presión arterial, mientras que sí la encontró con el tiempo de exposición a TV. La Asociación Americana de Pediatría señala que los niños y adolescentes no deberían dedicar más de 2 h diarias a tiempo de pantallas (TV/TV por cable + com-

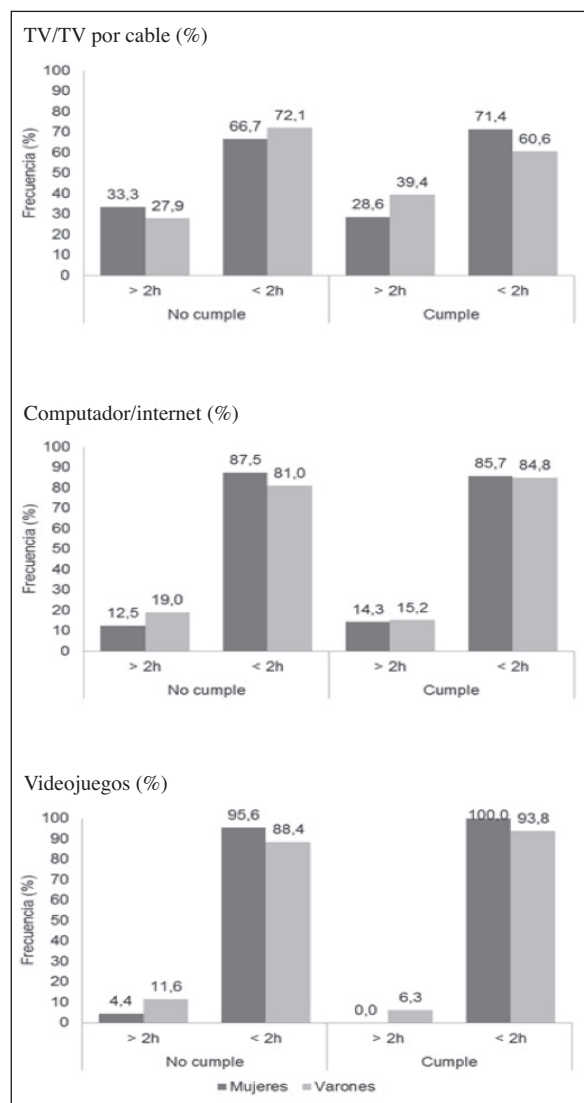


Fig. 1.—Relación entre el cumplimiento de la recomendación de AF, tipo y tiempo a exposición a pantallas en escolares de Bogotá, Colombia.

putador y/o videojuegos). Sin embargo, los periodos de inactividad de niños y adolescentes pueden ir mucho más allá del tiempo empleado en las actividades de pantalla, como ya se ha comentado^{26,39}.

Al haber encontrado en nuestro estudio un menor cumplimiento de la recomendación de AF y el tiempo de exposición a pantallas, se ha tratado de analizar la posible influencia combinada de ambos factores. Los resultados muestran que los escolares que permanecieron por menos de dos horas diarias frente TV/TV por cable, mostraron 1,819 veces (IC95% 1,401–2,672) la oportunidad cumplir con las recomendaciones de AF. Estos datos indican que el incremento en las CS puede ser un elemento relevante en el desarrollo de obesidad, enfermedades cardiovasculares y metabólicas e incluso en algunos tipos de cáncer como lo señaló Cristi-Montero *et al.*¹⁸ Otros estudios anteriores también han mostrado que una mejor condición física aeróbica y muscular se asocia con un menor riesgo cardiovascular y metabólico en niños y adolescentes de Colombia¹⁵.

Las principales limitaciones del presente estudio son las inherentes a su carácter transversal. Sin embargo, el uso de la acelerometría como procedimiento para la medición del tiempo empleado en AF por los escolares; ya que es un elemento metodológico que refuerza los resultados encontrados por otros estudios^{26,39}. Tampoco fueron incluidas otras variables que pueden estar asociados al perfil de riesgo cardiometabólico, tales como la etnia, aspectos socioeconómicos, nutricionales, sociales y niveles de actividad física directa. La autodeclaración del Tanner, a pesar de la buena correlación que tiene con la medición directa, se considera como otra limitante del estudio^{30,31}. A pesar de las limitaciones, no existen argumentos para creer que las relaciones descritas ocurran exclusivamente en la población de la que procede nuestra muestra, pues se observó convergencia de los resultados con datos descritos en otros estudios nacionales e internacionales^{18-22,26,39}, y por tanto, no se comprometen los resultados obtenidos en este reporte.

Como fortaleza de este estudio, se destaca la medición objetiva de los niveles de AF y la CFRS usados, que parte de baterías y dispositivos válidos y precisos en población escolar, así como la coexistencia de otras variables relacionadas a FRCV en etapas tempranas de vida, que supondrían un riesgo cardiovascular en edades futuras⁴⁵. Se destaca también que, hasta la fecha, éste es uno de los primeros estudios realizados en población Colombiana que describe explícitamente el marco conceptual a partir del cual se pueda aplicar la batería ALPHA-Fitness²⁷, junto a la medición objetiva de la AF y los componentes antropométricos y tiempo de exposición a pantallas.

En conclusión, los escolares que registraron valores de AFMV de forma objetiva, presentaron mejores niveles en la CFRS especialmente en la capacidad aeróbica y flexibilidad y menores valores en los pliegues cutáneos. En opinión de los autores, se sugiere que los programas nacionales y las futuras intervenciones que

promuevan incrementar los niveles de AF en ambientes escolares en Colombia consideren las diferencias por sexo, así como los factores asociados a ellas, para contribuir de esta manera a la disminución de las diferencias en la salud física. 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

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. 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 GICAEDS de la Universidad Santo Tomás (Grupo CICAEDS) por el apoyo técnico, entrenamiento en las pruebas y asesoramiento científico/tecnológico para las mediciones de campo. Al grupo Epiandes por su colaboración en el descargue de datos de los dispositivos ActiGraph GT3X+.

Referencias

1. Pate RR, O'Neill JR, Lobelo F. The evolving definition of "sedentary". *Exerc Sport Sci Rev.* 2008; 36: 173-178.
2. Ortega FB, Ruiz JR, Sjöröström M. Physical activity, overweight and central adiposity in Swedish children and adolescents: the European Youth Heart Study. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2007; 4: 61.
3. Waters E, de Silva-Sanigorski A, Hall BJ, Brown T, Campbell KJ, Gao Y, *et al.* Interventions for preventing obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2011; 7(12): 1-214.
4. World Health Organization. Global Recommendations on Physical Activity for Health. Geneva: WHO publications 1-60; 2010.
5. McGill HC, Jr., McMahan CA, Herderick EE, Malcom GT, Tracy RE, Strong JP. Origin of atherosclerosis in childhood and adolescence. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(5 Suppl): 1307S-1315S.
6. Hasselström H, Hansen SE, Froberg K, Andersen LB. Physical fitness and physical activity during adolescence as predictors of cardiovascular disease risk in young adulthood. Danish youth and sports study. An eight-year follow-up study. *Int J Sports Med.* 2002; 23(Suppl 1): 27-31.
7. Physical Activity Guidelines Advisory Committee. Physical Activity Guidelines Advisory Committee Report, 2008. Washington: Department of Health and Human Services.
8. Mancipe-Navarrete JA, Garcia-Villamil SS, Correa-Bautista JE, Meneses-Echávez JF, González-Jiménez E, Schmidt Rio-Valle J. Effectiveness of educational interventions conducted in latin america for the prevention of overweight and

