



Avaliação da composição corporal em adolescentes obesos: o uso de dois diferentes métodos

Marco Túlio de Mello^{1,2}, Ana R. Dâmaso³, Hanna Karen M. Antunes^{1,2}, Káli O. Siqueira¹, Marise Lazaretti Castro⁶, Sheila V. Bertolino¹, Sérgio G. Stella^{1,5} e Sérgio Tufik²

RESUMO

A pletismografia é um método rápido e fácil para determinação da composição corporal que utiliza a relação inversa entre pressão e volume. O objetivo do presente estudo foi o de comparar os valores obtidos com o método pletismografia com os valores observados com o DEXA em uma população de adolescentes obesos. Participaram da amostra 88 adolescentes pós-púberes de ambos os sexos, com idades entre 15 e 19 anos ($17,01 \pm 1,6$) ingressantes de um programa de atividade física multidisciplinar. Os voluntários foram submetidos a uma avaliação da composição corporal em dias distintos dentro da mesma semana, pelo método de pletismografia e outra avaliação pelo método DEXA. Quando os métodos foram comparados, não se observaram diferenças significativas entre eles; além disso, foram observadas correlações significativas entre os parâmetros comuns dos dois métodos (massa magra, massa gorda (kg) e massa gorda (%), $r = 0,88$ $p < 0,05$; $r = 0,92$ $p < 0,05$; $r = 0,75$ $p < 0,05$, respectivamente). Nossos dados sugerem que, para esta população específica, a pletismografia pode ser utilizada como um método de avaliação da composição corporal.

ABSTRACT

Body composition evaluation in obese adolescents: the use of two different methods

Plethysmography is an easy and quickly method for the determination of the body composition that uses the inverse relation between pressure and volume. The objective of the present study was to compare the values obtained by plethysmography and DEXA in an obese adolescents population. The sample was composed of 88 adolescents of both genders, aged between 15 and 19 years (17.01 ± 1.6 years) engaged in a multidisciplinary physical activity program. The volunteers were submitted to a body composition evaluation in distinct days in the same week, through plethysmog-

Palavras-chave: Pletismografia. DEXA. Adolescentes. Obesidade.

Keywords: Plethysmography. DEXA. Adolescents. Obesity.

Palabras-clave: Pletismografía. DEXA. Adolescentes. Obesidad.

raphy and DEXA. When the different methods were compared, no significant correlation between parameters common to both methods (fat free mass, fat mass (kg) and fat mass (%), $r = 0.88$ $p < 0.05$; $r = 0.92$ $p < 0.05$; $r = 0.75$ $p < 0.05$, respectively) was observed. Our data suggest that for this specific population, plethysmography may be used as an important method of body composition evaluation.

RESUMEN

Evaluación de la composición corporal en adolescentes obesos: el uso de dos métodos diferentes

La pletismografía es un método rápido y fácil para la determinación de la composición corporal que utiliza la relación inversa entre la presión y el volumen. El objetivo del presente estudio fue el de comparar los valores obtenidos con el método pletismografía con los valores observados con el DEXA en una población de adolescentes obesos. Participaron de la muestra 80 adolescentes post púberes de ambos sexos, con edades entre los 15 y los 19 años ($17,01 \pm 1,6$) iniciantes en un programa de actividad física multidisciplinar. Los voluntarios fueron sometidos a una evaluación de la composición corporal en días distintos dentro de la misma semana, por el método de pletismografía y otra evaluación por el método DEXA. Cuando se compararon los métodos, no fueron observadas diferencias significativas entre ellos, además de ello, fueron observadas correlaciones entre los parámetros comunes a los dos métodos (masa magra, masa grasa (kg) y masa gorda (%), $r = 0,88$ $p < 0,05$; $r = 0,92$ $p < 0,05$; $r = 0,75$ $p < 0,05$, respectivamente). Nuestros datos sugieren que para esta población específica, la pletismografía puede ser utilizada como un método de evaluación de la composición corporal.

1. Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício – CEPE, Departamento de Psicobiologia, Universidade Federal de São Paulo, Unifesp-EPM.

2. Departamento de Psicobiologia, Universidade Federal de São Paulo, Unifesp-EPM.

3. Departamento de Educação Física e Motricidade Humana, Universidade Federal de São Carlos, UFSCar.

4. Escola de Educação Física, Universidade São Paulo, USP.

5. Programa de Pós-Graduação em Nutrição, Universidade Federal de São Paulo, Unifesp-EPM.

6. Departamento de Endocrinologia da Universidade Federal de São Paulo, Unifesp-EPM.

Recebido em 14/3/05. 2ª versão recebida em 10/5/05. Aceito em 31/5/05.

Endereço para correspondência: Prof. Dr. Marco Túlio de Mello, Centro de Estudos em Psicobiologia e Exercício – CEPE, Rua Marselhesa, 535, Vila Clementino – 04020-060 – São Paulo, SP. E-mail: tmello@psicobio.epm.br

INTRODUÇÃO

A pletismografia é um método rápido e fácil para a determinação da composição corporal. Utiliza a relação inversa entre pressão (p) e volume (v), baseado na Lei de Boyle ($P1V1 = P2V2$) para determinar o volume corporal. Uma vez determinado este volume, é possível aplicar os princípios da densitometria para a determinação da composição corporal através do cálculo da densidade corporal ($D = \text{massa}/\text{volume}$)^(1,2).

Durante a avaliação, é importante que o indivíduo esteja descalço e usando o mínimo de roupa possível para não haver disparidades⁽³⁾; o uso de touca de natação também é recomendado⁽⁴⁾. Outros parâmetros importantes de serem observados são: a temperatura corporal, a umidade relativa do ar⁽²⁾, além de não ser recomendado o uso de objetos metálicos como brincos, anéis, correntes, *piercing*, etc.

Outro aspecto que exalta a importância da pletismografia se refere à limitação observada em outros métodos, como, por exemplo, as avaliações realizadas por densitometria óssea (DEXA), uma vez que este método não permite avaliações em indivíduos com obesidade mórbida. Dessa forma, a viabilização de um novo método para esta população pode ser um recurso substancial no que se refere, tanto à avaliação quanto à prescrição, tratamento e acompanhamento destes indivíduos, mesmo possuindo limitações quanto às informações referentes ao percentual de gordura dos segmentos corporais.

Embora esta metodologia se encontre disponível apenas nos últimos 10 anos, vários estudos têm sido conduzidos com a sua utilização. Em sua maioria, os trabalhos apresentam comparações entre as metodologias atualmente disponíveis⁽⁵⁻⁸⁾; entretanto, outros se preocuparam com a verificação da sua validade enquanto novo método de avaliação^(9,10).

Uma vez que os outros métodos de avaliação da composição corporal já foram comparados e validados em comparação ao DEXA, o objetivo do presente estudo foi o de comparar os valores obtidos com o método pletismografia com os valores observados com o DEXA em uma população de adolescentes obesos, levando em consideração as limitações citadas anteriormente.

METODOLOGIA

Procedimento ético: Antes de participar, todos os voluntários foram informados quanto aos procedimentos, desconforto e riscos envolvendo os processos de avaliação. Posteriormente eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido para a participação neste estudo. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal de São Paulo (#0135/04).

Sujeitos: Foram avaliados 88 adolescentes obesos pós-púberes do sexo masculino e feminino, com idades entre 15 a 19 anos ($17,01 \pm 1,6$), ingressantes em um programa multidisciplinar de atividade física. O IMC (Índice de Massa Corporal) foi determinado e utilizado como critério de inclusão no estudo. Para tal, foi adotado o IMC acima do percentil 95 da Curva de Must *et al.* (1991)⁽¹¹⁾. Os voluntários foram avaliados em nosso laboratório em dias distintos na mesma semana.

