

## Escala de $VO_{2\text{pico}}$ em Adolescentes Obesos e Não-Obesos por Diferentes Métodos

Scale of  $VO_{2\text{peak}}$  in Obese and Non-obese adolescents by different Methods

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

Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil

### Resumo

**Fundamento:** O consumo de oxigênio de pico ( $VO_{2\text{pico}}$ ) pode ser definido como a maior taxa de consumo de oxigênio durante exercício exaustivo ou máximo. A avaliação da aptidão aeróbica pode ser expressa como relativa à massa corporal, mas esse procedimento pode não remover completamente as diferenças quando indivíduos pesados são avaliados. Assim, o procedimento com escala alométrica é uma estratégia atraente para comparar indivíduos com grandes diferenças em massa corporal.

**Objetivo:** Investigar o  $VO_{2\text{pico}}$  em indivíduos obesos e não-obesos usando o método de correção de massa corporal (convencional) e escala alométrica (método alométrico) e, como esses métodos são aplicados quando indivíduos de ambos os sexos se exercitam em uma esteira ergométrica.

**Métodos:** O  $VO_{2\text{pico}}$  relativo ao peso corporal e pelo método alométrico foi comparado em 54 adolescentes obesos e 33 não-obesos (10 a 16 anos). Calorimetria indireta foi usada para avaliar o  $VO_{2\text{pico}}$  durante um teste máximo. O expoente alométrico foi calculado levando-se em consideração a massa corporal individual. Então o  $VO_{2\text{pico}}$  foi corrigido pelo expoente alométrico. As comparações foram realizadas usando-se two-way ANOVA para medidas repetidas ( $p < 0,05$ ).

**Resultados:** O  $VO_{2\text{pico}}$  absoluto foi maior ( $p < 0,05$ ) em meninas obesas ( $2,80 \pm 0,69$ ) quando comparadas às não-obesas ( $2,00 \pm 0,24$ ), mas essa relação desapareceu nos indivíduos do sexo masculino ( $p > 0,05$ ). Entretanto, o  $VO_{2\text{pico}}$  calculado pelo método convencional foi maior ( $p < 0,05$ ) entre indivíduos não-obesos para ambos os sexos (meninas:  $41,45 \pm 3,85$ ; meninos:  $49,81 \pm 7,12$ ) em comparação com os obesos (meninas:  $32,11 \pm 4,48$ ; meninos:  $37,54 \pm 6,06$ ). O  $VO_{2\text{pico}}$  alométrico foi similar ( $p > 0,05$ ) entre os grupos.

**Conclusão:** Indivíduos obesos apresentaram  $VO_{2\text{pico}}$  mais baixo do que os não-obesos, quando avaliados pelo método convencional. Entretanto, quando o método da escala alométrica foi aplicado, as diferenças desapareceram. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(6):598-602)

**Palavras chave:** Obesidade, Criança, Adolescente, Exercício, Aptidão Física.

### Summary

**Background:** Peak oxygen uptake ( $VO_{2\text{peak}}$ ) can be defined as the highest oxygen rate consumed during exhaustive or maximal exercise. The evaluation of the aerobic fitness can be expressed as relative to body mass, but this procedure may not fully remove differences when heavy subjects are assessed. Thus, the allometric scaling procedure is an attractive strategy to compare individuals with large differences in body mass.

**Objective:** Investigate  $VO_{2\text{peak}}$  in obese and non-obese individuals using body mass correction (conventional) and allometric scaling (allometric) methods and how these methods apply when subjects of different genders exercise on a treadmill.

**Methods:**  $VO_{2\text{peak}}$  relative to body weight and measured by the allometric method were compared in 54 obese and 33 non-obese adolescents (10 to 16 years). Indirect calorimetry was used to assess  $VO_{2\text{peak}}$  during a maximal test. The allometric exponent was calculated taking into account individual body mass. Then,  $VO_{2\text{peak}}$  was corrected by the allometric exponent. The comparisons were performed using a repeated measures two-way ANOVA ( $p < 0.05$ ).

