

Validação da absorptometria de raio-X de dupla energia para estimativa da gordura corporal relativa de adultos jovens

Cross-validation of the double energy's X-ray absorptiometry for estimate the relative body fat's valuation in young adults

Bruno Rafael Martins Campos¹, Aparecido Pimentel Ferreira^{1,2}

¹Departamento de Educação Física da Universidade Paulista, Brasília-DF, Brasil. ²Curso de Enfermagem das Faculdades Integradas do Instituto Científico de Ensino Superior e Pesquisa, Brasília-DF, Brasil.

Resumo

Objetivo – Verificar a validade cruzada da absorptometria de raio-X de dupla energia (AXDE) na estimativa da gordura corporal relativa (%G) de 37 adultos jovens do sexo masculino, com idades entre 18 e 32 anos, tendo como critério a pesagem hidrostática (PH). **Métodos** – As sugestões de Lohman (1992) foram seguidas para a análise de validação cruzada, através dos cálculos do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), teste t pareado ou dependente (t), erro constante (EC), erro total (ET) e erro padrão de estimativa (EPE) e ainda, foi feita a análise dos escores residuais. O ponto de corte adotado para o EPE foi de 2,0%. A significância adotada foi através do $p < 0,05$. **Resultados** – O EC de -1,00 foi considerado baixo. O (EPE) com valor de 1,86% não ultrapassou o valor de corte de 2,0% adotado para a validação, contudo, o valor de ET superou o EPE, o que indica que a AXDE não foi um forte preditor da %G. Analisados os escores residuais, 32,4% da amostra foi superestimada e 21,6% subestimada quando a %G_{AXDE} é comparada à %G_{PH}. **Conclusão** – A linha de tendência ficou em uma zona negativa, confirmando a tendência da AXDE em superestimar a %G. AXDE não possui validade cruzada, na estimativa da %G de adultos jovens, tendo como critério referenciado a PH.

Descritores: Composição corporal; Distribuição da gordura corporal; Peso corporal; Validade dos testes; Reprodutibilidade dos testes

Abstract

Objective – The purpose of this study was to verify the cross-validation of the double energy's x-ray absorptiometry (DEXA) in the relative body fat's estimate in 37 young adults men from about 18 to 32 years old, based in the use of hydrostatic weighing (HW) in order to find measures that can be used as reference of the relative body fat (%BF). **Methods** – The Lohman's suggestion were followed in the crossed validity's analysis through the computation of the linear correlation coefficient of Pearson (r), paired "T" test, constant error (CE), total error (TE) and standard error estimation (SEE). Moreover, was made the residual results' analysis. The point of cut adopted for the SEE was of 2,0%. The statistic significance was $p < 0,05$. **Results** – The CE value -1,00 is considered low. The SEE value 1,86% did not trespassed the cut base of 2%, however, the TE value overcame the SEE ones which shows that DEXA was not a stronger predictor of %BF. From the residual results' analysis, 32,4% overestimate and 21,62% is underestimate when the %BF_{DEXA} is compared with the %BF_{HW}. **Conclusion** – The tendency line was in the negative zone, confirming the tendency of the DEXA in overestimate the %BF. DEXA does not have a crossed validity in the %BF estimate with the HW as a standard.

Descriptors: Body composition; Body fat distribution; Body weight; Validity of tests; Reproducibility of results

Introdução

A quantificação dos componentes estruturais do corpo humano e a relação destes com o aumento da morbidade e da mortalidade têm sido muito estudadas nas últimas décadas¹. Isso, por aplicar-se a uma extensa variedade de áreas, incluindo, dentre outras, a nutrição, a medicina e a educação física².

Os componentes da constituição corporal são medidos por diversas técnicas classificados em técnicas diretas ou "in vitro", indiretas e duplamente indiretas ou *in vivo*³. Durante décadas, foram desenvolvidas diversas técnicas para estimativa indireta destes componentes da constituição corporal, pois a técnica direta é realizada somente em cadáveres, sendo inviável a sua realização em pessoas vivas².

Por outro lado, as técnicas indiretas necessitam de validação cruzada que consiste num tipo de validação em que se escolhe uma técnica de referência. No caso deste estudo, uma estimativa da gordura corporal relativa (%G), na qual uma técnica de medida é comparada, mediante diversos procedimentos estatísticos, com a de referência escolhida e ambas são administradas quase ao mesmo tempo, ou concorrentemente, cruzando-se os valores obtidos. Para isso, existe a necessidade de uma técnica válida e, no caso das técnicas duplamente indiretas, basta que se tenha a técnica indireta considerada de referência para a realização desta validação^{2,4}.

