

## Escala de $VO_{2pico}$ en Adolescentes Obesos y No Obesos por Diferentes Métodos

Gerusa Eisfeld Milano, André Rodacki, Rosana Bento Radominski, Neiva Leite

Universidade Federal de Paraná, Curitiba, PR, Brasil

### Resumen

**Fundamento:** El consumo pico de oxígeno ( $VO_{2pico}$ ) puede ser definido como la mayor tasa de consumo de oxígeno durante ejercicio exhaustivo o máximo. La evaluación de aptitud aeróbica puede expresarse como relativa a la masa corporal, pero ese procedimiento puede no resolver completamente las diferencias cuando se evalúan individuos pesados. Por ello, el procedimiento con escala alométrica es una estrategia atractiva para comparar individuos con grandes diferencias en la masa corporal.

**Objetivo:** Investigar el  $VO_{2pico}$  en individuos obesos y no obesos usando el método de corrección de masa corporal (convencional) y la escala alométrica (método alométrico) y cómo esos métodos se aplican cuando individuos de ambos sexos se ejercitan en una cinta ergométrica.

**Métodos:** El  $VO_{2pico}$  relativo al peso corporal y por el método alométrico fue comparado en 54 adolescentes obesos y 33 no obesos (10-16 años). Para evaluar el  $VO_{2pico}$  durante un test máximo se utilizó calorimetría indirecta. El exponente alométrico fue calculado considerando la masa corporal individual. Así, el  $VO_{2pico}$  fue corregido mediante el exponente alométrico. Las comparaciones se realizaron utilizando two-way ANOVA para medidas repetidas ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** El  $VO_{2pico}$  absoluto fue mayor ( $p < 0,05$ ) en niñas obesas ( $2,80 \pm 0,69$ ) comparado a las no obesas ( $2,00 \pm 0,24$ ), pero esa relación desapareció en los individuos de sexo masculino ( $p > 0,05$ ). Sin embargo, el  $VO_{2pico}$  calculado por el método convencional fue mayor ( $p < 0,05$ ) en los individuos no obesos de ambos sexos (niñas:  $41,45 \pm 3,85$ ; niños:  $49,81 \pm 7,12$ ) que en los obesos (niñas:  $32,11 \pm 4,48$ ; niños:  $37,54 \pm 6,06$ ). El  $VO_{2pico}$  alométrico fue similar ( $p > 0,05$ ) entre los grupos.

**Conclusión:** Los individuos obesos presentaron  $VO_{2pico}$  más bajo que los no obesos, al ser evaluados mediante el método convencional. Sin embargo, las diferencias desaparecieron cuando se aplicó el método de la escala alométrica. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(6):584-587)

**Palabras clave:** Obesidad, niño, adolescente, ejercicio, aptitud física.

### Introducción

La prevalencia de obesidad en niños y adolescentes ha crecido en los últimos años<sup>1</sup>. La falta de ejercicios físicos<sup>2,3</sup> y el aumento en la ingesta de calorías<sup>4</sup> han sido asociados con la obesidad en la infancia. Esas modificaciones han resultado en hábitos inadecuados, reducción de gasto calórico y nivel más bajo de aptitud cardiorrespiratoria<sup>3</sup>.

Muchos investigadores han considerado el consumo pico de oxígeno ( $VO_{2pico}$ ) como uno de los mejores indicadores de aptitud cardiovascular y nivel de aptitud física<sup>5,6</sup>. Los valores del  $VO_{2pico}$  relativos al peso corporal se expresan por  $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$  y son generalmente más bajos en individuos obesos que

en no obesos<sup>7-10</sup>. Por otro lado, los valores absolutos de  $VO_{2pico}$  en individuos obesos (esto es, con superficie corporal mayor), han sido reportados como similares en algunos estudios<sup>9-10</sup> y más altos en otros<sup>4,7</sup>, cuando se comparan con los de los individuos no obesos.

