

Estimación de aptitud cardiorrespiratoria a partir de la Prueba de Caminata de Seis Minutos en escolares

Estimation of cardiorespiratory fitness from the Six-Minute Walk Test in schoolchildren

Jaime Andrés Vásquez-Gómez^{a,g,h}, Francisco Andrés Vivero-Valdés^{b,c,h,i}, Luis Felipe Rojas-Araya^{d,e,h}, César Patricio Faúndez-Casanova^{e,f,g,h}, Marcelo Eduardo Castillo-Retamal^{e,f,g,h}

^aCentro de Investigación de Estudios Avanzados del Maule (CIEAM), Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

^bCentro de Formación Técnica San Agustín. Linares, Chile.

^cMagíster en Neurociencia, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

^dUniversidad de León. León, España.

^eDepartamento de Educación, de la Ilustre Municipalidad de Curicó. Curicó, Chile.

^fDepartamento de Ciencias de la Actividad Física, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

^gLaboratorio de Rendimiento Humano, Universidad Católica del Maule. Talca, Chile.

^hProfesor de Educación Física.

ⁱKinesiólogo.

Recibido: 28 de agosto de 2023; Aceptado: 18 de marzo de 2024

¿Qué se sabe del tema que trata este estudio?

La aptitud cardiorrespiratoria presenta una baja en niños y adolescentes. La capacidad de ejercitación se puede evaluar con la prueba de caminata de seis minutos. Estudios elaboran ecuaciones para predecir la distancia recorrida. Ninguno propone ecuaciones de predicción de la aptitud cardiorrespiratoria en nuestro contexto.

¿Qué aporta este estudio a lo ya conocido?

La prueba de caminata de seis minutos fue un instrumento de fácil aplicación y bajo coste económico. Es plausible aplicar la prueba de caminata de seis minutos para evaluar la aptitud cardiorrespiratoria en el contexto escolar. Los mejores modelos de predicción de la aptitud cardiorrespiratoria incluyeron distancia, edad, peso, estatura, frecuencia cardíaca e índice de masa corporal.

Resumen

La aptitud cardiorrespiratoria se puede evaluar con métodos directos, indirectos, de esfuerzo máximo, moderado, por medio de la carrera, bicicleta o caminata. **Objetivo:** predecir el consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2\text{máx}$) a partir de la prueba de caminata de seis minutos en escolares. **Pacientes y Método:** Participaron 459 estudiantes, 215 hombres y 244 mujeres, edades $11,9 \pm 1,3$ años, a quienes se les midió antropometría básica y aptitud cardiorrespiratoria con test de campo. Se elaboraron ecuaciones multivariadas para predecir el $\dot{V}O_2\text{máx}$. con el programa R[®] Commander v. 4.2.2 ($p < 0,05$).

Palabras clave:

Aptitud Cardiorrespiratoria; Consumo de Oxígeno; Prueba de Caminata; Prueba de Ejercicio; Niños

Resultados: Los mejores modelos que predijeron el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. incorporaron la distancia recorrida en la prueba de caminata de seis minutos, la frecuencia cardíaca de recuperación, edad, estatura, peso corporal ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$. [$L \cdot \text{min}^{-1}$] = $-0,0902 + (-0,0464 \times \text{edad}) + (0,0002 \times \text{distancia}) + (-0,0019 \times \text{FC}) + (0,5843 \times \text{estatura}) + (0,0353 \times \text{peso}$), $R^2 = 0,76$; error = $0,25 L \cdot \text{min}^{-1}$), y también el índice de masa corporal ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$. [$L \cdot \text{min}^{-1}$] = $-0,6152 + (0,0399 \times \text{edad}) + (0,0933 \times \text{IMC}) + (0,0005 \times \text{distancia}) + (-0,0022 \times \text{FC})$, $R^2 = 0,57$; error = $0,34 L \cdot \text{min}^{-1}$) ambos con $p < 0,001$. **Conclusiones:** La aptitud cardiorrespiratoria puede ser estimada en base a la antropometría básica y desempeño en la prueba de caminata de seis minutos.

Abstract

Cardiorespiratory fitness can be assessed by direct, indirect, maximal, and moderate effort, running, cycling, or walking methods. **Objective:** To predict maximum oxygen consumption ($\dot{V}O_{2\text{max}}$) from the six-minute walk test in schoolchildren. **Patients and Method:** 459 students were included, 215 were male and 244 were female, aged 11.9 ± 1.3 years. Basic anthropometry and cardiorespiratory fitness were measured using field tests. Multivariate equations were developed to predict the $\dot{V}O_{2\text{max}}$ using the R® Commander v. 4.2.2 software ($p < 0.05$). **Results:** The best model predicting $\dot{V}O_{2\text{max}}$ include distance walked in the six-minute walk test, heart rate recovery, age, height, body weight ($\dot{V}O_{2\text{max}}$ [$L \cdot \text{min}^{-1}$] = $-0.0902 + (-0.0464 \times \text{age}) + (0.0002 \times \text{distance}) + (-0.0019 \times \text{HR}) + (0.5843 \times \text{height}) + (0.0353 \times \text{weight})$, $R^2 = 0.76$; error = $0.25 L \cdot \text{min}^{-1}$), and also body mass index ($\dot{V}O_{2\text{max}}$ [$L \cdot \text{min}^{-1}$] = $-0.6152 + (0.0399 \times \text{age}) + (0.0933 \times \text{BMI}) + (0.0005 \times \text{distance}) + (-0.0022 \times \text{HR})$, $R^2 = 0.57$; error = $0.34 L \cdot \text{min}^{-1}$), both with $p < 0.001$. **Conclusions:** Cardiorespiratory fitness can be estimated based on basic anthropometry and performance on the six-minute walk test.