Dentre as técnicas indiretas mais utilizadas para a validação de outras técnicas de estimativa da %G, são citadas na literatura a pesagem hidrostática (PH) e a absorptometria de raios-X de dupla energia (AXDE), contudo, há que se observar que a PH é considerada de referência e ainda é a mais aceita como "padrão ouro" e a AXDE ainda que utilizada como referência, ainda não pode ser considerada "padrão ouro", pois não existe consenso na literatura científica sobre a validade da AXDE, no entanto, esta tem sido utilizada como técnica de referência^{2,4-5}.

Contudo, algumas versões dos programas utilizados nos aparelhos de AXDE, dependendo do modelo 4, tendem a subestimar a %G de pessoas mais velhas e superestimar a %G de pessoas mais jovens. Ainda sobre este tópico, a AXDE tende a superestimar a %G em comparação a outras técnicas de referência como pletismografia, PH, tomografia computadorizada, ressonância magnética e outras^{6-7,28}. E ainda, quando comparada com a ressonância magnética e a PH, a AXDE também tende a superestimar a %G em mais de 7,8%⁸. E ainda, a AXDE tende a superestimar a massa mineral óssea e a subestimar a %G quando comparada com a análise química e a dissecação feita em carcaças de porcos⁹. Ainda nesse contexto, a AXDE tende a subestimar a %G em comparação com outras técnicas de referência¹⁰⁻¹². Diante de tantas controvérsias, pode-se inferir que estudos complementares sobre a validade da AXDE devam ser feitos. Corroborando a última afirmação, afixam que a AXDE é uma técnica com tecnologia avançada

que tem melhorado sua confiabilidade para mensurações da composição corporal¹³⁻¹⁴. Contudo, apesar de ser uma técnica promissora, ainda não está totalmente comprovada a sua validade para a estimativa da %G, haja vista a constante atualização dos software⁴.

Devido aos esforços constantes e aos vários estudos clássicos^{3,15-18}, hoje se tem conseguido prever valores da composição corporal de forma bastante segura, com erros cada vez menores. Esses esforços são necessários, pois a composição corporal é influenciada não apenas e simplesmente pela carga genética, mas também pelas suas implicações e variáveis, tais como: idade, sexo e ambiente social¹⁸.

Fica sob responsabilidade de cada pesquisador escolher, testar e adaptar as melhores técnicas seja para estudos científicos ou para a aplicação prática nas áreas da nutrição, medicina e educação física, de forma a garantir a validade, a fidedignidade e a objetividade necessárias, para que as diversas técnicas de avaliação da %G possam ser validadas.

Contudo, a comparação dos resultados obtidos pela AXDE e pela PH torna-se imprescindível, pois atualmente ambas têm sido utilizadas como referência em diversos estudos de composição corporal. Sendo assim, este estudo tem como objetivo verificar a validade cruzada da absorptometria de raio-X de dupla energia (AXDE) na estimativa da gordura corporal relativa de adultos jovens do sexo masculino, com idades entre 18 e 32 anos, tendo como critério a pesagem hidrostática.

Métodos

Amostra

A amostra foi de conveniência e foram utilizados na pesquisa dados de 37 adultos jovens, com idades entre 18 e 32 anos, sedentários ou praticantes de atividades físicas regulares ou esporádicas, fossem elas em academias, ruas, clubes, caráter competitivo e por atletas amadores de nível distrital, residentes em Brasília. Após terem sido informados do objetivo do estudo, dos procedimentos, dos possíveis desconfortos, riscos e benefícios do estudo, os voluntários leram o termo de compromisso livre esclarecido, tiveram as dúvidas sanadas pelos avaliadores, e assinaram o termo. Só então, os voluntários iniciaram as medidas antropométricas, medidas pela AXDE e PH.

Estatura corporal

A estatura foi mensurada, utilizando-se um estadiômetro de uma balança da marca Filizola, com unidade de medida em centímetros¹⁸.

Massa corporal

A massa corporal foi medida por meio de uma balança Filizola digital, com a capacidade para 150 kg e visor com resolução de 100 g. Os sujeitos foram medidos descalços, trajando apenas sunga de banho¹⁸.

Pesagem hidrostática

Para a PH optou-se por seguir os procedimentos descritos por Petroski¹⁸ (1995), uma balança Chatillon, com capacidade para 15 kg e com divisão de 20 g foi utilizada para pesar os voluntários. Para o apoio do avaliado na balança foi adaptado um trapézio tubular em PVC e alumínio pesando 800 g, esse valor foi descontado do valor total obtido na pesagem submersa. A pesagem foi realizada, mantendo-se os avaliados na posição grupada e para garantir a submersão e facilitar a estabilização durante as pesagens. Para garantir a submersão e facilitar a estabilização durante as pesagens, os sujeitos utilizaram um cinto de mergulhador com 1,8 kg que foi colocado em volta da cintura, esse valor foi descontado do valor total obtido na pesagem submersa¹⁸. Para uma melhor leitura dos valores, o trapézio foi estabilizado em todas as medidas, sendo o mesmo procedimento repetido por 7-12 vezes. Quando os valores das três últimas pesagens divergiram em mais de 100 g, tentativas adicionais foram realizadas, e ficaram regis-

trados todos os valores obtidos nas pesagens e a temperatura da água, após a última pesagem.