Descrição dos equipamentos: Densitometria óssea – Foi realizada através de densitometria computadorizada por absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA). Trata-se de um procedimento de imageamento de alta tecnologia que permite a quantificação da gordura e do músculo, assim como do conteúdo mineral ósseo e das estruturas ósseas mais profundas do corpo. O princípio subjacente de DEXA estabelece que as áreas de ossos e de tecidos moles podem ser penetradas até uma profundidade de aproximadamente 30cm por dois picos distintos de energia provenientes de uma fonte de isótopos de alta afinidade – gadolínio 153 (Gd). A penetração é analisada por um detector de cintilação. O exame foi realizado com o indivíduo deitado em decúbito dorsal sobre uma mesa, onde a fonte e o detector foram passados através do corpo com uma velocidade relativamente lenta de 1cm/s. O mapeamento do DEXA de todo o corpo levou cerca de 12 minutos. O modelo utilizado neste estudo foi o DPX-IQ #5781 (Lunar Radiation, Madison, WI). Para permitir uma reconstrução da imagem dos tecidos subjacentes, permitindo a quantificação de conteúdo mineral ósseo, da massa gordurosa total e da massa corporal isenta de gordura, foi utilizado um *software* especializado.

Pletismografia de corpo inteiro (*air displacement plethysmography*, BOD POD® *body composition system*; Life Measurement Instruments, Concord, CA) – A avaliação foi realizada observando-se os critérios descritos pelo manual do equipamento e os critérios descritos por Fields *et al.*, 2000⁽³⁾, Higgins *et al.*, 2001⁽⁴⁾ e Fields *et al.*, 2004⁽²⁾. Para isso, o aparelho foi calibrado antes das avaliações, utilizando-se um cilindro com volume conhecido (50 litros). A ba-

lança acoplada ao aparelho também foi aferida, utilizando-se um referencial de 20kg. Após esta calibração, os voluntários foram avaliados usando o mínimo de roupa possível. Foi solicitado o uso de uma touca durante a avaliação com o intuito de prender os cabelos. Cada teste durou em média quatro minutos, sendo neste período realizada a medida do volume ocupado pelo voluntário, observando-se o princípio de Boyle. Assim, foram medidas as variações entre a pressão e o volume para se determinar a densidade corporal. A partir desses dados, a composição corporal foi mensurada baseada na equação de Siri (1961)⁽¹²⁾. Antes de iniciar o teste, os dados do avaliado foram incluídos no *software* do equipamento. Imediatamente após este procedimento, o avaliado foi pesado na própria balança do equipamento que possui uma sensibilidade de três casas decimais. Durante todo o teste, o avaliado permaneceu sentado dentro do equipamento e a cada passo da avaliação a porta de pletismografia era aberta para dar seqüência à medida. No último passo da avaliação, foi solicitado ao avaliado que este realizasse três incursões respiratórias; após isso, o teste era finalizado. Caso essas incursões fossem realizadas acima de um padrão aceitável, o próprio *software* do equipamento recusava os valores obtidos, exigindo, portanto, nova avaliação, até que a mesma fosse considerada adequada. Para se evitar alterações indesejáveis em relação aos resultados, e conforme já descrito na literatura, durante a avaliação não foi permitido o uso de objetos metálicos como brincos, anéis, correntes, *piercing*, etc.

Análise estatística

Os dados foram analisados através do programa *Statistics for Windows* versão 5.5. Inicialmente foi realizada uma análise descritiva dos dados para a observação das médias e desvios-padrão. Posteriormente, foi realizado um teste de normalidade dos dados através do teste Komolgorov-Smirnov (K-S). Para a análise comparativa dos dois métodos foi utilizado o teste *t* de Student, para amostras independentes, sendo realizadas também análises de correlação linear (correlação de Pearson). O nível de significância adotado foi de $p \leq 0,05$.

RESULTADOS

Os resultados a seguir demonstram valores da composição corporal dos adolescentes obesos utilizando dois métodos: DEXA e pletismografia.