- obesity in scholar children from 6-17 years old; a systematic review. *Nutr Hosp.* 2014; 31(1): 102-114.
9. Saunders TJ, Larouche R, Colley RC, Tremblay MS. Acute Sedentary Behaviour and Markers of Cardiometabolic Risk: A Systematic Review of Intervention Studies. *J Nutr Metab.* 2012; 2012: 712435.
 10. Saunders TJ, Chaput JP, Tremblay MS. Sedentary behaviour as an emerging risk factor for cardiometabolic diseases in children and youth. *Can J Diabetes.* 2014; 38(1): 53-61.
 11. Garber MD, Sajuria M, Lobelo F. Geographical Variation in Health-Related Physical Fitness and Body Composition among Chilean 8th Graders: A Nationally Representative Cross-Sectional Study. *PLoS One.* 2014; 9(9): e108053.
 12. 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.
 13. Castillo-Garzon 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.
 14. 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.
 15. 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):1559-1566.
 16. OMS. Global Recommendations on Physical Activity for Health. 2010.
 17. González S, Sarmiento O, Cohen D, Camargo D, Correa-Bautista J, Páez C, Ramírez-Vélez R. Results From Colombia's 2014 Report Card on Physical Activity for Children and Youth. *J Phys Act Health.* 2014; 11(Suppl 1): S33-S44.
 18. Cristi-Montero C, Rodríguez F. Paradoja: "activo físicamente pero sedentario, sedentario pero activo físicamente". Nuevos antecedentes, implicaciones en la salud y recomendaciones. *Rev Med Chile.* 2014; 142: 72-78.
 19. Bryant MJ, Lucove JC, Evenson KR, Marshall S. Measurement of television viewing in children and adolescents: a systematic review. *Obes Rev.* 2007; 8: 197-209.
 20. Thorp AA, Owen N, Neuhaus M, Dunstan DW. Sedentary behaviors and subsequent health outcomes in adults: a systematic review of longitudinal studies, 1996-2011. *Am J Prev Med.* 2011; 41: 207-215.
 21. Biddle SJ, Gorely T, Marshall SJ, Murdey I, Cameron N. Physical activity and sedentary behaviours in youth: issues and controversies. *J R Soc Promot Health.* 2004; 124: 29-33.
 22. Owen N, Healy GN, Matthews CE, Dunstan DW. Too much sitting: the population health science of sedentary behavior. *Exerc Sport Sci Rev.* 2010; 38: 105-113.
 23. Healy GN, Wijndaele K, Dunstan DW, Shaw JE, Salmon J, Zimmet PZ, et al. Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: the Australian Diabetes, Obesity and Lifestyle Study (AusDiab). *Diabetes Care.* 2008; 31: 369-371.
 24. Chastin SF, Granat MH. Methods for objective measure, quantification and analysis of sedentary behaviour and inactivity. *Gait Posture.* 2010; 31: 82-86.
 25. Reilly JJ, Penpraze V, Hislop J, Davies G, Grant S, Paton JY. Objective measurement of physical activity and sedentary behaviour: review with new data. *Arch Dis Child.* 2008; 93(7): 614-619.
 26. Martínez-Gómez D, Eisenmann JC, Gómez-Martínez S, Veses A, Marcos A, Veiga OL. Sedentarismo, adiposidad y factores de riesgo cardiovascular en adolescentes. Estudio AFINOS. *Rev Esp Cardiol.* 2010; 63(3): 277-285.
 27. Ruiz JR, España V, Castro J, Artero EG, Ortega FB, Cuenca M et al. ALPHA-fitness test battery: health-related field-based fitness tests assessment in children and adolescents. *Nutr Hosp.* 2011; 26(6): 1210-1214.
 28. 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.
 29. Boileau RA, Lohman TG, Slaughter MH. Exercise and body composition in children and youth. *Scan J Sports Sci.* 1985; 7: 17-27.
 30. Tanner JM. Growth at adolescence. 2nd ed. London: Oxford: Blackwell Scientific Publication; 1962.
 31. Matsudo SMM, Matsudo VKR. Self-assessment and physical assessment of sexual maturation in Brazilian boys and girls-concordance and reproducibility. *Am J Hum Biol.* 1994; 6(4): 451-455.
 32. Committee of Experts on Sports Research. EUROFIT: Handbook for the EUROFIT tests of physical fitness. 2nd edn. Strasbourg: Committee of Experts on Sports Research; 1993.
 33. Léger LA, Mercier D, Gadoury C, Lambert J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci.* 1988; 6: 93101.
 34. Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Sci Sports Exerc.* 2005; 37: S523-S530.
 35. Puyau MR, Adolph AL, Vohra FA, Butte NF. Validation and calibration of physical activity monitors in children. *Obes Res.* 2002; 10(3): 150-157.
 36. Freedson P, Pober D, Janz KF. Calibration of accelerometer output for children. *Med Exerc Sport Sci.* 2005; 37: 23-30.
 37. Davis MM, Gance-Cleveland B, Hassink S, Johnson R, Paradis G, Resnicow K. Recommendations for prevention of childhood obesity. *Pediatrics.* 2007;120(Suppl.4):S229-S253.
 38. Oviedo G, Sánchez J, Castro R, Calvo M, Sevilla JC, Iglesias A, Guerra M. Niveles de actividad física en población adolescente: estudio de caso. *Retos.* 2013, 23: 43-47.
 39. Martínez-Gómez D, Welk GJ, Calle ME, Marcos A, Veiga OL; AFINOS Study Group. Preliminary evidence of physical activity levels measured by accelerometer in Spanish adolescents: the AFINOS Study. *Nutr Hosp.* 2009; 24(2): 226-232.
 40. Piñeros M, Pardo C. Actividad física en adolescentes de cinco ciudades colombianas: resultados de la Encuesta mundial de Salud a escolares. *Rev Sal Pub.* 2010; 12(6): 903-914.
 41. ICBF. Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. Encuesta Nacional de la Situación Nutricional en Colombia. (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar ICBF, ed.). Bogotá; 2010. URL: <http://www.icbf.gov.co/portal/page/portal/PortalICBF/NormatividadC/ENSIN1/ENSIN2010/LibroENSIN2010.pdf> (Acceso, Febrero 2015).
 42. González S, Lozano O, Ramírez A. Physical activity levels among Colombian adults: Inequalities by gender and socioeconomic status. *Biomedica.* 2014; 34(3): 447-459.
 43. Pate RR, Wang CY, Dowda M, Farrell SW, O'Neill JR. Cardiorespiratory fitness levels among US youth 12 to 19 years of age: findings from the 1999-2002 National Health and Nutrition Examination Survey. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2006; 160: 1005-1012.
 44. Martínez-Gómez D, Tucker J, Heelan KA, Welk GJ, Eisenmann JC. Associations between sedentary behavior and blood pressure in young children. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2009; 63: 724-30.
 45. Ramírez-Vélez R, Triana-Reina HR, Carrillo HA, Ramos-Sepúlveda JA, Rubio F, Poches-Franco L, et al. A cross-sectional study of Colombian University students' self-perceived lifestyle. *Springerplus.* 2015;4:289.

Article

Cardiorespiratory Fitness Cut-Points are Related to Body Adiposity Parameters in Latin American Adolescents

Daniel Humberto Prieto-Benavides ¹, Antonio García-Hermoso ^{1,2} , Mikel Izquierdo ^{1,3} ,
Alicia María Alonso-Martínez ¹ , César Agostinis-Sobrinho ^{4,5} ,
Jorge Enrique Correa-Bautista ¹ and Robinson Ramírez-Vélez ^{1,*} 

¹ Department of Health Sciences, Navarrabiomed-Biomedical Research Centre, IDISNA-Navarra's Health Research Institute, Public University of Navarra, C/irunlarrea 3, Complejo Hospitalario de Navarra, 31008 Pamplona, Navarra, Spain

² Laboratorio de Ciencias de la Actividad Física, el Deporte y la Salud, Universidad de Santiago de Chile, USACH, Santiago 9160030, Chile

³ CIBER of Frailty and Healthy Aging (CIBERFES), Instituto de Salud Carlos III, 28001 Madrid, Spain

⁴ Research Centre in Physical Activity, Health and Leisure (CIAFEL), Faculty of Sport, University of Porto, 4200-450 Porto, Portugal