**Results:** The absolute  $VO_{2\text{peak}}$  was higher ( $p < 0.05$ ) in the obese girls ( $2.80 \pm 0.69$ ) compared to non-obese ones ( $2.00 \pm 0.24$ ), but this association was not observed for the male subjects ( $p > 0.05$ ). However,  $VO_{2\text{peak}}$  calculated by the conventional method was higher ( $p < 0.05$ ) among non-obese individuals in both genders (girls:  $41.45 \pm 3.85$ ; boys:  $49.81 \pm 7.12$ ) in comparison to the obese subjects (girls:  $32.11 \pm 4.48$ ; boys:  $37.54 \pm 6.06$ ). The allometric  $VO_{2\text{peak}}$  was similar ( $p > 0.05$ ) between the groups.

**Conclusion:** The obese showed lower  $VO_{2\text{peak}}$  values than non-obese individuals when assessed by the conventional method. However, when the allometric scaling method was applied, differences disappeared. (Arq Bras Cardiol 2009; 93(6):554-557)

**Key Words:** Obesity; Child; Adolescent; Exercise; Physical Fitness.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Gerusa Eisfeld Milano •

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

E-mail: gerusamilano@hotmail.com

Artigo recebido em 25/09/08; revisado recebido em 02/03/09; aceito em 14/05/09

## Introdução

A prevalência de obesidade em crianças e adolescentes tem aumentado nos últimos anos<sup>1</sup>. A falta de exercícios físicos<sup>2,3</sup> e o aumento na ingestão de calorias<sup>4</sup> têm sido associados com a obesidade na infância. Essas modificações têm resultado em hábitos inadequados, redução de gasto calórico e nível mais baixo de aptidão cardiorrespiratória<sup>3</sup>.

Muitos pesquisadores têm considerado o consumo de oxigênio de pico (VO<sub>2pico</sub>) como um dos melhores indicadores de aptidão cardiovascular e nível de aptidão física<sup>5,6</sup>. Os valores do VO<sub>2pico</sub> relativos ao peso corporal são expressos por ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup> e são geralmente mais baixos em indivíduos obesos do que nos não-obesos<sup>7-10</sup>. Por outro lado, os valores absolutos de VO<sub>2pico</sub> em indivíduos obesos (isto é, com superfície corporal maior), tem sido reportados como sendo similares em alguns estudos<sup>9-10</sup> e mais altos em outros estudos<sup>4,7</sup>, quando comparados àqueles dos indivíduos não-obesos.

A avaliação da aptidão aeróbica é tipicamente expressa como sendo relativa à massa corporal e tem sido questionada por alguns pesquisadores<sup>11-13</sup>. O ajuste dos valores pelo peso corporal pode não ser efetivo para remover as diferenças de massa corporal em indivíduos muito pesados<sup>9</sup>. Assim, alguns autores têm aplicado o método da escala alométrica para comparar indivíduos com grandes variações de massa corporal<sup>9,14</sup>, a fim de minimizar tais influências. O método alométrico parece ser um bom indicador para comparar indivíduos com diferenças em peso corporal e altura.

Assim, alguns pesquisadores têm utilizado o método alométrico para relacionar e comparar o VO<sub>2pico</sub> entre indivíduos de diferentes tamanhos corporais, ou crianças e adultos<sup>13</sup>, meninos e meninas<sup>14</sup>. Até agora, apenas um estudo foi encontrado na literatura<sup>9</sup>, no qual o VO<sub>2pico</sub> foi avaliado em indivíduos obesos e não-obesos através de ambos os métodos (peso corporal e escala alométrica). Infelizmente, esse estudo avaliou apenas meninas e reforça a necessidade de dados que avaliem a influência do peso corporal sobre os parâmetros cardiorrespiratórios, usando o método convencional (VO<sub>2pico-conv</sub>) e o alométrico (VO<sub>2pico-alo</sub>), em adolescentes obesos e não-obesos. Além disso, o efeito do sexo ao usar esses métodos ainda não foi descrito.