Na tabela 1, estão apresentadas as características físicas dos adolescentes que participaram do estudo. Os adolescentes se encontravam em uma faixa etária entre 15 e 19 anos, todos pós-púberes. A partir do cálculo do IMC, observou-se que os adolescentes apresentavam “obesidade de grau III – mórbida”, com o IMC entre 30 e 40kg/m² (Must *et al.*, 1991)⁽¹¹⁾.

TABELA 1
Características físicas da amostra

Variáveis	N	Idade (anos)	Estatura (m)	Massa corporal (kg)	IMC
Todos	88	16,25 ± 1,44	1,66 ± 0,07	97,81 ± 13,64	35,62 ± 4,36
Homens	20	15,95 ± 1,54	1,74 ± 0,07	107,34 ± 8,10	35,58 ± 4,34
Mulheres	68	16,34 ± 1,41	1,63 ± 0,06	95,01 ± 13,71	35,63 ± 4,40

Análise descritiva, dados apresentados em média ± desvio-padrão. IMC – índice de massa corporal, (Massa Corporal/Altura²).

Na tabela 2 estão apresentados os valores da composição corporal utilizando-se os dois métodos, subdivididos em massa magra e massa gorda, tanto em valores relativos (%) como por absoluto (kg). Não foram observadas diferenças significativas quando os dois métodos foram comparados.

TABELA 2
Valores comparativos da composição corporal entre os dois métodos, DEXA e pletismografia

		Pletismografia	Dexa	P
Massa magra (kg)	Homem	64,45 ± 4,77	62,37 ± 5,48	Ns
	Mulher	50,87 ± 6,54	48,39 ± 5,17	Ns
Massa gorda (kg)	Homem	42,66 ± 8,78	37,42 ± 6,02	Ns
	Mulher	44,17 ± 9,21	40,87 ± 7,60	Ns
Massa gorda (%)	Homem	40,0 ± 5,57	36,47 ± 4,92	Ns
	Mulher	46,29 ± 4,49	45,02 ± 5,16	Ns

Ns – Não significativo para $p < 0,05$.