⁵ Faculty of Health and Sciences, Klaipeda University, 92294 Klaipeda, Lithuania

* Correspondence: robin640@hotmail.com; Tel.: +34-699-993-920

Received: 27 June 2019; Accepted: 16 August 2019; Published: 21 August 2019



Abstract: *Background and Objectives:* A deficiency exists in the criterion-referenced cut-points for field-based cardiorespiratory fitness (CRF) in Latin American youths. The aims of the present study were two-fold: (1) To identify the ability of CRF estimated by the 20-m shuttle-run test (20mSRT) to differentiate between “healthy” and “unhealthy” phenotypes (by adiposity) in adolescents; (2) to assess the association between obesity and relative peak oxygen uptake (VO_{2peak}) in a large and diverse sample of Latin American youths. In total, 72,505 adolescents aged between 13 and 15 years were recruited from Chile and Colombia (47.5% girls). *Materials and Methods:* The waist circumference (WC) and waist-to-height ratio (WHtR) were used to identify body adiposity markers. CRF was measured using the 20mSRT (VO_{2peak}). Receiver operating characteristic curves and logistic regression were used to determine the discriminatory ability of CRF to predict body adiposity parameters. *Results:* For boys and girls, VO_{2peak} showed a significant predictive capacity to detect body fat (area under the curve [AUC] > 0.62). The sensitivity of VO_{2peak} was medium (>63%) for all age- and sex-specific cut-points, with optimal cut-points in 13- to 15-year olds for obesity identified as $43.77 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and $38.53 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ in boys and girls, respectively. *Conclusions:* According to these cut-points, adolescents with low CRF were more likely to be obese either by WC or WHtR. The CRF cut-points can be used as quantitative markers for a healthier body in Latin American adolescents.

Keywords: epidemiology; obesity; weight status; children; adolescents

1. Introduction

Physical inactivity and low levels of CRF are major threats to public health. However, their prevalence is rapidly increasing in developing countries, such as among Latin American children and adolescents [1,2]. Moreover, overweight and obese children are likely to stay obese into adulthood and are more likely to develop several metabolic risks at a younger age [3]. Although the clinical manifestations of many chronic diseases mainly occur in adulthood, it is well-known that a long asymptomatic phase of development

begins early in life, often during childhood [4], suggesting that chronic disease prevention initiatives should begin during these years.

CRF is an equally powerful predictor of mortality risk, similar to traditional risk factors, such as smoking, obesity, hypertension, dyslipidemia, and type 2 diabetes mellitus, in both adolescent and adult populations [5]. An important body of evidence supports an unequivocal association between poor CRF and excess adiposity with an increased risk for cardio-metabolic disease in youths [6]. In response, the fitness and health outcomes in youth assessment guidelines have called for a better understanding of the close association between component fitness and body composition [7]. In this line, the inter-relationship of higher adiposity with lower CRF is generally strongest when adiposity is measured through imaging techniques, slightly weaker when assessed using the WC and WHtR and weakest when using body mass index (BMI) [8].

Although physical fitness and body adiposity may be correlated, they are not synonymous and indicate differing disease risks. In youth studies, several authors have shown that those with low levels of adiposity and low CRF are at a greater cardiovascular risk than high-adiposity adolescents with adequate CRF, independent of muscular fitness and body composition [9,10]. Recently, Silva et al. [9] found that measurements using the 20-m shuttle run test in Canadian children aged 8–12 years were accurate to classify the sample by indicators of obesity in relation to the level of CRF. In this study, when using sex-specific cut-points, it was found that regardless of the 20mSRT indicator (VO_2 peak, laps, or speed), children with values below the recommendations were more likely to be obese, either by BMI, WC, or both, regardless of factors such as age, screen time, and level of physical activity levels. This result corroborates other studies that reported CRF to be an independent risk factor for obesity and reinforces the need for the development of CRF health-related standards to discriminate cardio-metabolic health in youths. Thus, comparing the differences in the criterion-referenced standards for the different predictive equations used to estimate aerobic capacity will help to identify different phenotype risks (optimal and poor health) from the CRF levels estimated by 20mSRT performance and will be of significant public health value. Moreover, while there are criterion-referenced cut-points for CRF in many high-income countries, only one study has been performed in Latin American countries [11].

Youth fitness assessment guidelines have called for a better understanding of the inter-relationship between physical fitness and body composition [7]. Therefore, establishing criterion-referenced cut-points associated with body adiposity parameters for adolescents can be useful to identify the target population for primary chronic diseases prevention as well as for health promotion policies. The aims of the present study were two-fold: (1) To identify the ability of CRF estimated by the 20mSRT to discriminate between “healthy” and “unhealthy” phenotypes (by adiposity measures such as WC and WHtR) in adolescents; (2) to assess the association between obesity and the relative peak oxygen uptake (VO_2 peak) in a large and diverse sample of Latin American youths.

2. Materials and Methods

2.1. Study Sample and Design

This study was based on a secondary data analysis of two separate and independent samples drawn from two different countries: Chile ($n = 47,715$; “System for the Assessment of Educational Quality” (SIMCE; in Spanish this translates into “Sistema de Medición de la Calidad de la Educación”, years 2011, 2012, 2013, 2015) and Colombia ($n = 24,790$; Prueba SER Survey, in Spanish this translates into “Evaluación en las áreas de arte, bienestar físico, convivencia y ciudadanía en el Distrito de Bogotá, Colombia” years 2014, 2015). Participants were considered eligible for this study if they were aged 13.0–15.0 years (grades 8–9), and maximal effort exercise was not contraindicated. The complete methodology of this study is described in detail [12].

Briefly, SIMCE, which has been administered annually by the Chilean Ministry of Education in November since 2011 [13], uses a proportional sample stratified across 15 geographical regions (with the exception of Eastern Island, the Juan Fernández archipelago, and the Antarctic) and three school

types (public, private subsidized, and private non-subsidized). Within each stratum, schools were the primary sampling unit, and all students in selected schools were sampled. The recruitment process was carried out by the National Institute of Sport, and all examiners were technicians from this institution or graduates of physical education. Additionally, all examiners received a testing manual that described all the test procedures and protocols and completed a training course to improve the reliability and validity of the test. SIMCE certified the validity of the field test and collected the data [13]. The National Physical Education Survey was authorized under the Chilean Sports Law number 19.712, Article 5 [13]. This study was approved by the Committee on Ethics in Studies in Humans of the Institute of Nutrition and Food Technology (INTA), University of Chile, according to the norms for Human Experimentation, Code of Ethics of the World Medical Association (Declaration of Helsinki, 1995). We requested and obtained permission from the Ministry of Education to use publicly available data for research and teaching/learning purposes (available from: <http://informacionestadistica.agenciaeducacion.cl/#/bases>). The study authors (A.G.-H.) entered a written data use agreement with the Chilean Ministry of Education.

The Prueba SER survey was performed by Bogotá's District Secretary of Education in November 2014 and 2015. These were cross-sectional surveys of ninth grade students recruited from public and private schools from all 20 "localidades" (municipalities) within the District Capital of Bogota (Cundinamarca Department, Andean Region of Colombia). Further details can be obtained from the website (available from: https://www.educacionbogota.edu.co/archivos/Temas%20estrategicos/Documentos/Resultados_PruebasSER-Bienestar_Fisico_Ciudadania_y_Convivencia.pdf). The survey was approved by the Review Committee for Bogotá's District Secretary of Education (ID Convenio N° CDP 3381, Project N° 893 "Pensar en Educación" date 02-10-2014, and Fuprecol Project Code N° CEI-ABN026-000262, date 27-09-2013).