Keywords:

Cardiorespiratory
Fitness;
Oxygen Consumption;
Walking Test;
Exercise Test;
Children

Introducción

La aptitud cardiorrespiratoria ha disminuido en los últimos años en los niños y adolescentes de América Latina¹, con una prevalencia de insuficiencia de inactividad física entre el 84,2 y 91,2% en niños, niñas y adolescentes chilenos². La aptitud cardiorrespiratoria es un componente de la aptitud física que involucra la captación, transporte, y utilización del oxígeno, y esta pone en acción el corazón, la circulación pulmonar y sistémica, y la musculatura esquelética durante el ejercicio físico³⁻⁶. La aptitud cardiorrespiratoria es importante durante la niñez ya que es un predictor de riesgo cardiometabólico para la etapa de la adolescencia⁷, y su estimulación o desarrollo en la niñez se puede relacionar con una buena salud en la etapa adulta^{8,9}. La aptitud cardiorrespiratoria se puede evaluar de manera directa en laboratorio, pero su elevado coste coarta su utilización en epidemiología y también en contexto escolar¹⁰, aunque también se puede hacer con pruebas de campo. Una de éstas es la *Course Navette*, la que es bastante utilizada en jóvenes¹⁰, y otra es la prueba de caminata de seis minutos (PC6M), la cual es de tipo submáximo y se utiliza para evaluar la distancia recorrida y la capacidad para hacer ejercicio¹¹. Además, se reporta que es un buen instrumento para aplicar en niños de escuela primaria e inclusive en niños con diferentes enfermedades¹¹.

Revisiones sistemáticas en niños y adolescentes proponen valores de referencia¹² y ecuaciones que permiten prever la distancia caminada en la PC6M^{13,14}. En Chile existen trabajos que proponen fórmulas de predicción para los metros recorridos en la PC6M en niños de 6 a 14 años¹⁵ y en adolescentes de 16 años en promedio¹⁶. Inclusive, desde hace más de 20 años se han publicado resultados de la PC6M en niños sanos de 6 a 14 años¹⁷, pero ninguno hasta ahora desarrolla ecuaciones que abordan la aptitud cardiorrespiratoria. En este contexto es de interés generar un modelo de estimación, ya que esta variable refleja la salud cardiorrespiratoria de los estudiantes. Es igualmente importante por la utilidad práctica y los alcances que puede llegar a tener esta herramienta de evaluación para los profesionales de la actividad física y la salud. El objetivo primario es determinar el desempeño en la PC6M y relacionarlo con la potencia aeróbica del test *Course Navette*, con variables demográficas, antropométricas y de actividad física, y como objetivo secundario, verificar su incidencia en la predicción del $\dot{V}O_{2\text{máx}}$. en escolares de segundo ciclo básico de la Región del Maule, Chile.

Pacientes y Método

Estudio observacional de corte transversal. Participaron estudiantes hombres y mujeres de diferentes establecimientos educacionales de segundo ciclo de

enseñanza básica de la Región del Maule, Chile, todos de zona urbana. La muestra fue de tipo intencionada o no probabilística y se contó con la participación de 459 niños de $11,9 \pm 1,3$ años de edad (tabla 1). Se incluyó a estudiantes formales y regulares de sus escuelas, aparentemente sanos y sin lesiones del aparato locomotor como contusiones, esguinces, “discapacidad física”, fracturas, etc., ni otro tipo de impedimento físico que limitara el desarrollo de las pruebas. Los padres/tutores/responsables firmaron un consentimiento, y un asentimiento informado por parte de los estudiantes para enrolarse en el estudio. La investigación fue aprobada por el Comité de Ética Científico de la Universidad Católica del Maule (Acta n° 186 / 2 018). Junto a lo anterior, el estudio siguió las directrices de la Declaración de Helsinki.

En sesiones consecutivas, se midió el peso, estatura e índice de masa corporal (IMC), luego se administró la PC6M en pasillos de 30 metros¹⁸ en que se contabilizó la distancia recorrida, se midió la frecuencia cardíaca (FC) de recuperación mediante palpación carotídea individual, y se registró la sensación subjetiva de la fatiga (SSF)¹². Luego, de 10 minutos aproximadamente, se aplicó la prueba de *Course Navette* en donde se contabilizó el último palier completado para calcular el $\dot{V}O_2$ máx.^{1,19} y se registró la SSF con la escala Epinfant^{12,20}. Solo se aplicó el cuestionario PAQ-C²¹ de manera preliminar en un subgrupo de estudiantes para determinar el nivel de actividad física (AF).

La variable de respuesta o de exposición fue el $\dot{V}O_2$ máx., y las variables independientes o exploratorias fueron las de tipo demográficas de la edad, de antropometría básica del peso corporal, la estatura, el IMC, y del desempeño en la PC6M de distancia recorrida y la frecuencia cardíaca.