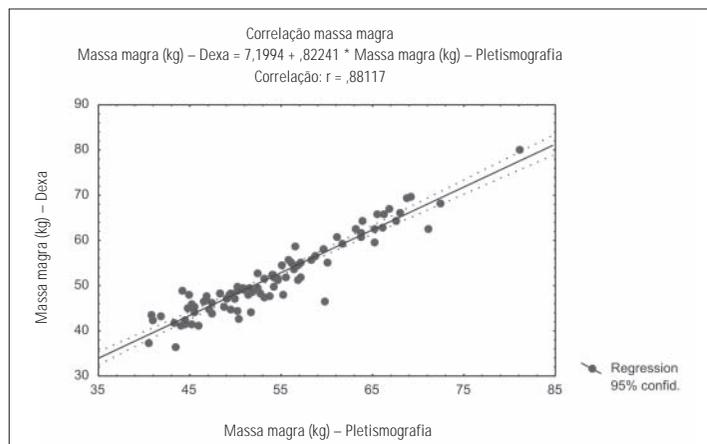


Fig. 1 – Correlação entre massa magra (kg) observada nos dois métodos

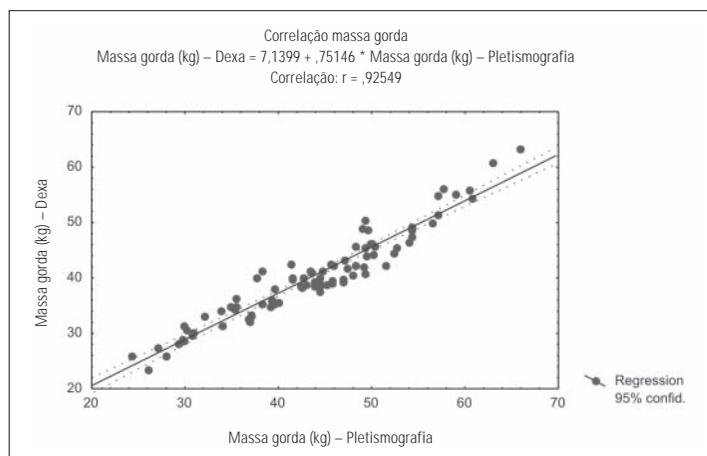


Fig. 2 – Correlação entre massa gorda (kg) observada nos dois métodos

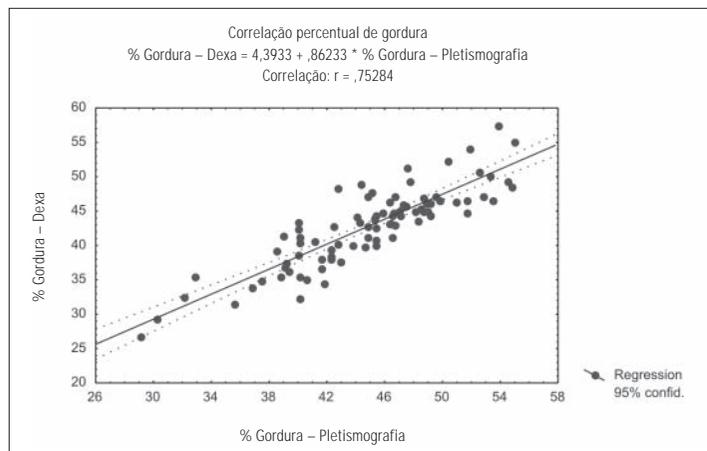


Fig. 3 – Correlação entre massa gorda (%) observada nos dois métodos

Nas figuras 1, 2 e 3 estão apresentados os resultados da análise de correlação linear entre os dois métodos. Na figura 1 verifica-se o resultado da análise de correlação da massa magra, tendo sido observada correlação significativa positiva desta variável com nível de significância de $r = 0,88$ ($p \leq 0,05$). Em relação à massa de gordura (kg), o valor de correlação foi de $r = 0,92$ ($p \leq 0,05$) (figura 2). Comparados os valores relativos de gordura corporal a correlação apresentada foi de $r = 0,75$ ($p \leq 0,05$) (figura 3). Assim, quando comparados os dois métodos, DEXA e pletismografia, os valores da composição corporal apresentaram fortes correlações.

DISCUSSÃO

Vários estudos têm demonstrado a validade dos resultados de composição corporal apresentados pelo método de pletismografia, quando comparados com os resultados do método de pesagem hidrostática, determinando assim a validade deste método para diferentes populações^(13,14), uma vez que a pesagem hidrostática é considerada um método “gold standard”⁽¹⁵⁾.

A composição corporal estimada pelo método de pletismografia não difere significativamente da composição corporal determinada pela pesagem hidrostática⁽¹⁾. Isso parece ser bastante representativo, uma vez que para a realização da pesagem hidrostática é necessário que o indivíduo seja imerso em água, o que pode representar uma limitação para algumas pessoas. Por outro lado, para a realização da pletismografia não é necessário este procedimento, pois o equipamento se baseia no deslocamento de ar, indicando que esta diferença entre os métodos tende a elevar o seu uso preferencialmente, por ser um método mais rápido quanto à sua execução e de maior conforto para o avaliado.

Outros autores compararam a pletismografia com o método de densitometria óssea, principalmente em populações de indivíduos obesos, pois este método apresenta limitações quanto à massa corporal ou mesmo a estatura. Quanto a isso verificou-se que o limite de massa corporal para avaliações por DEXA é de 120kg, o que impede a avaliação de toda população obesa extrema. Entretanto, este não é um limitante para avaliações por pletismografia, inclusive considerando os indivíduos com obesidade mórbida com IMC de $46,6 \pm 7,7$ (kg/m^2). Isso sugere fortemente que este método pode produzir resultados fidedignos para indivíduos com IMC acima de $40\text{kg}/\text{m}^2$ ⁽¹⁶⁾.