2.2. Body Adiposity Parameters

The measurements of weight, height, and WC were carried out at school applying standardized procedures; all the instruments were verified before measuring each subject. Before data collection, examiners were trained prior to testing by the Chilean Ministry of Education and Universidad del Rosario-Centro de Estudios en Medición de la Actividad Física "CEMA" (<https://www.urosario.edu.co/CEMA/Inicio/#cema>), to standardize the assessment process and to minimize inter-observer variability. Body mass was measured using digital weigh scales to the nearest 0.1 kg; height was measured using a stadiometer to the nearest 0.1 cm. Body mass index (BMI, kg/m²) was subsequently derived and BMI z-scores calculated using age- and sex-specific reference data from the World Health Organization, with obesity defined as $\geq 2SD$ above the mean [14]. Body adiposity parameters were estimated using WC and waist-to-height ratio (WHtR) information. WC was measured to the nearest 0.1 cm using an inelastic tape, which was measure positioned horizontally and midway between the lower costal border of the 10th rib and the top of the iliac crest. WC and height were used to calculate WHtR, with obesity defined as ≥ 0.50 according to previous reports [15]. The 75th percentile of WC according to age and gender were determined based on data collected from the de Ferranti et al. [16]. WC and WHtR have been used as proxies for central (visceral) adipose tissue which has recently received attention as a marker of 'early health risk' in many populations [17]. Thus, both adiposity parameters were related with cardiometabolic risks in other Latin American populations from Brazil [18] and Mexico [19], including among overweight and obese youth.

2.3. Cardiorespiratory Fitness (CRF)

Testing procedures were consistent with guidelines for school-based fitness assessment [7]. CRF was assessed using the 20-m shuttle-run test (20mSRT) protocol [20]. This test showed good to very good repeatability and validity [21]. The corresponding metabolic equivalent (METs) were obtained by dividing VO_2 peak by $3.5 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ [22]. Testing took place in the school gymnasium or on another available hard surface.

2.4. Statistical Analysis

Descriptive statistics were calculated for all variables (arithmetic mean, standard deviation, or frequencies). All variables were checked for normality of distribution before analysis using Kolmogorov–Smirnov test and Q-Q plots. None required transformation due to normally distributed. Cohen *d*, *t*-test, and Chi-square were computed to quantify the difference across sex. Pearson correlations were calculated to quantify the relationship between CRF and body adiposity parameters. Diagnosis screening tests [23] (sensitivity, specificity, positive predictive value (PPV), negative predictive value (NPV), positive likelihood ratio (LR+), and negative likelihood ratio (LR-)) and ROC (receiver operating characteristic) curve analysis have been applied in the determination of cut-off values for analyzed parameters [24]. However, area under curve values of 0.55–0.62, 0.63–0.71, and >0.71 corresponded to an effect size (Cohen’s *d*) small, medium, and large, respectively [25]. In addition, the present sample was classified according to the cut-points suggested in the present study and logistic regression analysis with odds ratio (OR) and 95% confidence intervals (CI) was calculated. Univariate and multivariate analysis adjusted for age and site were used separately for boys and girls. Statistical programs MedCalc 16.8.4[®] (Ostend, Belgium) and SPSS 24.0[®] software (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) were used for all analyses, and a *p* value <0.05 was considered to be statistically significant.

3. Results

3.1. General Characteristics

The final sample comprised 72,505 adolescents aged 14.02 (95% CI 14.01–14.03) years. Means (95% CIs) for the sample were: BMI, 22.65 (21.63–21.68) kg/m²; WC, 71.12 (71.06–71.18) cm; WHtR, 0.44 (0.44–0.44); and CRF, 42.47 (42.42–42.52) mL·kg⁻¹·min⁻¹ using the Léger et al. equation [20]. The prevalence of body adiposity parameters according to WC and WHtR were 11.2% and 15.1%, respectively (Table 1).

Table 1. Characteristics of the sample.

Characteristics	Full Sample (n = 72,505)	Boys (n = 38,044)	Girls (n = 34,461)	<i>p</i> Value (Cohen <i>d</i>) for Sex
Age (years)	14.02 (14.02–14.03)	14.05 (14.04–14.05)	14.00 (13.99–14.01)	<0.0001 (0.068)
Weight (kg)	56.01 (55.93–56.08)	57.24 (57.14–57.35)	54.64 (54.54–54.74)	<0.0001 (0.254)
Height (cm)	160.73 (160.67–160.78)	164.33 (164.25–164.40)	156.75 (156.69–156.81)	<0.0001 (1.123)
BMI (kg/m ²)	21.65 (21.63–21.68)	21.14 (21.10–21.17)	22.22 (22.18–22.25)	<0.0001 (0.309)
BMI z-score	0.64 (0.63–0.64)	0.57 (0.56–0.58)	0.70 (0.69–0.71)	<0.0001 (0.127)
Obesity (≥+2SD) ^a	6945 (9.6)	3852 (5.3)	3093 (4.3)	<0.0001 (N.A)
Waist circumference (cm)	71.12 (71.06–71.18)	72.11 (72.03–72.20)	70.03 (69.94–70.12)	<0.0001 (0.248)
Obesity (WC >75th percentile for age and sex) ^b	8088 (11.2)	4489 (6.2)	3599 (5.0)	<0.0001 (N.A)
Waist-to-height ratio	0.44 (0.44–0.44)	0.44 (0.44–0.44)	0.45 (0.45–0.45)	<0.0001 (0.150)
Obesity (waist-to-height ratio ≥ 0.50) ^c	10,897 (15.1)	5164 (7.1)	5733 (7.9)	<0.0001 (N.A)
BMI and waist circumference ^a	4971 (6.9)	2877 (4.0)	2094 (2.9)	<0.0001 (N.A)
BMI and waist-to-height ratio ^a	5528 (7.7)	3024 (4.2)	2504 (3.5)	<0.0001 (N.A)
Stage (n)	15.48 (15.36–15.61)	19.07 (18.86–19.28)	11.50 (11.37–11.62)	<0.0001 (N.A)
VO ₂ peak (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹)—Léger et al. [22]	42.47 (42.42–42.52)	45.83 (45.77–45.89)	38.76 (38.70–38.81)	<0.0001 (1.284)

Data in mean and 95% confidence interval or frequency and percentage. ^a Obesity defined as ≥+2SD according to Onis, Onyango, Borghi, Siyam, Nishida, and Siekmann [14]; ^b >75th percentile waist circumference definition established by De Ferranti et al. [16]; ^c obesity defined as ≥0.50 according to Schwandt and Haas [15]. BMI: body mass index; WHtR, waist-to-height ratio. No applicable (N.A).

3.2. Cardiorespiratory Fitness Cut-Points Related to Body Adiposity Parameters

For boys and girls (Table 2, Figures 1 and 2, VO_2peak showed significant predictive capacity for obesity (area under the curve, AUCs > 0.62). In boys, when considering the full sample (13–15 years), the best cut-point for VO_2peak estimated by the equation of Léger et al. to detect body fat by WC and WHtR were $43.77 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (12.51 METs). For girls, when considering the full sample (13–15 years), the best cut-point to detect body fat by WC and WHtR were 38.53 to $\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ (10.50 to 10.78 metabolic equivalent).

Table 2. Diagnostic properties of VO₂peak (20-m shuttle run test) according to the equation of Léger et al. to detect body fat by age and sex group.