La evaluación de la aptitud aeróbica se expresa típicamente como relativa a la masa corporal y viene siendo cuestionada por algunos investigadores<sup>11-13</sup>. El ajuste de los valores por el peso corporal puede no ser efectivo para eliminar las diferencias de masa corporal en individuos muy pesados<sup>9</sup>. Así, algunos autores están aplicando el método de la escala alométrica para comparar individuos con grandes variaciones de masa corporal<sup>9,14</sup>, a fin de minimizar tales influencias. El método alométrico parece ser un buen indicador para comparar individuos con diferencias en peso corporal y altura.

Así, algunos investigadores han utilizado el método alométrico para relacionar y comparar el  $VO_{2pico}$  entre

**Correspondencia:** Gerusa Eisfeld Milano •

Rua Voluntários da Pátria, 499 - Centro - 83005-020 - São José dos Pinhais, PR, Brazil

E-mail: gerusamilano@hotmail.com

Artículo recibido el 25/09/08; revisado recibido el 02/03/09; aceptado el 14/05/09

individuos de diferentes tamaños corporales, o niños y adultos<sup>13</sup> o niños y niñas<sup>14</sup>. Hasta ahora, en la literatura sólo se encontró un estudio<sup>9</sup>, en el que el VO<sub>2pico</sub> fue evaluado en individuos obesos y no obesos mediante ambos métodos (peso corporal y escala alométrica). Infelizmente, ese estudio evaluó sólo a niñas y refuerza así la necesidad de datos que evalúen la influencia del peso corporal sobre los parámetros cardiorrespiratorios, usando el método convencional (VO<sub>2pico-conv</sub>) y el alométrico (VO<sub>2pico-alo</sub>), en adolescentes obesos y no obesos. Además, aún no ha sido descrita la influencia del sexo con la utilización de esos métodos.

El objetivo de este estudio fue comparar los valores de VO<sub>2pico</sub> obtenidos en una cinta ergométrica usando el método convencional (corrección por peso corporal) y el de la escala alométrica (corrección alométrica) en adolescentes de ambos sexos, obesos y no obesos.

## Métodos

### Individuos

Ochenta y cuatro voluntarios de ambos sexos con edades de 10 a 16 años participaron del estudio. Fueron divididos en 2 grupos de acuerdo con el Índice de Masa Corporal (IMC), como lo proponen los Centers for Disease Control and Prevention (CDC)<sup>15</sup>: De esta manera, un grupo estuvo formado por individuos obesos (Grupo Obeso; n=54; 23 niños y 31 niñas) y el otro por individuos no obesos (Grupo No obeso; n=33; 16 niños y 31 niñas). Los participantes y sus padres (o tutores) firmaron el Formulario de Consentimiento Informado, autorizando a la participación de los adolescentes en el estudio. Los procedimientos del presente estudio fueron aprobados por el Comité de Ética de la Universidad Federal de Paraná.

### Procedimientos

**1) Evaluación antropométrica** – Se midió la masa corporal con ayuda de una balanza antropométrica, utilizando una resolución de 0,1 kg para masa corporal y 0,01 m para altura. El Índice de Masa Corporal (IMC) fue calculado dividiendo la masa corporal (en kg) por el cuadrado de la altura (en m). Los individuos fueron clasificados de acuerdo a su IMC, según lo propuesto por los CDC<sup>15</sup>.

**2) Evaluación clínica** – La evaluación clínica fue realizada por un profesional del área pediátrica para determinar la presencia de trastornos cardiovasculares y evaluar el nivel de maduración sexual<sup>16</sup>. Todos los individuos con alguna contraindicación para los procedimientos utilizados en los tests, así como individuos prepúberes, fueron excluidos del estudio<sup>17</sup>. También fueron excluidos los individuos que participaban en programas de actividad física regular.