En el análisis estadístico se calculó valores promedio y desviación estándar para variables continuas y porcentajes para las categóricas, también se verificó la distribución de normalidad de los datos y se comparó a hombres y mujeres respecto a la antropometría básica, aptitud cardiorrespiratoria en la *Course Navette* y PC6M entre hombres y mujeres con la prueba de Kruskal-Wallis. Además, se evaluó la prevalencia del sexo (hombre, mujer) sobre el nivel de AF con la prueba de Chi-cuadrado. Se realizó correlaciones parciales entre el $\dot{V}O_2$ máx. de *Course Navette* y variables independientes, y luego se realizaron modelos lineales de regresión teniendo como variable dependiente el $\dot{V}O_2$ máx. de *Course Navette*, y como independientes el rendimiento en la PC6M, variables antropométricas básicas y demográficas. Se verificó la validez de los modelos con el diagrama de Bland-Altman incluyendo rangos de confiabilidad de $\pm 1,96$. El análisis se realizó con el programa R® Commander versión 4.2.2 (Nueva Zelanda) considerando una significación estadística de $p < 0,05$.

Resultados

La tabla 1 muestra que del total de participantes ($n = 459$) no hubo diferencias entre hombres ($n = 215$) y mujeres ($n = 244$) en variables demográficas y de antropometría básica (edad, peso, estatura, IMC), en el desempeño en la PC6M (distancia recorrida, frecuencia cardíaca, percepción del esfuerzo) y *Course Navette* (palier, velocidad, $\dot{V}O_2$ máx., percepción del esfuerzo). Además, se muestra que la mayoría de los estudiantes del subgrupo examinado tuvo un nivel de AF moderado y que no hubo evidencia suficiente para afirmar que el sexo de los estudiantes (hombre o mujer) determinase el nivel de AF (se eliminó a 43 estudiantes por tener datos incompletos).

La tabla 2 muestra las correlaciones parciales entre el $\dot{V}O_2$ máx. y las variables independientes. En ella se puede apreciar que hubo correlaciones positivas y significativas entre el $\dot{V}O_2$ máx., las variables demográficas (salvo la edad en las mujeres) y de antropometría básica. También se apreció una relación negativa entre el $\dot{V}O_2$ máx. y el desempeño en la PC6M (salvo con la distancia que fue positiva) en la totalidad de la muestra. Respecto al desempeño en *Course Navette* la asociación del $\dot{V}O_2$ máx. con la SSF fue inversa para el total de participantes.

En la muestra de 459 estudiantes el mejor modelo predictivo incluyó la distancia recorrida (metros) en la PC6M ($p = 0,02$), la FC de recuperación ($p \cdot \text{min}^{-1}$) 20 segundos poscaminata, la edad en años, peso corporal en kg (todos con $p < 0,001$) y la estatura en metros ($p = 0,001$). No hubo diferencias del $\dot{V}O_2$ máx. estimado entre hombres y mujeres ($p = 0,1571$), entonces:

$$\dot{V}O_2\text{máx. (L}\cdot\text{min}^{-1}) = - 0,0902 + (- 0,0464 \times \text{edad}) + (0,0002 \times \text{distancia}) + (- 0,0019 \times \text{FC de recuperación}) + (0,5843 \times \text{estatura}) + (0,0353 \times \text{peso})$$

[Ecuación 1]

Los estadísticos fueron: $r = 0,87$; $R^2 = 0,76$; $p < 0,001$ y error de estimación = $0,25 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$.

Se verificó la incidencia del IMC en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$ sobre la aptitud cardiorrespiratoria. Este fue estadísticamente significativo dentro del modelo al igual que las otras variables ($p < 0,01$), pero obtuvo valores estadísticos un poco más bajos ($r = 0,75$; $R^2 = 0,57$; $p < 0,001$) y mayor error de estimación ($0,34 \text{ L}\cdot\text{min}^{-1}$), aunque no existió diferencias entre hombres y mujeres al predecir el $\dot{V}O_2$ máx. ($p = 0,4312$). Así:

$$\dot{V}O_2\text{máx. (L}\cdot\text{min}^{-1}) = - 0,6152 + (0,0399 \times \text{edad}) + (0,0933 \times \text{IMC}) + (0,0005 \times \text{distancia}) + (- 0,0022 \times \text{FC de recuperación})$$

[Ecuación 2]

Tabla 1. Antropometría básica, aptitud cardiorrespiratoria y nivel de actividad física.

Variables	Total (459)		Hombres (215)		Mujeres (244)		p-valor ^a
	Media	DE	Media	DE	Media	DE	
Edad (años)	11,9	1,3	11,9	1,3	11,8	1,4	0,244
Peso (kg)	51,3	12,2	52,1	12,9	50,6	11,4	0,209
Estatura (m)	1,52	0,09	1,53	0,1	1,51	0,08	0,556
IMC (kg·m ⁻²)	21,9	3,9	22	4	21,8	3,9	0,575
<i>PC6M</i>							
Distancia (m)	656,9	93,3	650	100,4	663	86,4	0,211
FC (p·min ⁻¹)	113	30	111	28	115	31	0,353
FC (%)	54,2	14,2	53,4	13,6	55	14,8	0,377
SSF	5	2	5	2	5	2	0,632
<i>Course Navette</i>							
Palier	3,1	1,5	3,1	1,7	3	1,4	0,734
Velocidad (km·h ⁻¹)	9,3	0,9	9,3	1	9,3	0,9	0,984
VO ₂ máx. (ml·kg·min ⁻¹)	39,7	4,9	39,7	4,9	39,6	5	0,897
VO ₂ máx. (L·min ⁻¹)	2	0,5	2	0,5	1,9	0,4	0,235
SSF	8	2	8	1	8	2	0,127
<i>PAQ-C (nivel AF)</i>							
	n (172)	%	n (97)	%	n (75)	%	0,29
Muy bajo	0	0	0	0	0	0	
Bajo	17	9,9	10	10,3	7	9,3	
Moderado	107	62,2	55	56,7	52	69,3	
Alto	44	25,6	30	30,9	14	18,7	
Intenso	4	2,3	2	2,1	2	2,7	