O objetivo desse estudo foi comparar os valores de VO<sub>2pico</sub> obtidos em uma esteira ergométrica usando o método convencional (correção por peso corporal) e pela escala alométrica (correção alométrica) em adolescentes de ambos os sexos obesos e não-obesos.

## Métodos

### Indivíduos

Oitenta e quatro voluntários de ambos os sexos com idade de 10 a 16 anos participaram do estudo. Eles foram divididos em 2 grupos de acordo com o Índice de Massa Corporal (IMC), como proposto pelo *Center for Disease Control and Prevention* (CDC)<sup>15</sup>: Assim, um grupo foi formado por indivíduos obesos (Grupo Obeso; n=54; 23 meninos e 31 meninas) e o outro por indivíduos não-obesos (Grupo Não-obeso; n=33; 16 meninos e 31 meninas).

Os participantes e os pais (ou tutores) assinaram o Termo de Consentimento Livre e Informado, autorizando a participação dos adolescentes no estudo. Os procedimentos do presente estudo foram aprovados pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Paraná.

### Procedimentos

**1) Avaliação antropométrica** – A massa corporal foi medida com a ajuda de uma balança antropométrica usando uma resolução de 0,1 kg para massa corporal e 0,01 m para altura. O Índice de Massa Corporal (IMC) foi calculado pela divisão da massa corporal (em kg) pelo quadrado da altura (em m). Os indivíduos foram classificados de acordo com seu IMC como proposto pelo CDC<sup>15</sup>.

**2) Avaliação clínica** – A avaliação clínica foi realizada por um profissional da área pediátrica para determinar a presença de distúrbios cardiovasculares e avaliar o nível de maturação sexual<sup>16</sup>. Todos os indivíduos com contra-indicação aos procedimentos usados nos testes foram excluídos do estudo, bem como indivíduos pré-púberes<sup>17</sup>. Indivíduos que participavam de programas de atividade física regular também foram excluídos.

**3) Aptidão aeróbica (VO<sub>2pico</sub>)** – A aptidão aeróbica (VO<sub>2pico</sub>) foi determinada em uma esteira ergométrica, usando o protocolo modificado proposto por Balke. A velocidade inicial foi estabelecida em 3,25 mph, a uma inclinação de 6%, que foi aumentada de 2% a cada 3 min até a completa exaustão<sup>18</sup>.

A análise de aptidão aeróbica foi realizada usando-se um analisador de gás direto (Vista XT sistema metabólico, EUA), que forneceu informações sobre a captação de oxigênio (VO<sub>2</sub>), produção de gás carbônico (VCO<sub>2</sub>), ventilação pulmonar (VP), e razão de troca respiratória (RER = VCO<sub>2</sub>/VO<sub>2</sub>). Essas variáveis foram monitoradas a cada 15 s. A frequência cardíaca foi monitorada através de um monitor de frequência cardíaca (Polar – modelo A1, São Paulo, SP, Brasil). A fim de assegurar que o VO<sub>2</sub> máximo fosse atingido, pelo menos dois dos seguintes critérios foram observados: a) exaustão ou incapacidade de manter a velocidade requerida; b) RER > 1,0; c) frequência cardíaca (FC) máxima > 190 bpm. Não foi permitido aos participantes se segurarem no suporte frontal da esteira durante o teste.

Os procedimentos propostos por Welsman e cols.<sup>19</sup> foram usados para calcular o coeficiente da escala alométrica, após a determinação do VO<sub>2</sub> e massa corporal. As médias dos dados de cada grupo e sexo foram logaritmicamente transformadas; VO<sub>2</sub> (litros por minuto), massa corporal (kg), e estatura (m) foram usados. A seguinte equação foi usada para calcular o VO<sub>2</sub> com expoentes alométricos: Log Y = Log a + b Log X<sup>19</sup>, com "Y" sendo o valor da média de VO<sub>2pico</sub> relativa à massa corporal (ml.kg<sup>-1</sup>.min<sup>-1</sup>), "a" o valor médio de VO<sub>2pico</sub> em termos absolutos (l.min<sup>-1</sup>), "X" a massa corporal média (kg), e "b" o expoente alométrico.