Age/Sex	AUC (95% CI)	Cut-Points, mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹ and (METs)	Sensitivity (%) (95% CI)	Specificity (%) (95% CI)	LR (+) (95% CI)	LR (-) (95% CI)	PPV (%) (95% CI)	NPV (%) (95% CI)
Obesity by WC >75th percentile for age and sex								
13 years old								
Boys (n = 8069)	0.71 (0.70–0.72)	44.83 (12.81)	64.72 (62.3–67.0)	68.85 (67.7–70.0)	2.08 (2.0–2.2)	0.51 (0.5–0.5)	34.5 (32.8–36.2)	88.5 (87.6–89.4)
Girls (n = 8008)	0.64 (0.63–0.65)	38.53 (11.01)	69.68 (67.1–72.1)	53.63 (52.4–54.8)	1.50 (1.4–1.6)	0.57 (0.5–0.6)	23.0 (21.7–24.4)	89.9 (88.9–90.8)
14 years old								
Boys (n = 20069)	0.71 (0.70–0.72)	42.13 (12.04)	63.54 (61.5–65.5)	69.58 (68.9–70.3)	2.09 (2.0–2.2)	0.52 (0.5–0.6)	20.8 (19.8–21.8)	93.8 (93.4–94.2)
Girls (n = 18358)	0.64 (0.63–0.65)	36.74 (10.50)	71.27 (69.2–73.3)	51.78 (51.0–52.6)	1.48 (1.4–1.5)	0.55 (0.5–0.6)	14.3 (13.6–15.0)	94.1 (93.6–94.6)
15 years old								
Boys (n = 9830)	0.69 (0.68–0.70)	40.50 (11.57)	63.59 (59.7–67.4)	68.68 (67.7–69.6)	2.03 (1.9–2.2)	0.53 (0.5–0.6)	12.0 (10.9–13.2)	96.6 (96.1–97.0)
Girls (n = 7986)	0.68 (0.66–0.69)	34.95 (9.99)	79.08 (74.8–82.9)	45.22 (44.1–46.3)	1.44 (1.4–1.5)	0.46 (0.4–0.6)	7.2 (6.5–8.0)	97.6 (97.0–98.0)
13–15 years old								
Boys (n = 37968)	0.69 (0.68–0.69)	43.77 (12.51)	65.63 (64.2–67.0)	64.70 (64.2–65.2)	1.86 (1.8–1.9)	0.53 (0.5–0.6)	20.0 (19.3–20.6)	93.4 (93.0–93.7)
Girls (n = 34367)	0.60 (0.59–0.60)	38.53 (11.01)	72.60 (71.1–74.1)	45.37 (44.8–45.9)	1.33 (1.3–1.4)	0.60 (0.6–0.6)	13.5 (13.0–13.9)	93.4 (93.0–93.8)
Obesity by WHtR (≥0.50)								
13 years old								
Boys (n = 8057)	0.74 (0.73–0.75)	44.83 (12.81)	68.32 (65.9–70.7)	69.09 (68.0–70.2)	2.21 (2.1–2.3)	0.46 (0.4–0.5)	33.8 (32.1–35.5)	90.4 (89.6–91.2)
Girls (n = 8003)	0.63 (0.62–0.64)	38.53 (11.01)	68.57 (66.2–70.9)	54.13 (52.9–55.4)	1.49 (1.4–1.6)	0.58 (0.5–0.6)	26.3 (25.0–27.7)	87.8 (86.8–88.8)
14 years old								
Boys (n = 20056)	0.71 (0.70–0.72)	42.13 (12.04)	62.43 (60.6–64.2)	70.36 (69.7–71.0)	2.11 (2.0–2.2)	0.53 (0.5–0.6)	25.1 (24.0–26.1)	92.2 (91.7–92.6)
Girls (n = 18347)	0.63 (0.63–0.64)	36.74 (10.50)	69.34 (67.7–71.0)	53.22 (52.4–54.0)	1.48 (1.4–1.5)	0.58 (0.5–0.6)	22.9 (22.1–23.8)	89.7 (89.0–90.3)
15 years old								
Boys (n = 9829)	0.69 (0.68–0.70)	40.50 (11.57)	61.33 (58.1–64.5)	69.48 (68.5–70.4)	2.01 (1.9–2.1)	0.56 (0.5–0.6)	16.9 (15.7–18.3)	94.7 (94.1–95.2)
Girls (n = 7997)	0.64 (0.63–0.65)	34.95 (9.99)	75.24 (72.6–77.7)	47.12 (45.9–48.3)	1.42 (1.4–1.5)	0.53 (0.5–0.6)	18.9 (17.8–20.1)	92.1 (91.1–92.9)
13–15 years old								
Boys (n = 37942)	0.70 (0.70–0.71)	43.77 (12.51)	66.19 (64.9–67.5)	65.40 (64.9–65.9)	1.91 (1.9–2.0)	0.52 (0.5–0.5)	23.2 (22.5–23.8)	92.5 (92.1–92.8)
Girls (n = 34347)	0.62 (0.61–0.62)	38.53 (11.01)	63.99 (61.7–64.2)	57.22 (56.6–57.8)	1.47 (1.4–1.5)	0.65 (0.6–0.7)	22.8 (22.1–23.4)	88.5 (88.1–89.0)

AUC: area under the curve; 95% CI: 95% confidence interval; LR+: positive likelihood ratio; LR: negative likelihood ratio; PPV: positive predictive value; NPV: negative predictive value; WC, waist circumference; WHtR: waist-to-height ratio.

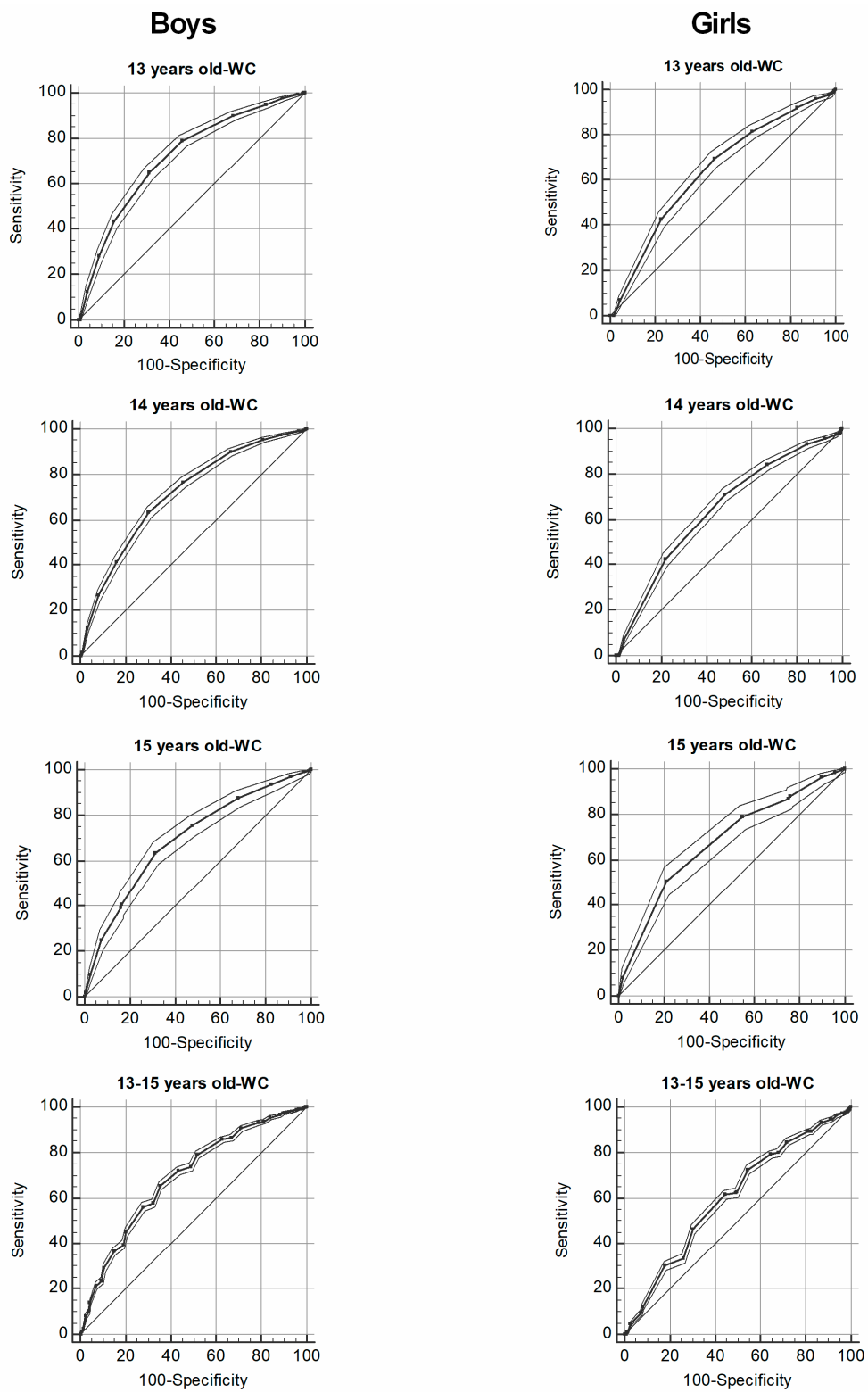


Figure 1. Receiver operating characteristic curve of VO_2 peak estimated by the Léger et al. equation to detect obesity by waist circumference (>75th percentile for age and sex) in boys and girls according to age.