a: diferencias entre hombres y mujeres; AF: actividad física; DE: desviación estándar; FC: frecuencia cardíaca de recuperación poscaminata; FC (%): Porcentaje de la frecuencia cardíaca; PAQ-C: Physical Activity Questionnaire for Children; PC6M: prueba de caminata de seis minutos; SSF: sensación subjetiva de la fatiga con la escala Epinfant; VO₂máx.: consumo máximo de oxígeno.

Tabla 2. Correlación entre el VO₂máx. de Course Navette y variables independientes

Variables	VO ₂ máx. (L·min ⁻¹)		
	Total (459)	Hombres (215)	Mujeres (244)
Edad (años)	0,22**	0,34**	0,09
Peso (kg)	0,85**	0,87**	0,82**
Estatura (m)	0,59**	0,69**	0,46**
IMC (kg·m ⁻²)	0,72**	0,69**	0,75**
<i>PC6M</i>			
Distancia (m)	0,1*	0,05	0,14*
FC (p·min ⁻¹)	-0,11*	-0,12	-0,05
FC (%)	-0,1*	-0,1	-0,04
SSF	-0,23**	-0,33**	-0,14*
<i>Course Navette</i>			
Palier	0,39**	0,41**	0,37**
Velocidad (km·h ⁻¹)	0,41**	0,44**	0,41**
SSF	-0,17**	-0,25**	-0,09

FC: frecuencia cardíaca; FC (%): Porcentaje de la frecuencia cardíaca; PC6M: prueba de caminata de seis minutos; SSF: sensación subjetiva de la fatiga con la escala Epinfant; VO₂máx.: consumo máximo de oxígeno. * < 0,05; ** < 0,001.

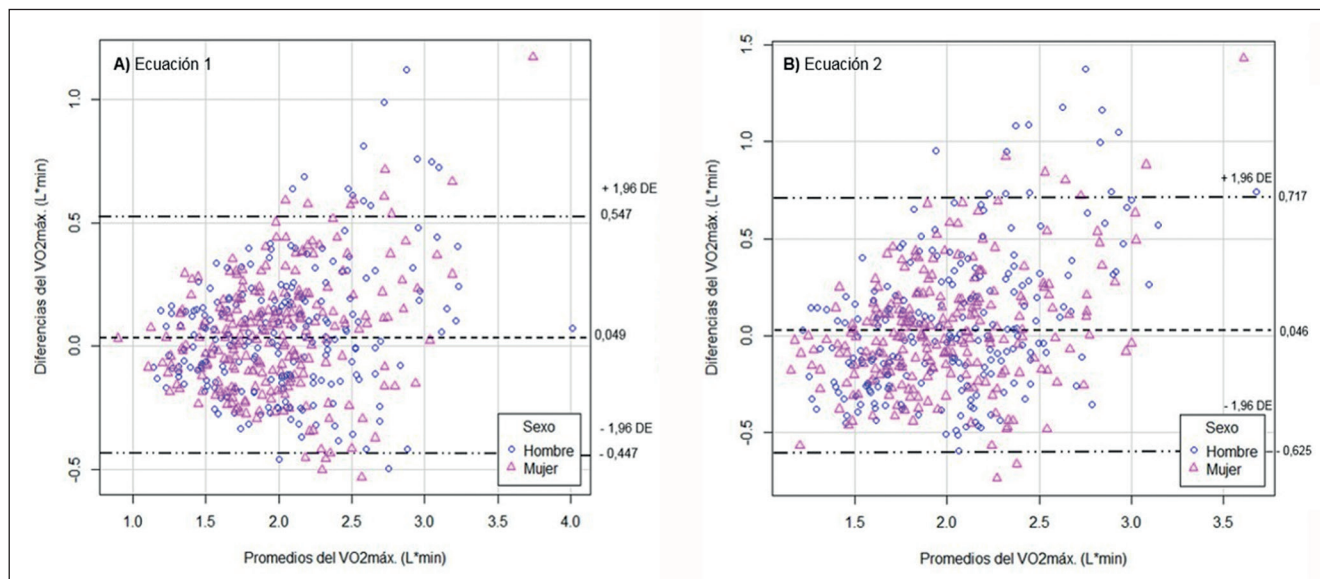


Figura 1. Diagrama de Bland-Altman. Grados de acuerdo para el $\dot{V}O_2$ máx. entre el test cardiorrespiratorio (*Course Navette*) y las ecuaciones predictivas. Eje "y": Diferencias del $\dot{V}O_2$ máx. ($L \cdot \text{min}^{-1}$); Eje "x": Promedios del $\dot{V}O_2$ máx. ($L \cdot \text{min}^{-1}$). **A)** Ecuación 1; **B)** Ecuación 2. Abreviaciones: DE: desviación estándar; $\dot{V}O_2$ máx.: consumo máximo de oxígeno.