Em seu estudo, Lockner *et al.* (2000)⁽⁵⁾ avaliaram 54 adolescentes não obesos do sexo masculino e feminino. Não houve diferença significativa entre os dois métodos quando comparadas as porcentagens de gordura corporal, embora quando comparados os valores de densidade corporal a pletismografia apresentasse valores significativamente maiores do que as mensuradas pelo método de densitometria óssea.

Ball e Altana (2004) compararam os dois métodos em mensurações com 140 homens (32 ± 11 anos). Os resultados apresentaram forte correlação ($r = 0,94$), indicando que a pletismografia pode ser utilizada como método para estimar a porcentagem de gordura corporal nesta população⁽⁷⁾. Em pesquisa semelhante à do presente estudo, Gately *et al.* (2003)⁽¹⁷⁾ determinaram a composição corporal de 30 adolescentes do sexo masculino e feminino com IMC de $31,6 \pm 5,5$ (m/kg^2) e porcentagem de gordura de $41,2 \pm 8,2\%$. Os resultados da porcentagem de gordura estimada pelos dois métodos apresentaram forte correlação ($r = 0,95$), corroborando com nossos resultados, em que obtivemos correlação de $r = 0,75$ (figura 3). Os mesmos resultados não foram encontrados em estudo realizado por Maddalozzo *et al.*, (2002)⁽⁹⁾, que realizaram a comparação dos dois métodos em mulheres com idade de 19 anos e IMC de $23,4 \pm 2,3$ (m/kg^2). Neste estudo verificou-se que das 43 pacientes avaliadas apenas 10 resultados da composição corporal foram considerados exatos (23,3%), quando comparados os dois métodos, em relação aos valores de porcentagem de gordura corporal.

Assim, já é possível encontrar na literatura trabalhos que utilizaram a pletismografia em diferentes populações, como idosos⁽¹⁸⁾, adultos⁽¹⁹⁻²¹⁾, jovens⁽²²⁾, crianças^(5,21), atletas^(8,13), obesos mórbidos⁽¹⁶⁾ e lutadores⁽²³⁾, embora não sejam de nosso conhecimento estudos comparando e validando o método de pletismografia em adolescentes obesos (IMC > 30kg/m²), do sexo masculino e feminino, com amostra tão representativa.

Nossos resultados demonstraram forte correlação para a massa magra em kg ($r = 0,88$), percentagem de gordura corporal expresso em kg ($r = 0,92$), assim como também em valores expressos sob a forma de percentagem da massa corporal total ($r = 0,75$). Mesmo quando comparados os resultados anteriores entre os dois métodos, não foram observadas diferenças estatísticas significantes.