### Análise Estatística

Estatística descritiva padrão (média ± DP) foi calculada. O teste de Kolmogorov-Smirnov foi aplicado e confirmou a normalidade dos dados. Uma Análise de Variância (ANOVA) fatorial foi usada para determinar a influência do sexo

(masculino e feminino), grupos (obeso e não-obeso) e métodos (convencional e alométrico) na determinação de VO<sub>2pico</sub>. A análise estatística foi realizada com o software Statistica 6.0 e o nível de significância foi estabelecido como p<0,05.

## Resultados

A Tabela 1 mostra as características físicas dos 54 participantes obesos (23 meninos e 31 meninas) e dos 33 não-obesos (16 meninos e 17 meninas). A idade era similar entre os grupos (p>0,05; obesos vs. não-obesos) e sexos (p>0,05; meninos e meninas). Todos os participantes eram púberes. A massa corporal média era maior no grupo obeso do que no grupo não-obeso (p<0,001) independente do sexo, como consequência dos critérios aplicados para compor os grupos experimentais no presente estudo. A altura média e o gasto energético diário médio não diferiram (p>0,05) entre os sexos e os grupos (Tabela 1).

Os parâmetros obtidos durante o teste cardiorrespiratório máximo na esteira ergométrica mostraram que a FC<sub>max</sub> e a RER não diferiram entre os gêneros (p>0,05) e grupos (p>0,05). A duração média do teste foi maior no grupo não-obeso (p<0,05) do que no obeso.

O VO<sub>2pico-abs</sub> foi maior (p<0,05) entre as meninas obesas do que nas não-obesas, mas nenhuma diferença foi observada entre os meninos dos dois grupos (p>0,05). Nenhuma diferença significativa em VO<sub>2pico-abs</sub> foi observada quando o sexos foram considerados (Tabela 2).

O método da escala alométrica produziu um índice similar para meninos (0,57) e meninas obesos (0,59). O grupo não-obeso mostrou coeficientes de 0,78 e 0,73 para meninas e meninos, respectivamente.

Finalmente, o VO<sub>2pico-conv</sub> foi 22,5% mais baixo no grupo de meninas obesas em comparação com as não-obesas. O VO<sub>2pico-conv</sub> dos meninos obesos foi 25,1% mais baixo do que sua contraparte não-obesa. O VO<sub>2pico-alo</sub> foi maior nos meninos do que nas meninas (p<0,05).

## Discussão

No presente estudo, o VO<sub>2pico-abs</sub> foi mais alto nas meninas obesas do que nas não-obesas (p<0,05), embora não houvesse diferença entre os meninos (p>0,05). Meninas obesas mostraram um VO<sub>2pico-abs</sub> 27% maior do que as não-obesas. Os indivíduos obesos estavam sujeitos à maiores demandas metabólicas devido à sua maior massa corporal durante o teste que resultava em um valor de VO<sub>2pico-abs</sub> absoluto maior. Outros estudos relataram que o VO<sub>2pico-abs</sub> está diretamente relacionado com o tamanho corporal. De fato, vários estudos relataram valores maiores de VO<sub>2pico-abs</sub> em adolescentes obesos do que naqueles não-obesos<sup>6-7,20</sup>, enquanto outros encontraram valores comparáveis em ambos os grupos<sup>9,10</sup>. Ekelund e cols.<sup>7</sup>, argumentou que o VO<sub>2pico-abs</sub> encontrado em indivíduos obesos denota uma capacidade funcional preservada. De fato, a equação de Fick, que relaciona o oxigênio circulante capturado

Tabela 1 – Média e desvio-padrão (DP) das características gerais dos grupos obeso e não-obeso, sexo masculino e feminino.