Para el subgrupo de 172 participantes se incluyó el nivel de AF en un modelo lineal ($r = 0,89$; $R^2 = 0,79$; $p < 0,001$). Además, la distancia, FC, peso corporal, edad y estatura presentaron significación estadística dentro del modelo ($p < 0,05$), salvo el propio nivel de AF ($p = 0,55$).

Por su parte, el diagrama de Bland-Altman (figura 1) mostró que en la ecuación [1] 27 pares del $\dot{V}O_2$ máx. (5,9%) estuvieron fuera de los límites de acuerdo del modelo, y el sesgo promedio fue cercano a cero ($0,049 L \cdot \text{min}^{-1}$) con intervalos de confianza (95 %) de $0,017 - 0,064$. Para la ecuación [2] solo 22 pares (4,8 %) salieron de los límites y el sesgo fue de $0,046 L \cdot \text{min}^{-1}$ (95 % IC [$-0,338$; $-0,275$]).

Discusión

El principal aporte de esta investigación es que se ha podido elaborar un modelo para predecir el $\dot{V}O_2$ máx. en escolares de un contexto específico de Chile, en base a variables que son accesibles de medir, no invasivas, y que el test de caminata no requiere de un esfuerzo físico agotador o máximo. Además, que el nivel de AF es potencialmente predictor del $\dot{V}O_2$ máx.

Algunos trabajos de investigación han abordado la PC6M y determinado la relación con la capacidad cardiopulmonar en niños y adolescentes de diferentes características. En estos se ha reportado que la distancia recorrida estuvo relacionada directa y significati-

vamente con el $\dot{V}O_2$ máx. ($r = 0,72$) en niñas y niños sanos de 10 años promedio²². Ocurrió lo mismo ($0,31$ a $0,69$) en adolescentes hombres y mujeres con discapacidad intelectual de 16 años²³ y en adolescentes de 13 a 18 años con hipertensión pulmonar en que la velocidad en la PC6M se relacionó significativamente ($r = 0,59$) con el $\dot{V}O_2$ máx.²⁴. Por su parte, en niños obesos el peso corporal, la masa grasa y el IMC se asociaron de forma inversa y significativa con el consumo de oxígeno máximo ($r = -0,26$ a $-0,38$), y, la masa libre de grasa y la distancia en la PC6M también lo fueron, pero de manera directa ($r = 0,22$ a $0,24$)²⁵. Resaltamos estas características de los participantes ya que la medición de la aptitud cardiorrespiratoria y la PC6M abarca desde el ambiente clínico hasta niños aparentemente sanos que se desenvuelven en las escuelas, puesto que hay variables que son objeto de medición en común las cuales son potencialmente predictoras del $\dot{V}O_2$ máx., tal como se ha descrito en nuestro estudio. Respecto a las investigaciones que han elaborado modelos para estimar el $\dot{V}O_2$ máx. en niños, en un estudio se ha incorporado la distancia recorrida en la PC6M y el IMC en niños de 12 años en promedio²⁶ en que además la edad ($r = 0,11$; $p < 0,05$), el peso corporal ($r = -0,36$; $p < 0,001$) y la FC ($r = -0,12$; $p < 0,05$) al finalizar el test de caminata, se relacionaron significativamente con el $\dot{V}O_2$ máx. obtenido en una prueba de esfuerzo. En otra investigación se ha trabajado con niños obesos con un promedio de edad de 13 años en donde han realizado la predicción

del $\dot{V}O_2$ máx. a partir de la distancia recorrida en la PC6M y el IMC²⁵. Algunas de las variables que han utilizado estos estudios coinciden con las que hemos usado con los escolares chilenos, como el IMC, y otras que sí mostraron relación con el $\dot{V}O_2$ máx. las incluimos en los modelos predictivos (edad, peso y FC). Debemos señalar que una variable importante es el nivel de AF que incorporamos para relacionar con el $\dot{V}O_2$ máx. Sobre este punto, se ha encontrado una relación significativa del $\dot{V}O_2$ máx. con la AF (en pasos/semana)²⁶ y en otro estudio²⁷ incluyeron la AF por autorreporte en una ecuación predictiva de la distancia en la PC6M en niñas. Estas evidencias indican que es plausible incluir la AF que realizan los escolares como variable explicativa de la capacidad cardiopulmonar.

La implicación de este estudio en la parte clínica se justifica por la pertinencia que tiene el consumo máximo de oxígeno al estar asociado con enfermedades cardiometabólicas, la antropometría básica y estilos de vida, tratadas en el área de la salud pública de la población²⁸⁻³². Tanto es así, que el consumo de oxígeno ha sido catalogado como una variable de entrada en la evaluación clínica^{33,34}, es decir, en la evaluación diagnóstica como la medición de signos vitales y otros parámetros básicos. Por su parte, la aplicación de la PC6M es transferible y cobra relevancia en el ámbito clínico ya que ha sido utilizada en diferentes poblaciones, ya sea en adultos con patologías pulmonares³⁵, cardíacas³⁶, accidentes vasculares³⁷, y, respecto al grupo etario, en niños y adolescentes con diversas patologías³⁸⁻⁴⁰.