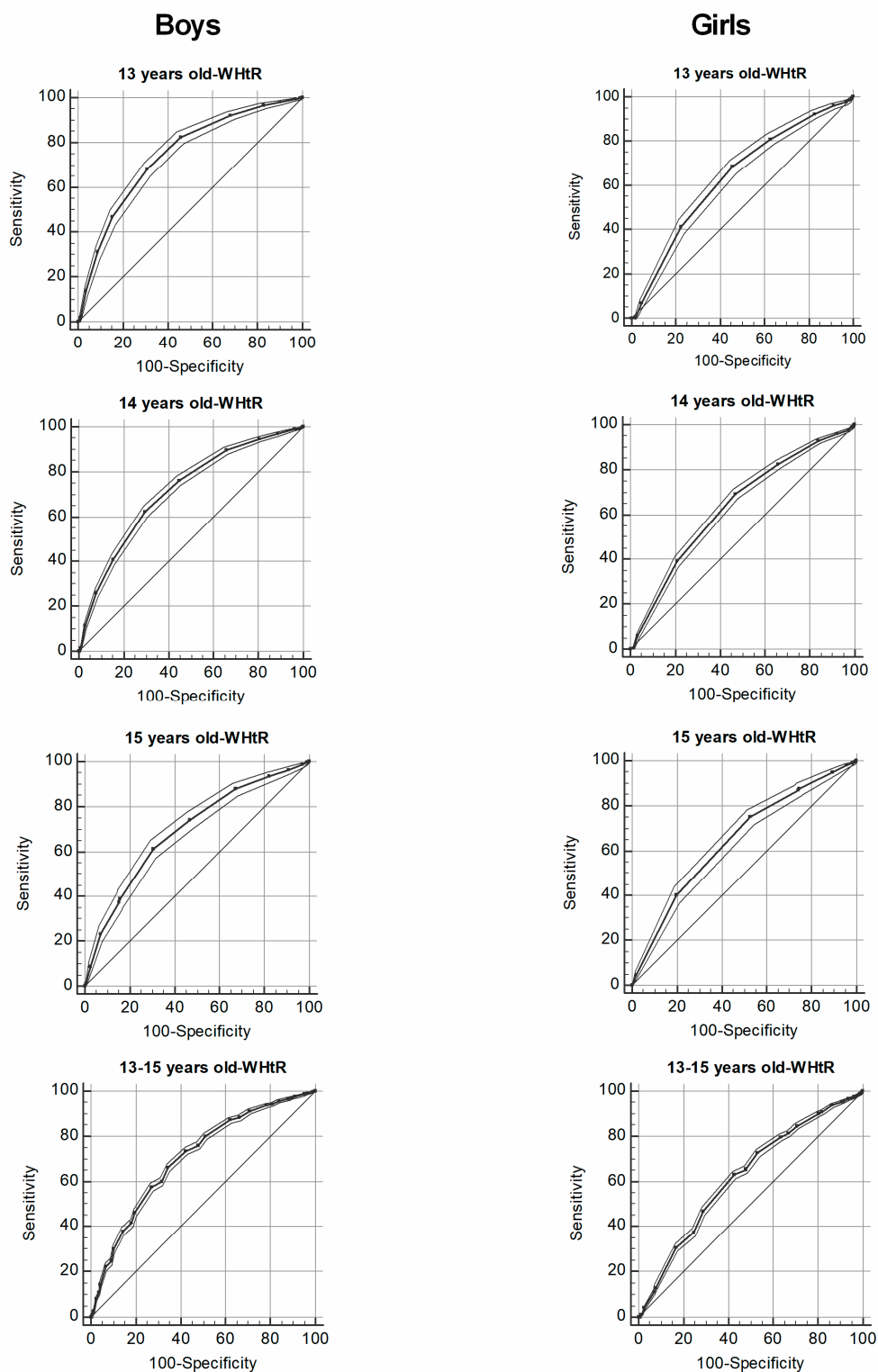


Figure 2. Receiver operating characteristic curve of VO_2 peak estimated by the Léger et al. equation to detect obesity by waist-to-height ratio (≥ 0.50) in boys and girls according to age.

Figure 2. Receiver operating characteristic curve of VO_2 peak estimated by the Léger et al. equation to detect obesity by waist-to-height ratio (≥ 0.50) in boys and girls according to age.

3.3. Relationship between Cardiorespiratory Fitness and Body Fat Parameters

Across all age and sex groups, CRF was weak to moderate negative correlated with WC and WHtR (Table 3).

Across all age and sex groups, CRF was weak to moderate negative correlated with WC and WHtR (Table 3).

Table 3. Pearson correlation coefficient of association between cardiorespiratory fitness and body fat parameters by sex.

	Boys				Girls			
	13 Years Old	14 Years Old	15 Years Old	13–15 Years Old	13 Years Old	14 Years Old	15 Years Old	13–15 Years Old
WC (cm)	−0.332 *	−0.240 *	−0.179 *	−0.224 *	−0.174 *	−0.182 *	−0.193 *	−0.161 *
WHtR	−0.298 *	−0.202 *	−0.155 *	−0.203 *	−0.176 *	−0.171 *	−0.180 *	−0.154 *

WC, waist circumference; WHtR, waist-to-height ratio. * $p < 0.001$ (r, Pearson correlation coefficient).

Finally, according to cut-points suggested (Table 2), adolescents with low CRF were more likely to be obese (using BMI z-score) either by WC or WHtR (Table 4).

Table 4. Association between unhealthy level of cardiorespiratory fitness and obesity by sex.

	Boys		Girls	
	Crude Analysis (OR (95% CI))	Adjusted Analysis (OR (95% CI) †	Crude Analysis (OR (95% CI))	Adjusted Analysis (OR (95% CI) †
Obesity by WC >75th percentile for age and sex				
Low cardiorespiratory fitness				
Sex-age-specific cut-points	4.18 (3.92–4.46) *	4.29 (4.01–4.59) *	2.73 (2.54–2.93) *	2.62 (2.44–2.82) *
Sex-specific cut-points	2.88 (2.70–3.07) *	4.53 (4.23–4.85) *	1.71 (1.59–1.83) *	2.73 (2.52–2.94) *
Obesity by WHtR (≥ 0.50)				
Low cardiorespiratory fitness				
Sex-age-specific cut-points	4.13 (3.89–4.39) *	4.58 (4.30–4.89) *	2.50 (2.36–2.66) *	2.43 (2.28–2.58) *
Sex-specific cut-points	3.24 (3.05–3.44) *	4.78 (4.48–5.10) *	2.05 (1.93–2.17) *	2.65 (2.49–2.83) *

OR: odds ratio; 95% CI: 95% confidence interval; WC, waist circumference; WHtR, waist-to-height ratio. † Adjusted analyses for age and country; * Logistic regression ($p < 0.001$).

4. Discussion

The main findings of the present study suggest that CRF (estimated by the 20mSRT) presented discriminatory ability in identifying a poor health profile (estimated by body fat parameters) in both girls and boys aged 13–15 years. Additionally, the suggested cut-points for low CRF were associated with obesity in all ages and sexes.