**3) Aptitud aeróbica (VO<sub>2pico</sub>)** – La aptitud aeróbica (VO<sub>2pico</sub>) fue determinada en una cinta ergométrica, usando el protocolo modificado propuesto por Balke. La velocidad inicial se estableció en 3,25 mph, a una inclinación del 6%, que fue aumentada del 2% cada 3 minutos, hasta el agotamiento completo<sup>18</sup>.

El análisis de aptitud aeróbica se realizó usando un analizador de gas directo (Vista XT sistema metabólico, EUA),

que proporcionó informaciones sobre la captación de oxígeno (VO<sub>2</sub>), producción de gas carbónico (VCO<sub>2</sub>), ventilación pulmonar (VP), y cociente de intercambio respiratorio (RER = VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>). Esas variables fueron monitoreadas cada 15s. La frecuencia cardiaca fue controlada con un monitor de frecuencia cardiaca (Polar – modelo A1, São Paulo, SP, Brasil). A fin de asegurar que se alcanzara el VO<sub>2</sub> máximo, se observaron al menos dos de los siguientes criterios: a) agotamiento o incapacidad de mantener la velocidad requerida; b) RER > 1,0; c) frecuencia cardiaca (FC) máxima > 190 bpm. No se permitió a los participantes aferrarse al soporte frontal de la cinta durante el test.

Para calcular el coeficiente de la escala alométrica, tras la determinación del VO<sub>2</sub> y la masa corporal, se utilizaron los procedimientos propuestos por Welsman et al.<sup>19</sup>. Los promedios de los datos de cada grupo y sexo se transformaron por logaritmos; se utilizaron VO<sub>2</sub> (litros por minuto), masa corporal (kg), y estatura (me). Para calcular el VO<sub>2</sub> con exponentes alométricos, se utilizó la siguiente ecuación: Log Y = Log a + b Log X<sup>19</sup>, siendo “Y” el valor del promedio de VO<sub>2pico</sub> relativo a la masa corporal (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), “a” el valor promedio de VO<sub>2pico</sub> en términos absolutos (l.min<sup>-1</sup>), “X” la masa corporal promedio (kg), y “b” el exponente alométrico.

### Análisis estadístico

Se calculó la estadística descriptiva estándar (promedio ± DE). Se aplicó El test de Kolmogorov-Smirnov y se confirmó la normalidad de los datos. Para determinar la influencia de sexo (masculino y femenino), grupos (obeso y no obeso) y métodos (convencional y alométrico) en la determinación de VO<sub>2pico</sub>, se utilizó un Análisis de Variancia (ANOVA) factorial. El análisis estadístico se realizó con el software Statística 6.0 y el nivel de significancia fue establecido como p<0,05.

## Resultados

La Tabla 1 muestra las características físicas de los 54 participantes obesos (23 niños y 31 niñas) y de los 33 no obesos (16 niños y 17 niñas). La edad era similar entre los grupos (p>0,05; obesos vs. no obesos) y sexos (p>0,05; niños y niñas). Todos los participantes eran púberes. La masa corporal promedio en el grupo de obesos era mayor que en el grupo de no obesos (p<0,001) independientemente del sexo, como consecuencia de los criterios aplicados para armar los grupos experimentales en el presente estudio. La altura promedio y gasto energético diario promedio no difirieron (p>0,05) entre los sexos y los grupos (Tabla 1).

Los parámetros obtenidos durante el test cardiorrespiratorio máximo en la cinta ergométrica mostraron que la FC<sub>max</sub> y la RER no difirieron entre los géneros (p>0,05) y grupos (p>0,05). La duración promedio del test fue mayor en el grupo de no obesos (p < 0,05) que en el de obesos.

El VO<sub>2pico-abs</sub> fue mayor (p<0,05) entre las niñas obesas que entre las no obesas, pero no se observó diferencia entre los niños de los dos grupos (p>0,05). Cuando se consideraron los sexos, no se observó ninguna diferencia significativa en el VO<sub>2pico-abs</sub> (Tabla 2).