De esta forma, el impacto del $\dot{V}O_2$ máx. en el campo investigativo y clínico puede tener un carácter preventivo en el desarrollo de enfermedades cardiometabólicas y, a la vez, como complemento al tratamiento de estas patologías, considerando las repercusiones generales en la aptitud cardiorrespiratoria que podríamos encontrar en niños y adolescentes en esta etapa posterior a la pandemia, y particularmente en quienes fueron afectados por el síndrome inflamatorio multisistémico pediátrico asociado a COVID-19⁴¹. Esto último es muy relevante ya que la evidencia ha demostrado que la resistencia cardiorrespiratoria tuvo una disminución significativa entre septiembre-2019 y septiembre-2020 en niños escolares de 7 a 10 años de edad, para luego aumentar levemente o mantenerse sin cambios hasta junio-2021⁴², por lo cual se hace pertinente contar con medios accesibles para evaluar el $\dot{V}O_2$ máx. y poder prescribir métodos para su desarrollo en la población infantil.

Una limitación del presente estudio es que se determinó el $\dot{V}O_2$ máx. con un método indirecto como la *Course Navette* y no una prueba de criterio de laboratorio. Sin embargo, existe bastante evidencia que reporta la fiabilidad y validez de la *Course Navette* para

estimar el $\dot{V}O_2$ máx. en niños y adolescentes de Chile, latinoamericana y el mundo^{1,4,10}. Por otro lado, en el subgrupo de estudiantes el nivel de AF se midió por medio de un cuestionario (PAQ-C) lo que pudo sobreestimar o subestimar la percepción⁴³ de la realización de AF por parte de los estudiantes. Otra limitación es el hecho que no se puede asumir una relación causa-efecto entre las variables estudiadas ya que fue una investigación transversal, pues, por ejemplo, a pesar de demostrarse una incidencia del IMC sobre la aptitud cardiorrespiratoria con este diseño metodológico, no se puede aceptar tal asociación causal. Por su parte, una fortaleza fue ser uno de los primeros estudios sobre esta temática en Chile, y que contó con gran número de participantes.

Las proyecciones de la investigación son evaluar el $\dot{V}O_2$ máx. con un método directo, un gold standar como criterio, y así acceder a más variables asociadas al $\dot{V}O_2$ máx. (umbrales ventilatorios e intercambio de gases), en los estudiantes objeto de esta investigación. Además, y de forma conjunta, realizar un estudio longitudinal para evaluar la consistencia y reproducibilidad de las asociaciones entre el consumo de oxígeno y las covariables investigadas en este estudio, más la asociación con otras variables cardiometabólicas, de la antropometría básica, y estilos de vida.

Finalmente, como las variables de distancia recorrida en la PC6M, FC de recuperación, edad, estatura, peso corporal e IMC son predictoras del $\dot{V}O_2$ máx., las ecuaciones elaboradas en este estudio se podrían aplicar en poblaciones de similares características para tener una aproximación de la aptitud cardiorrespiratoria, considerando las diferencias morfo-funcionales, geográficas, ambientales, etc., de cada contexto en específico para la interpretación de los resultados.

Conclusiones

La aptitud cardiorrespiratoria determinada con método indirecto y expresado como $\dot{V}O_2$ máx. tiene relación con el desempeño en la PC6M específicamente con la distancia y la FC poscaminata, también con la antropometría básica (peso e IMC), la edad y con estilos de vida como es el nivel de AF en los escolares que participaron del estudio.

Responsabilidades Éticas

Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos se conformaron a las normas éticas del comité de experimentación humana responsable y de acuerdo con la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos: Los autores declaran que han seguido los protocolos de su centro de trabajo sobre la publicación de datos de pacientes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado: Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo. Este documento obra en poder del autor de correspondencia.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

Agradecimientos

Los autores agradecen a todos los participantes que fueron parte de la investigación, así como a sus padres/tutores/responsables que accedieron a la autorización.