REFERÊNCIAS

1. McCrory MA, Gomez TD, Bernauer EM, Mole PA. Evaluation of a new air displacement plethysmograph for measuring human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1686-91.
2. Fields DA, Higgins PB, Hunter GR. Assessment of body composition by air-displacement plethysmography: influence of body temperature and moisture. *Dyn Med* 2004;3:3.
3. Fields DA, Goran MI. Body composition techniques and the four-compartment model in children. *J Appl Physiol* 2000;89:613-20.
4. Higgins PB, Fields DA, Hunter GR, Gower BA. Effect of scalp and facial hair on air displacement plethysmography estimates of percentage of body fat. *Obes Res* 2001;9:326-30.
5. Lockner DW, Heyward VH, Baumgartner RN, Jenkins KA. Comparison of air-displacement plethysmography, hydrodensitometry, and dual X-ray absorptiometry for assessing body composition of children 10 to 18 years of age. *Ann N Y Acad Sci* 2000;904:72-8.
6. Macias N, Calderon de la Barca AM, Bolanos AV, Aleman H, Esparza J, Valencia ME. Body composition in Mexican adults by air displacement plethysmography (ADP) with the BOD-POD and deuterium oxide dilution using infrared spectroscopy (IRS-DOD). *Food Nutr Bull* 2002;23:99-102.
7. Ball SD, Altena TS. Comparison of the Bod Pod and dual energy X-ray absorptiometry in men. *Physiol Meas* 2004;25:671-8.
8. Ballard TP, Fafara L, Vukovich MD. Comparison of Bod Pod and DXA in female collegiate athletes. *Med Sci Sports Exerc* 2004;36:731-5.
9. Maddalozzo GF, Cardinal BJ, Snow CA. Concurrent validity of the BOD POD and dual energy X-ray absorptiometry techniques for assessing body composition in young women. *J Am Diet Assoc* 2002;102:1677-9.
10. Wagner DR, Heyward VH, Gibson AL. Validation of air displacement plethysmography for assessing body composition. *Med Sci Sports Exerc* 2000;32:1339-44.
11. Must A, Dallal GE, Dietz WH. Reference data for obesity: 85th and 95th percentiles of body mass index (wt/ht²) – a correction. *Am J Clin Nutr* 1991;54:773.
12. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density. Techniques for measuring body composition. Washington: National Academy of Science, 1961.
13. Vescovi JD, Hildebrandt L, Miller W, Hammer R, Spiller A. Evaluation of the BOD POD for estimating percent fat in female college athletes. *J Strength Cond Res* 2002;16:599-605.
14. Fields DA, Hunter GR, Goran MI. Validation of the BOD POD with hydrostatic weighing: influence of body clothing. *Int J Obes Relat Metab Disord* 2000;24:200-5.
15. Dempster P, Aitkens S. A new air displacement method for the determination of human body composition. *Med Sci Sports Exerc* 1995;27:1692-7.
16. Petroni ML, Bertoli S, Maggioni M, Morini P, Battezzati A, Tagliaferri MA, et al. Feasibility of air plethysmography (BOD POD) in morbid obesity: a pilot study. *Acta Diabetol* 2003;40:S59-62.
17. Gately PJ, Radley D, Cooke CB, Carroll S, Oldroyd B, Truscott JG, et al. Comparison of body composition methods in overweight and obese children. *J Appl Physiol* 2003;95:2039-46.
18. Fields DA, Hunter GR. Monitoring body fat in the elderly: application of air-displacement plethysmography. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2004;7:11-4.
19. Vescovi JD, Zimmerman SL, Miller WC, Hildebrandt L, Hammer RL, Fernhall B. Evaluation of the BOD POD for estimating percentage body fat in a heterogeneous group of adult humans. *Eur J Appl Physiol* 2001;85:326-32.
20. Fields DA, Wilson GD, Gladden LB, Hunter GR, Pascoe DD, Goran MI. Comparison of the BOD POD with the four-compartment model in adult females. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33:1605-10.
21. Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. *Am J Clin Nutr* 2002;75:453-67.
22. Collins MA, Millard-Stafford ML, Sparling PB, Snow TK, Roskopf LB, Webb SA, Omer J. Evaluation of the BOD POD for assessing body fat in collegiate football players. *Med Sci Sports Exerc* 1999;31:1350-6.
23. Utter AC, Goss FL, Swan PD, Harris GS, Robertson RJ, Trone GA. Evaluation of air displacement for assessing body composition of collegiate wrestlers. *Med Sci Sports Exerc* 2003;35:500-5.

Dessa forma, sugerimos que para esta população específica (adolescentes com obesidade mórbida), a pletismografia pode ser utilizada como método fidedigno para a predição da composição corporal.

AGRADECIMENTOS

Os autores são gratos ao suporte financeiro da Afip, Fapesp (Cepid #98/14303-3 S.T), Cepe-Unifesp, Cenesp-Unifesp, e ao CNPq.

Todos os autores declararam não haver qualquer potencial conflito de interesses referente a este artigo.