Our study extended the results of a recent study in 8740 Canadian children aged 8.0–12.9 years that showed a negative association between the 20mSRT and cardiometabolic risk (as assessed by adiposity measures) and that the CRF cut-points from ROC analyses had a good discriminatory power for obesity [9]. In this study, the optimal suggested CRF cut-points for 8- to 12-year-olds were 39 mL·kg^{−1}·min^{−1} and 41 mL·kg^{−1}·min^{−1} for girls and boys, respectively. In another similar study including 16,619 British children’s from Liverpool aged 11–13.9 years [26], the values proposed to identify children at risk for overweight were 41.9 mL·kg^{−1}·min^{−1} and 46.6 mL·kg^{−1}·min^{−1} for girls and boys, respectively. In the present study, the optimal cut-points, when we considered all samples by WC or WHtR, were 43.77 mL·kg^{−1}·min^{−1} and 38.53 mL·kg^{−1}·min^{−1} for boys and girls, respectively. Another study published by our team including Colombian children and adolescents proposed cut-points of 47.9 mL·kg^{−1}·min^{−1} in boys and 34.4 mL·kg^{−1}·min^{−1} in girls age 9–12 years and 48.0 mL·kg^{−1}·min^{−1} in boys and 33.8 mL·kg^{−1}·min^{−1} in girls aged 13–17 years [11]. Thus, our results indicate that the sensitivity to identify participants with adiposity within a clinical range was limited, particularly for boys, while the specificity of the prediction of adiposity using the leger equation to estimate VO₂peak was low for girls. In this sense, it was observed that the positive predictive value was low for both sexes aged 13–15 years (WC > 75th percentile: $\sigma = 20.0$ and $\varphi = 13.5$; WHtR ≥ 0.50 : $\sigma = 23.2$ and $\varphi = 22.8$), suggesting an important number of false positives, especially in the girls group, and reinforcing the need for sex-specific targeted interventions in the Latin-American setting. This positive predictive

value is directly related to the low prevalence of obesity in the overall sample (range: 6.9% to 10.8%). However, a major limitation is that cut-points can only be applied to populations in which the condition has a similar prevalence to the population tested or to individuals with a similar risk of a positive result. Furthermore, low CRF in adolescence is largely a reversible condition. Fitness-enhancing interventions in youths have been shown, on average, to improve CRF by approximately 10% [27], including among overweight and obese girls [28].

Two reviews [29,30] regarding CRF cut-points to identify red flags for healthy and unhealthy phenotypes in children and adolescents proposed interim international criterion-referenced standards of $42 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ and $35 \text{ mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ for boys and girls aged 8–18 years, respectively. The cut-points proposed in our study are higher than those suggested by Lang et al. [29] and Ruiz et al. [30]; these differences may be because our study only used body fat parameters to determine a poor health profile, whereas the Ruiz and Lang cut-points used other cardiometabolic risk factors. Additionally, most of these studies used a local sample that may not have a necessary representativeness of the population. Moreover, while both studies showed cut-points for CRF for many high-income countries, we are not aware of any study using a large sample of Latin American youths.

Collectively, these findings suggest the existence of an important relationship between CRF and fat that is detectable as early as adolescence and that could be used to guide prevention efforts and, consequently, reduce cardiometabolic risk factors. The deleterious consequences ascribed to obesity could be counteracted, to some extent, by maintaining appropriate levels of CRF [6,31]. In our study, we also tested the association between CRF and fat parameters as well as the proposed cut-points of low CRF and obesity. The association between our cut-points for low CRF and obesity provide clear insight into the links between unfavourable CRF and a lower health status and highlight the need for public health interventions to increase the fitness levels in the youth population.

Such interventions—for example, in the school environment—should involve promoting physical activity to increase CRF levels [32] and were alluded to in the most recent guidelines for physical activity [33]. In this line of thought, and in agreement with our results, a systematic review [31] combining the results from 142 studies that investigated the associations between the 20mSRT and various health indicators among children and adolescents showed that the 20mSRT was positively associated with the aspects of physical, physiological, psychosocial, and cognitive health in youths and could be used as a holistic health indicator to help identify youths at risk for poor health.

Our study has several limitations that should be considered in the interpretation of the findings. First, the cross-sectional design of our study does not allow us to explain causality. Second, the assessment of other cardiometabolic risk factors (e.g., blood pressure, dyslipidemia, and insulin resistance) could have shown additional information on prognostic assessment. Finally, we predicted VO_2peak from a single 20mSRT, and standard testing methods with directly measured oxygen consumption are required to confirm our cut-points.

The major strength of this study is the potential usefulness of the cut-points in field settings by health professionals in Latin American countries. Because the 20mSRT is a simple, low-cost method of CRF assessment, its use may provide a feasible way to study the link between physical activity and health among adolescents at the population level [34]. A final strength of this study is its large sample size, allowing the analysis to meaningfully explore various body fat parameters at the population level to better characterize Latin American adolescents.

5. Conclusions

Despite the cross-sectional design of the present study and that the AUC showed only moderated values, our results highlight the ability and usefulness of CRF (as estimated by the 20mSRT) in detecting fat in adolescents. Our findings also suggest that the proposed cut-points for low CRF are associated with obesity, in both sexes. Therefore, these VO_2peak cut-points could be used by health professionals and in the school environment as a low-cost assessment in the field setting to help identify youths at risk for poor health.

Author Contributions: Data curation, A.G.-H. and R.R.-V.; Formal analysis, D.H.P.-B., A.G.-H., C.A.-S. and R.R.-V.; Funding acquisition, A.G.-H. and J.E.C.-B.; Investigation, D.H.P.-B., M.L. and A.M.A.-M.; Methodology, D.H.P.-B., A.G.-H., A.M.A.-M., J.E.C.-B. and R.R.-V.; Project administration, A.G.-H., M.L., J.E.C.-B. and R.R.-V.; Supervision, D.H.P.-B.; Validation, D.H.P.-B. and M.L.; Writing—original draft, D.H.P.-B., A.M.A.-M., C.A.-S. and R.R.-V.; Writing—review & editing, A.G.-H., M.L., C.A.-S. and R.R.-V.

Funding: This study (Colombia sample) is supported by Secretaria de Educación Distrital-SED (ID Convenio N° CDP 3381, Project N° 893 “Pensar en Educación” date 02-Oct-2014). The authors are grateful to the Bogota District Education Secretary for the data used in this study. The authors also thank the participating Bogota District students, teachers, schools, and staff. Mikel Izquierdo is funded in part by a research grant PI17/01814 of the Ministerio de Economía, Industria y Competitividad de España (ISCIII, FEDER).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