Referencias

- Prieto-Benavides DH, García-Hermoso A, Izquierdo M, et al. Cardiorespiratory fitness cut-points are related to body adiposity parameters in Latin American adolescents. *Medicina*. 2019;55(9):508. doi: 10.3390/medicina55090508. PMID: 31438456.
- Guthold R, Stevens GA, Riley LM, et al. Global trends in insufficient physical activity among adolescents: a pooled analysis of 298 population-based surveys with 1.6 million participants. *Lancet Child Adolesc Health*. 2019;21:1-13. doi: 10.1016/S2352-4642(19)30323-2. PMID: 31761562.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-59. doi: 10.1249/MSS.0b013e318213febf. PMID: 21694556
- Tomkinson GR, Lang JJ, Tremblay MS, et al. International normative 20 m shuttle run values from 1 142 026 children and youth representing 50 countries. *Br J Sports Med*. 2017;51(21):1545-54. doi: 10.1136/bjsports-2016-095987. PMID: 27208067.
- Machado N, Wingfield M, Kramer S, et al. Maintenance of cardiorespiratory fitness in people with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Arch Phys Med Rehabil*. 2022;103(7):1410-1421.e6. doi: 10.1016/j.apmr.2022.01.151. PMID: 35172177.
- Sloan R, Visentini-Scarzanella M, Sawada S, et al. Estimating cardiorespiratory fitness without exercise testing or physical activity status in healthy adults: regression model development and validation. *JMIR Public Health Surveill*. 2022;8(7):e34717. doi: 10.2196/34717. PMID: 35793133.
- Buchan DS, Knox G, Jones AM, et al. Utility of international normative 20 m shuttle run values for identifying youth at increased cardiometabolic risk. *J Sports Sci*. 2019;37(5):507-514. doi: 10.1080/02640414.2018.1511318. PMID: 30113241.
- García-Hermoso A, Ramírez-Vélez R, García-Alonso Y, et al. Association of cardiorespiratory fitness levels during youth with health risk later in life: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Pediatr*. 2020;174(10):952-960. doi: 10.1001/jamapediatrics.2020.2400. PMID: 32870243.
- Isasi CR, Strizich GM, Kaplan R, et al. The association of cardiorespiratory fitness with cardiometabolic factors, markers of inflammation, and endothelial dysfunction in latino youth: findings from the hispanic community children's health study/study of latino youth. *Ann Epidemiol*. 2018;28(9):583-589.e3. doi: 10.1016/j.annepidem.2018.02.007. PMID: 29548689.
- Ramírez-Vélez R, García-Hermoso A, Alonso-Martínez AM, et al. Cardiorespiratory fitness normative values in Latin-American adolescents: role of fitness parameters. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(20):3889. doi: 10.3390/ijerph16203889. PMID: 31615052.
- Vandoni M, Correale L, Puci MV, et al. Six minute walk distance and reference values in healthy Italian children: A cross-sectional study. *PloS One*. 2018;13(10):e0205792. doi: 10.1371/journal.pone.0205792. PMID: 30321226.
- Rodríguez-Núñez I, Mondaca F, Casas B, et al. Valores normales del test de marcha de 6 minutos en niños y adolescentes sanos: una revisión sistemática y metaanálisis. *Rev Chil de Pediatr*. 2018;89(1):128-36. doi: 10.4067/S0370-41062018000100128. PMID: 29664515.
- Mylius CF, Paap D, Takken T. Reference value for the 6-minute walk test in children and adolescents: a systematic review. *Expert Rev Respir Med*. 2016;10(12):1335-52. doi: 10.1080/17476348.2016.1258305. PMID: 27817221.
- Cacau LDAP, Santana-Filho VJD, Maynard LG, et al. Reference values for the six-minute walk test in healthy children and adolescents: a systematic review. *Braz J Cardiovasc Surg*. 2016;31(5):381-8. doi: 10.5935/1678-9741.20160081. PMID: 27982347.
- Gatica D, Puppo H, Villarroel G, et al. Valores de referencia del test de marcha de seis minutos en niños sanos. *Rev Med Chil*. 2012 140;(8):1014-21. doi: 10.4067/S0034-98872012000800007. PMID: 23282774.
- Vásquez-Gómez JA, Rojas-Araya LF, Castillo-Retamal ME. La prueba de caminata de seis minutos relacionada con variables del estado nutricional, antropométricas y de actividad física en adolescentes chilenos. *Rev Esp Nutr Comunitaria*. 2018;24(4):2.
- Escobar Cabello M, López Suárez CA, Véliz Medina C, et al. Test de marcha en 6 minutos en niños chilenos sanos. *Kinesiología*. 2001;62, 16-20.
- ATS Committee on proficiency standards for clinical pulmonary function laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med*. 2002;166:111-7. doi: 10.1164/ajrccm.166.1.at1102. PMID: 12091180.
- Léger LA, Mercier D, Gadoury C, et al. The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *J Sports Sci*. 1988;6(2):93-101. doi: 10.1080/02640418808729800. PMID: 3184250.
- Rodríguez Núñez I. Escala de medición de esfuerzo percibido infantil (EPInfant): validación en niños y adolescentes chilenos. *Rev Chil Pediatr*. 2016;87(3):211-2. doi: 10.1016/j.rchipe.2015.09.001. PMID: 26455705.
- Manchola-González J, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M. Fiabilidad de la versión española del cuestionario de actividad física PAQ-C. *Rev Int Med Cienc Act Fis Deporte*. 2017;17(65):139-52. doi: 10.15366/rimcafd2017.65.008.
- Limsuwan A, Wongwandee R, Khowsathit P. Correlation between 6-min walk test and exercise stress test in healthy children. *Acta Paediatr*. 2010;99(3):438-41. doi: 10.1111/j.1651-2227.2009.01602.x. PMID: 19922506.