Variáveis	Sexo masculino				p	Sexo feminino				p
	Não-obeso (n = 16)		Obeso (n = 23)			Não-obeso (n = 17)		Obeso (n = 31)		
	Média	DP	Média	DP		Média	DP	Média	DP	
Idade (anos)	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

Tabela 2 – Média e desvio-padrão (DP) do VO<sub>2pico</sub> em adolescentes do sexo masculino e feminino obesos e não-obesos

Variáveis	Sexo masculino						p	Sexo feminino						p
	Não-obeso (n = 16)			Obeso (n = 23)				Não-obeso (n = 17)			Obeso (n = 31)			
	Média	DP	IC	Média	DP	IC		Média	DP	IC	Média	DP	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

pelos tecidos, mostrou uma quantia adequada de oxigênio disponível para os músculos. O VO<sub>2pico</sub> era mais baixo nos indivíduos obesos independente do sexo ( $p < 0,05$ ). Quando o VO<sub>2pico</sub> era expresso relativo à massa corporal, os indivíduos obesos apresentavam valores menores do que os não-obesos<sup>6-10,21</sup>.

A avaliação cardiorrespiratória convencional é influenciada pelo tamanho corporal<sup>14</sup>. A fim de minimizar a influência da massa corporal sobre o VO<sub>2pico</sub>, autores têm sugerido o uso da escala alométrica<sup>9,12,22</sup>. A normalização dos dados usando a escala alométrica é um método eficiente quando grandes diferenças de massa corporal estão presentes. Tem sido sugerido que ela pode produzir um valor de VO<sub>2pico</sub> mais realista. O expoente da escala alométrica diminui o consumo de oxigênio ao corrigir a massa corporal do indivíduo (isto é, como se o indivíduo fosse mais magro). Surpreendentemente, o estudo de Loftin e cols.<sup>9</sup> foi o único a comparar meninas obesas e não-obesas<sup>9</sup>. Os autores relataram um coeficiente de escala alométrica de 0,48 e 0,92 para os grupos obeso e não-obeso, respectivamente. A escala alométrica aplicada por Loftin e cols.<sup>9</sup> produziu um maior impacto no grupo obeso do que aquele que foi aplicado no presente estudo. Dessa forma, não é possível comparar nossos resultados com aqueles apresentados por Loftin e cols.<sup>9</sup>. Provavelmente os indivíduos obesos estudados por Loftin e cols.<sup>9</sup> eram mais pesados do que os estudados por nós.

A escala alométrica foi similar quando o sexo foi comparado no grupo não-obeso, indicando que o sexo tem um efeito pequeno (~ 1,6%).

As diferenças no fator da escala alométrica entre os grupos (obeso e não-obeso) indicaram que o grupo obeso apresentava um consumo de oxigênio aproximadamente 30% maior do

que o grupo não-obeso. O uso do fator da escala alométrica para calcular o VO<sub>2pico</sub> produziu consumo de oxigênio de pico similar entre os grupos. Não é possível determinar se o fator da escala alométrica subestimou ou superestimou o VO<sub>2pico</sub>. A fase de maturação e a comparação dos indivíduos com grande massa corporal (isto é, obesos vs. não-obesos) reforça os argumentos em favor da correção pela escala alométrica. Embora seja difícil apontar um VO<sub>2pico</sub> preciso, as discrepâncias foram muito menores quando a correção alométrica foi aplicada, em comparação com o método convencional. Os resultados do presente estudo estão de acordo com outros<sup>9,13,20,23</sup> que propuseram o fator da escala alométrica como uma estratégia atraente para corrigir o VO<sub>2pico</sub> quando grandes diferenças de massa corporal estão presentes.

Em resumo, os valores de VO<sub>2pico</sub> obtidos pelo método convencional foram mais baixos entre os participantes obesos do que nos não-obesos, mas quando o VO<sub>2pico</sub> foi expresso pelo método alométrico, as diferenças entre os grupos desapareceram. Dessa forma, o uso da escala alométrica parece ser um método mais apropriado para comparar o VO<sub>2pico</sub> em adolescentes obesos e não-obesos de ambos os sexos.

#### Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

#### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

#### Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de mestrado de Gerusa Eisfeld Milano pela Universidade Federal do Paraná.

## Referências

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, Szelenyi Z, Pörzäsz 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, Chorbani 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 C, 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, Troclair L, O'Hanlon A, Miller J, Udall J. Scaling 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 VO2-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.

## Artigo Original

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.