- Lee, D.-C.; Sui, X.; Church, T.S.; Lavie, C.J.; Jackson, A.S.; Blair, S.N. Changes in fitness and fatness on the development of cardiovascular disease risk factors: Hypertension, metabolic syndrome, and hypercholesterolemia. *J. Am. Coll. Cardiol.* **2012**, *59*, 665–672. [[CrossRef](#)]
- Aubert, S.; Barnes, J.D.; Abdeta, C.; Abi Nader, P.; Adeniyi, A.F.; Aguilar-Farias, N.; Andrade Tenesaca, D.S.; Bhawra, J.; Brazo-Sayavera, J.; Cardon, G. Global matrix 3.0 physical activity report card grades for children and youth: Results and analysis from 49 countries. *J. Phys. Act. Health* **2018**, *15*, S251–S273. [[CrossRef](#)]
- Sahoo, K.; Sahoo, B.; Choudhury, A.K.; Sofi, N.Y.; Kumar, R.; Bhadoria, A.S. Childhood obesity: Causes and consequences. *J. Fam. Med. Prim. Care* **2015**, *4*, 187.
- Balagopal, P.; de Ferranti, S.D.; Cook, S.; Daniels, S.R.; Gidding, S.S.; Hayman, L.L.; McCrindle, B.W.; Mietus-Snyder, M.L.; Steinberger, J. Nontraditional risk factors and biomarkers for cardiovascular disease: Mechanistic, research, and clinical considerations for youth: A scientific statement from the american heart association. *Circulation* **2011**, *123*, 2749–2769. [[CrossRef](#)]
- Kaminsky, L.A.; Arena, R.; Ellingsen, Ø.; Harber, M.P.; Myers, J.; Ozemek, C.; Ross, R. Cardiorespiratory fitness and cardiovascular disease—the past, present, and future. *Prog. Cardiovasc. Dis.* **2019**, *62*, 86–93. [[CrossRef](#)]
- Mintjens, S.; Menting, M.D.; Daams, J.G.; van Poppel, M.N.; Roseboom, T.J.; Gemke, R.J. Cardiorespiratory fitness in childhood and adolescence affects future cardiovascular risk factors: A systematic review of longitudinal studies. *Sports Med.* **2018**, *48*, 2577–2605. [[CrossRef](#)]
- Pillsbury, L.; Oria, M.; Pate, R. *Fitness Measures and Health Outcomes in Youth*; National Academies Press: Washington, DC, USA, 2013.
- Lee, S.; Arslanian, S. Cardiorespiratory fitness and abdominal adiposity in youth. *Eur. J. Clin. Nutr.* **2007**, *61*, 561. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Silva, D.A.S.; Lang, J.J.; Barnes, J.D.; Tomkinson, G.R.; Tremblay, M.S. Cardiorespiratory fitness in children: Evidence for criterion-referenced cut-points. *PLoS ONE* **2018**, *13*, e0201048. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Grøntved, A.; Ried-Larsen, M.; Møller, N.C.; Kristensen, P.L.; Froberg, K.; Brage, S.; Andersen, L.B. Muscle strength in youth and cardiovascular risk in young adulthood (the european youth heart study). *Br. J. Sports Med.* **2015**, *49*, 90–94. [[CrossRef](#)]
- Ramírez-Vélez, R.; Correa-Bautista, J.E.; Mota, J.; Garcia-Hermoso, A. Comparison of different maximal oxygen uptake equations to discriminate the cardiometabolic risk in children and adolescents. *J. Pediatr.* **2018**, *194*, 152–157. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- García-Hermoso, A.; Correa-Bautista, J.E.; Olloquequi, J.; Ramírez-Vélez, R. Health-related physical fitness and weight status in 13-to 15-year-old latino adolescents. A pooled analysis. *J. Pediatr.* **2019**, *95*, 435–442. [[CrossRef](#)]
- Ministerio de Educación. *Informe de Resultados Educación Física Simce*; MINEDUC: Santiago, Chile, 2014.
- Onis, M.d.; Onyango, A.W.; Borghi, E.; Siyam, A.; Nishida, C.; Siekmann, J. Development of a who growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull. World Health Organ.* **2007**, *85*, 660–667. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- Schwandt, P.; Haas, G. Is the ratio waist circumference to height (whtr) of 0.5 a universal measure for abdominal adiposity in children and adolescents? *Int. J. Obes.* **2016**, *40*, 1141. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
- De Ferranti, S.D.; Gauvreau, K.; Ludwig, D.S.; Neufeld, E.J.; Newburger, J.W.; 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. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

17. Ashwell, M.; Gibson, S. Waist-to-height ratio as an indicator of 'early health risk': Simpler and more predictive than using a 'matrix' based on bmi and waist circumference. *BMJ Open* **2016**, *6*, e010159. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
18. De Oliveira, R.G.; Guedes, D.P. Performance of anthropometric indicators as predictors of metabolic syndrome in brazilian adolescents. *BMC Pediatr.* **2018**, *18*, 33. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Li, W.-C.; Chen, I.-C.; Chang, Y.-C.; Loke, S.-S.; Wang, S.-H.; Hsiao, K.-Y. Waist-to-height ratio, waist circumference, and body mass index as indices of cardiometabolic risk among 36,642 taiwanese adults. *Eur. J. Nutr.* **2013**, *52*, 57–65. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Leger, L.A.; Mercier, D.; Gadoury, C.; Lambert, J. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J. Sports Sci.* **1988**, *6*, 93–101. [[CrossRef](#)]
21. Ramírez-Vélez, R.; Rodrigues-Bezerra, D.; Correa-Bautista, J.E.; Izquierdo, M.; Lobelo, F. Reliability of health-related physical fitness tests among colombian children and adolescents: The fuprecol study. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0140875. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
22. Silva, D.A.S.; Tremblay, M.; Pelegrini, A.; Silva, R.J.d.S.; de Oliveira, A.C.C.; Petroski, E.L. Association between aerobic fitness and high blood pressure in adolescents in brazil: Evidence for criterion-referenced cut-points. *Pediatr. Exerc. Sci.* **2016**, *28*, 312–320. [[CrossRef](#)]
23. Swets, J.A. The relative operating characteristic in psychology: A technique for isolating effects of response bias finds wide use in the study of perception and cognition. *Science* **1973**, *182*, 990–1000. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
24. Hanley, J.A.; McNeil, B.J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (roc) curve. *Radiology* **1982**, *143*, 29–36. [[CrossRef](#)]
25. Rice, M.E.; Harris, G.T. Comparing effect sizes in follow-up studies: Roc area, cohen's *d*, and *r*. *Law Hum. Behav.* **2005**, *29*, 615–620. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
26. Boddy, L.M.; Thomas, N.E.; Fairclough, S.J.; Tolfrey, K.; Brophy, S.; Rees, A.; Knox, G.; Baker, J.S.; Stratton, G. Roc generated thresholds for field-assessed aerobic fitness related to body size and cardiometabolic risk in schoolchildren. *PLoS ONE* **2012**, *7*, e45755. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
27. Pfeiffer, K.; Lobelo, F.; Ward, D.S.; Pate, R.R. Endurance trainability of children and youth. In *The Young Athlete*; Hebestreit, H., Bar-Or, O., Eds.; Blackwell: Oxford, UK, 2008; pp. 84–95.
28. Nassis, G.P.; Papantakou, K.; Skenderi, K.; Triandafilopoulou, M.; Kavouras, S.A.; Yannakoulia, M.; Chrousos, G.P.; Sidossis, L.S. Aerobic exercise training improves insulin sensitivity without changes in body weight, body fat, adiponectin, and inflammatory markers in overweight and obese girls. *Metabolism* **2005**, *54*, 1472–1479. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
29. Lang, J.J.; Tremblay, M.S.; Ortega, F.B.; Ruiz, J.R.; Tomkinson, G.R. Review of criterion-referenced standards for cardiorespiratory fitness: What percentage of 1 142 026 international children and youth are apparently healthy? *Br. J. Sports Med.* **2017**, *53*, 953–958. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
30. Ruiz, J.R.; Caverro-Redondo, I.; Ortega, F.B.; Welk, G.J.; Andersen, L.B.; Martinez-Vizcaino, V. Cardiorespiratory fitness cut points to avoid cardiovascular disease risk in children and adolescents; what level of fitness should raise a red flag? A systematic review and meta-analysis. *Br. J. Sports Med.* **2016**, *50*, 1451–1458. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
31. Lang, J.J.; Belanger, K.; Poitras, V.; Janssen, I.; Tomkinson, G.R.; Tremblay, M.S. Systematic review of the relationship between 20 m shuttle run performance and health indicators among children and youth. *J. Sci. Med. Sport* **2018**, *21*, 383–397. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
32. Pozuelo-Carrascosa, D.P.; García-Hermoso, A.; Álvarez-Bueno, C.; Sánchez-López, M.; Martínez-Vizcaino, V. Effectiveness of school-based physical activity programmes on cardiorespiratory fitness in children: A meta-analysis of randomised controlled trials. *Br. J. Sports Med.* **2018**, *52*, 1234–1240. [[CrossRef](#)]
33. Committee, P.A.G.A. *Physical Activity Guidelines Advisory Committee Scientific Report*; US Department of Health and Human Services: Washington, DC, USA, 2018.
34. Lang, J.J.; Tomkinson, G.R.; Janssen, I.; Ruiz, J.R.; Ortega, F.B.; Léger, L.; Tremblay, M.S. Making a case for cardiorespiratory fitness surveillance among children and youth. *Exerc. Sport Sci. Rev.* **2018**, *46*, 66–75. [[CrossRef](#)]



© 2019 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).