23. Elmahgoub SS, Van de Velde A, Peersman W, et al. Reproducibility, validity and predictors of six-minute walk test in overweight and obese adolescents with intellectual disability. *Disabil Rehabil.* 2012;34(10):846-51. doi: 10.3109/09638288.2011.623757. PMID: 22149772.
24. Zapico A, Fuentes D, Rojo-Tirado M, et al. Predicting peak oxygen uptake from the 6-minute walk test in patients with pulmonary hypertension. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2016;36(3):203-8. doi: 10.1097/HCR.000000000000174. PMID: 26959496.
25. Vanhelst J, Fardy P, Salleron J, et al. The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disabil Rehabil.* 2013;35(6):479-82. doi: 10.3109/09638288.2012.699581. PMID: 22779759.
26. Jalili M, Nazem F, Sazvar A, et al. Prediction of maximal oxygen uptake by six-minute walk test and body mass index in healthy boys. *J Pediatr.* 2018;200:155-9. doi: 10.1016/j.jpeds.2018.04.026. PMID: 29773305.
27. Ulrich S, Hildenbrand FF, Treder U, et al. Reference values for the 6-minute walk test in healthy children and adolescents in Switzerland. *BMC Pulm Med.* 2013;13(1):49. doi: 10.1186/1471-2466-13-49. PMID: 23915140.
28. Cáceres JM, Ulbrich AZ, Panigas TF, et al. A non-exercise prediction model for estimation of cardiorespiratory fitness in adults. *Brazilian Journal of Kinanthropometry and Human Performance.* 2012;14(3):287-95. doi: 10.5007//1980-0037.2012v14n3p287
29. de Souza e Silva CG, Kaminsky A, Arena R, et al. A reference equation for maximal aerobic power for treadmill and cycle ergometer exercise testing: analysis from the FRIEND registry. *Eur J Prev Cardiol.* 2018;25(7):742-50. doi: 10.1177/2047487318763958. PMID: 29517365.
30. Peterman JE, Harber MP, Imboden MT, et al. Accuracy of nonexercise prediction equations for assessing longitudinal changes to cardiorespiratory fitness in apparently healthy adults: BALL ST Cohort. *J Am Heart Assoc.* 2020;9:e015117. doi: 10.1161/JAHA.119.015117. PMID: 32458761.
31. Vásquez-Gómez JA, Garrido-Méndez A, Matus-Castillo C, et al. Fitness cardiorrespiratorio estimado mediante ecuación y su caracterización sociodemográfica en población chilena: Resultados de la Encuesta Nacional de Salud 2016-2017. *Rev Med Chil.* 2020;148(12):1750-58. doi: 10.4067/S0034-98872020001201750. PMID: 33844740.
32. Myers J, Kaminsky LA, Lima R, et al. A reference equation for normal standards for VO2 max: analysis from the Fitness Registry and the Importance of Exercise National Database (FRIEND Registry). *Prog Cardiovasc Dis.* 2017;60(1):21-9. doi: 10.1016/j.pcad.2017.03.002. PMID: 28377168.
33. Ahmed I. COVID-19 - does exercise prescription and maximal oxygen uptake (VO2 max) have a role in risk-stratifying patients? *Clin Med (Lond).* 2020;20(3):282-4. doi: 10.7861/clinmed.2020-0111. PMID: 32327405
34. Mihalick V, Canada J, Arena R, et al. Cardiopulmonary exercise testing during the COVID-19 pandemic. *Prog Cardiovasc Dis.* 2021;67:35-9. doi: 10.1016/j.pcad.2021.04.005. PMID: 33964290.
35. Tueller C, Kern L, Azzola A, et al. Six-minute walk test enhanced by mobile telemetric cardiopulmonary monitoring. *Respiration.* 2010;80(5):410-8. doi: 10.1159/000319834. PMID: 20699610.
36. Costa HS, Lima MM, Alencar MC, et al. Prediction of peak oxygen uptake in patients with chagas heart disease: Value of the six-minute walk Test. *Int J Cardiol.* 2017;228:385-87. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.11.259. PMID: 27866032.
37. Pang MY, Eng JJ, Dawson AS. Relationship between ambulatory capacity and cardiorespiratory fitness in chronic stroke: influence of stroke-specific impairments. *Chest.* 2005;127(2):495-501. doi: 10.1378/chest.127.2.495. PMID: 15705987.
38. Elmahgoub SS, Van de Velde A, Peersman W, et al. Reproducibility, validity and predictors of six-minute walk test in overweight and obese adolescents with intellectual disability. *Disabil Rehabil.* 2012;34(10):846-51. doi: 10.3109/09638288.2011.623757. PMID: 22149772.
39. Vanhelst J, Fardy PS, Salleron J, et al. The six-minute walk test in obese youth: reproducibility, validity, and prediction equation to assess aerobic power. *Disabil Rehabil.* 2013;35(6):479-82. doi: 10.3109/09638288.2012.699581. PMID: 22779759.
40. Zapico AG, Fuentes D, Rojo-Tirado MA, et al. Predicting peak oxygen uptake from the 6-minute walk test in patients with pulmonary hypertension. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2016;36(3):203-8. doi: 10.1097/HCR.000000000000174. PMID: 26959496.
41. Alvarado-Gamarra G, Del Aguila O, Dominguez-Rojas J, et al. Fenotipos clínicos del síndrome inflamatorio multisistémico pediátrico asociado a COVID-19 (SIM-C). *Andes Pediatr.* 2022;93(6):841-850. doi: 10.32641/andespediatr.v93i6.4084. PMID: 37906801.
42. Jarnig G, Kerbl R, van Poppel MNM. The impact of COVID-19-related mitigation measures on the health and fitness status of primary school children in Austria: a longitudinal study with data from 708 children measured before and during the ongoing COVID-19 pandemic. *Sports.* 2022;10(3):43. doi: 10.3390/sports10030043. PMID: 35324652.
43. Petermann-Rocha F, Brown RE, Diaz-Martínez X, et al. Association of leisure time and occupational physical activity with obesity and cardiovascular risk factors in Chile. *J Sports Sci.* 2019;37(22):2549-59. doi: 10.1080/02640414.2019.1647738. PMID: 31366283.