## Artículo Original

El método de la escala alométrica produjo un índice similar en los niños (0,57) y niñas obesos (0,59). El grupo de no obesos mostró coeficientes de 0,78 y 0,73 para niñas y niños, respectivamente.

Finalmente, el VO<sub>2pico-conv</sub> fue un 22,5% más bajo en el grupo de niñas obesas, en comparación con el de las no obesas. El VO<sub>2pico-conv</sub> de los niños obesos fue un 25,1% más bajo que su contraparte no obesa. El VO<sub>2pico-alo</sub> fue mayor en los niños que en las niñas (p<0,05).

### Discusión

En el presente estudio, el VO<sub>2pico-abs</sub> fue más alto en las niñas obesas que en las no obesas (p<0,05), aunque no existió diferencia entre los niños (p>0,05). Las niñas obesas mostraron un VO<sub>2pico-abs</sub> el 27% mayor que las no obesas. Los individuos obesos estaban sujetos a mayores demandas metabólicas durante el test, debido a su mayor masa corporal, lo que resultaba en un valor mayor de VO<sub>2pico</sub> absoluto. Otros estudios relataron que el VO<sub>2pico-abs</sub> está directamente relacionado con el tamaño corporal. De hecho, varios estudios refirieron en adolescentes obesos valores mayores de VO<sub>2pico-abs</sub> que en aquellos no obesos<sup>6-7,20</sup>, mientras que otros encontraron valores comparables en ambos grupos<sup>9,10</sup>. Ekelund et al.<sup>7</sup>, argumentó que el VO<sub>2pico-abs</sub> encontrado en individuos obesos denota una capacidad funcional preservada. En efecto, la ecuación de Fick, que relaciona el oxígeno

circulante capturado por los tejidos, mostró una cantidad adecuada de oxígeno disponible para los músculos. El VO<sub>2pico</sub> era más bajo en los individuos obesos, independientemente del sexo (p<0,05). Cuando el VO<sub>2pico</sub> se expresaba relacionado a la masa corporal, los individuos obesos presentaban valores menores que los no obesos<sup>6-10,21</sup>.

La evaluación cardiorrespiratoria convencional está influenciada por el tamaño corporal<sup>14</sup>. A fin de minimizar la influencia de la masa corporal sobre el VO<sub>2pico</sub>, algunos autores vienen sugiriendo el uso de la escala alométrica<sup>9,12,22</sup>. La normalización de los datos usando la escala alométrica es un método eficiente cuando existen grandes diferencias de masa corporal. Se está sugiriendo que este método puede producir un valor de VO<sub>2pico</sub> más real. El exponente de la escala alométrica disminuye el consumo de oxígeno al corregir la masa corporal del individuo (vale decir, como si el individuo fuera más delgado). Sorprendentemente, el estudio de Loftin et al.<sup>9</sup> fue el único que comparó niñas obesas y no obesas<sup>9</sup>. Los autores refirieron un coeficiente de escala alométrica de 0,48 y 0,92 para los grupos de obesos y no obesos, respectivamente. La escala alométrica aplicada por Loftin et al.<sup>9</sup> produjo un mayor impacto en el grupo de obesos que la que fue aplicada en el presente estudio. De esta forma, no es posible comparar nuestros resultados con aquellos presentados por Loftin et al.<sup>9</sup>. Probablemente los individuos obesos estudiados por Loftin et al.<sup>9</sup> eran más pesados que los estudiados por nosotros.

**Tabla 1 – Promedio y desvío estándar (DE) de las características generales de los grupos obeso y no obeso, sexo masculino y femenino.**

Variables	Sexo masculino				p	Sexo femenino				p
	No obeso (n = 16)		Obeso (n = 23)			No obeso (n = 17)		Obeso (n = 31)		
	Promedio	DE	Promedio	DE		Promedio	DE	Promedio	DE	
Edad (años)	14,19	1,12	13,25	1,40	p > 0,05	14,43	1,57	13,87	1,43	p > 0,05
MC (kg)	51,93	11,17	79,66	14,85	p<0,001	48,39	5,17	84,85	12,15	p < 0,001
Altura (cm)	163,27	11,91	164,44	9,51	p > 0,05	158,56	6,20	161,96	5,58	p > 0,05
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	19,26	2,02	29,24	3,36	p<0,001	19,22	1,57	32,11	3,87	p < 0,001

**Tabla 2 – Promedio y desviación estándar (DE) del VO<sub>2pico</sub> en adolescentes de sexo masculino y femenino obesos y no obesos**

Variables	Sexo masculino						p	Sexo femenino						p
	No obeso (n = 16)			Obeso (n = 23)				No obeso (n = 17)			Obeso (n = 31)			
	Promedio	DE	IC	Promedio	DE	IC		Promedio	DE	IC	Promedio	DE	IC	
VO <sub>2max-abs</sub>	2.61	0.72	2,22 - 2,99	2.84	0,96	2,38- 3,17	p > 0.05	2.00	0,24	1,87- 2,12	2,80	0,69	2,54- 3,05	p < 0.001
VO <sub>2max-conv</sub>	49.81	7.12	46,01- 53,61	37.54	6,06	34,82- 39,79	p<0.001	41.45	3,85	39,46- 43,43	32,11	4,48	30,46- 33,75	p < 0.001
VO <sub>2max-alo</sub>	68.24	9.76	60,13- 70,22	60.56	15,62	54,13- 66,75	p > 0.05	56,78	5,27	54,07- 59,49	58,21	13,2	53,36- 63,05	p > 0,05

La escala alométrica fue similar cuando se comparó el sexo en el grupo no obeso, lo que indica que el sexo tiene un efecto menor (~ 1,6%).

Las diferencias en el factor de la escala alométrica entre los grupos (obeso y no obeso) indicaron que el grupo de obesos presentaba un consumo de oxígeno aproximadamente el 30% mayor que el grupo de no obesos. El uso del factor de la escala alométrica para calcular el VO<sub>2pico</sub> produjo un consumo pico de oxígeno similar entre los grupos. No es posible determinar si el factor de la escala alométrica subestimó o sobreestimó el VO<sub>2pico</sub>. La fase de maduración y la comparación de los individuos con gran masa corporal (vale decir, obesos vs. no obesos) refuerza los argumentos en favor de la corrección mediante la escala alométrica. Aun cuando es difícil lograr

un VO<sub>2pico</sub> preciso las discrepancias fueron mucho menores cuando se aplicó la corrección alométrica, en comparación con el método convencional. Los resultados del presente estudio concuerdan con otros<sup>9,13,20,23</sup> que propusieron el factor de la escala alométrica como una estrategia atrayente para corregir el VO<sub>2pico</sub> cuando existen grandes diferencias de masa corporal.

En resumen, los valores de VO<sub>2pico</sub> obtenidos por el método convencional fueron más bajos entre los participantes obesos que entre los no obesos, pero cuando el VO<sub>2pico</sub> se expresó mediante el método alométrico, las diferencias entre los grupos desaparecieron. De esta forma, el uso de la escala alométrica parece ser un método más apropiado para comparar el VO<sub>2pico</sub> en adolescentes obesos y no obesos de ambos sexos.

## Referencias

1. Janssen I, Katzmarzyk P, Boyce C, Vereecken C, Mulvihill C, Roberts C, et al. Comparison of overweight and obesity prevalence in school-age youth from 34 countries and their relationships with physical activity and dietary patterns. *Obes Rev.* 2005; 6: 123-32.
2. Deforche B, Lefevre J, Bourdeaudhuij ID, Hills AP, Duquet W, Bouckaert J. Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obes Res.* 2003; 11: 434-41.
3. Török K, Szelényi Z, Pörzész I, Molnár D. Low physical performance in obese adolescent boys with metabolic syndrome. *Int J Obes.* 2001; 25: 966-70.
4. Norman AC, Drinkard B, McDuffie JR, Ghorbani S, Yanoff LB, Yanovski JA. Influence of excess adiposity on exercise fitness and performance in overweight children and adolescents. *Pediatrics.* 2005; 115: 690-6.
5. Basset DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32: 70-84.
6. Maffei S, Schena F, Zaffanello M, Zocante L, Schultz Y, Pinelli L. Maximal aerobic power during running and cycling in obese and non-obese children. *Acta Paediatr.* 1994; 83: 223-6.
7. Ekelund U, Franks P, Wareham N, Åman J. Oxygen uptakes adjusted for body composition in normal-weight and obese adolescents. *Obes Res.* 2004; 12: 513-20.
8. Goran M, Fields DA, Hunter GR, Herd SL, Weinsier RL. Total body fat does not influence maximal aerobic capacity. *Int J Obes.* 2000; 24: 841-8.
9. Loftin M, Sotheen M, Trodclair L, O'Hanlon A, Miller J, Udall J, Scalin VO2 peak in obese and non-obese girl. *Obes Rev.* 2001; 9: 290-6.
10. Zanonato S, Baraldi E, Santuz P, Rigon F, Vido L, Dalt LD, et al. Gas exchange during exercise in obese children. *Eur J Pediatr.* 1989; 1148: 614-7.
11. Armstrong N, Welsman JR, Nevill AM, Kirby BJ. Modeling growth and maturation changes in peak oxygen uptake in 11-13 yr olds. *J Appl Physiol.* 1999; 87: 2230-6.
12. Jesen K, Johansen L, Secher, NH. Influence of body mass on maximal oxygen uptake: effect of simple size. *J Appl Physiol.* 2001; 84: 201-5.
13. Rogers DM, Olson BL, Wilmore JH. Scaling for the VO<sub>2</sub>-to-body size relationship among children and adults. *J Appl Physiol.* 1995; 79: 958-67.
14. Dencker M, Thorsson O, Karlsson MK, Lindén C, Eigberg S, Wollmer P, et al. Gender differences and determinants of aerobic fitness in children aged 8-11 years. *J Appl Physiol.* 2007; 99: 19-26.
15. Kuczmarski RJ, Ogden CL, Guo SS, Grummer-Strawn LM, Flegal KM, Wei R, et al. CDC growth charts: United States. Advance data from vital and health statistics. Hyattsville (MD): Maryland: National Center for Health Statistics; 2000.
16. Tanner JM. Normal growth and techniques of growth assessment. *Clin Endocrinol Metab.* 1986; 15: 411-51.
17. Bouchard C, Tremblay A, Leblanc C, Lortie G, Savard R, Theriault G. A method to assess energy expenditure in children and adults. *Am J Clin Nutr.* 1983; 37: 461-7.
18. Rowland TW. Exercise and children's health. Champaign: Human Kinetics Books; 1990.
19. Welsman JR, Armstrong N. Statistical techniques for interpreting body size-related exercise performance during growth. *Pediatr Exerc Sci.* 2000; 12: 112-27.
20. Pettersen SA, Fredriksen PM, Ingjer S. The correlation between peak oxygen uptake (VO<sub>2</sub>peak) and running performance in children and adolescents: aspects of different units. *Scand J Med Sci Sports.* 2001; 11: 223-8.
21. Marinov B, Kostianev S, Turnoska T. Ventilatory efficiency and rate of perceived exertion in obese and non-obese performing standardized exercise. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2002; 22: 254-60.
22. Nevill AM. The need to scale for differences in body size and mass: an explanation of Kleiber's 0.75 mass exponent. *J Appl Physiol.* 1994; 77: 2870-3.
23. Batterham AM, Vanderburgh PM, Mahar MT, Jackson AS. Modeling the influence of body size on VO<sub>2</sub> peak: effects of model choice and body composition. *J Appl Physiol.* 1999; 87: 1317-25.