Os sujeitos foram convidados a esvaziarem a bexiga e defecarem antes que as mensurações fossem realizadas. Todas as mensurações foram realizadas, estando os sujeitos usando sungas de banho, sendo negligenciado o peso das mesmas, pois não foi solicitado que fossem retiradas, ou mesmo, feito uma estimativa das mesmas encharcadas com água.

Seguindo os procedimentos descritos por Petroski¹⁸ (1995) o volume residual (VR) foi estimado pela equação de Goldman and Becklake, a qual considera a idade e estatura, conforme a equação a seguir: VR (l) = 0,017 (idade anos) + 0,027 (estatura cm) - 3,477.

Para o cálculo da densidade corporal foi utilizada equação convencional seguinte:

Onde:

D = Densidade corporal,

MC = Massa corporal em kg,

OS = Peso submerso em kg,

Da = Densidade da água,

VR = Volume residual em litros.

0,1 = Constante de gás gastrointestinal (100 ml).

Os valores de densidade corporal obtidos foram convertidos em valores de gordura corporal relativa através da equação de Siri²⁶: %G = (495 / D) - 450.

A absorptometria de raio-x de dupla energia

Utilizou-se o equipamento marca LUNAR, modelo DPX-IQ (software versão 4.7e), para estimar a gordura corporal relativa. Todas as medidas foram realizadas conforme as recomendações constantes no manual do aparelho. Neste modelo, para a entrada dos dados no microcomputador da AXDE, é necessário realizar alguns arredondamentos nas medidas de massa corporal e estatura, uma vez que o programa do AXDE não aceita números decimais.

A temperatura da sala, de acordo com as recomendações contidas no manual do aparelho, feitas pela empresa fabricante do equipamento, deveria estar entre 18-25°C, e foi controlada a 21°C (temperatura padrão utilizada no laboratório em questão, por ser a temperatura média recomendada).

Tratamento estatístico

A estatística descritiva foi usada para analisar a relação entre %G determinada por meio da PH e AXDE. As sugestões de Lohman¹⁷ (1992) foram seguidas para a análise de validação, usando-se os cálculos do coeficiente de correlação linear de Pearson (r), técnica mais comum usada para calcular a correlação entre duas variáveis, teste t-pareado (t) para se verificar as diferenças entre %G mensurada e %G estimada, erro constante (EC), erro total (ET) e erro padrão de estimativa (EPE) que é lido como a computação do desvio-padrão de todos os escores residuais de uma população, ou seja, a margem de erro esperada em uma predição. Para a validação, adotou-se o ponto de corte de EPE < 2,0, pois é o considerado ideal¹⁷. Para a realização dos procedimentos descritos acima utilizaram-se:

$$EC = Gm - Ge$$

$$R_{ET} = \sqrt{\sum (Ge - Gm)^2 / n}$$

$$EPE = s \sqrt{1 - R^2}$$

Gm = gordura corporal relativa mensurada

Ge = gordura corporal relativa estimada

R = correlação de Pearson

A significância adotada foi através do valor de p < 0,05. Foi feita a análise dos escores residuais para a identificação das possíveis tendências de super ou subestimação da %G em cada avaliado e nas médias. Para tal, foi utilizado o procedimento de Bland e Altman¹⁹ (1986).

Resultados e Discussão

Com o objetivo de melhor caracterizar a amostra que compõe esse estudo de validação cruzada, na Tabela 1 são apresentados valores médios, desvios padrão, escores mínimos e máximos da idade, estatura, massa corporal, %G mensurada mediante a técnica de PH e %G estimada por meio da técnica de AXDE.

Tabela 1. Características descritivas da amostra (n = 37)

Variável	Média	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,1 ± 4,4	17,0	36,0
Estatura (cm)	173,7 ± 5,4	160,0	188,0
Massa corporal (kg)	72,4 ± 10,2	56,8	97,9
%G _{PH}	12,3 ± 5,4	3,0	25,6
%G _{AXDE}	13,3 ± 5,5	5,2	27,3

%G_{PH} = gordura corporal relativa mensurada pela técnica de pesagem hidrostática, %G_{AXDE} = gordura corporal relativa mensurada pela técnica de absorvometria de raios-x de dupla energia

A amostra utilizada no estudo apresenta homogeneidade no que se refere à variável idade. O mesmo não ocorre com as variáveis massa corporal, estatura e %G_{PH} mostrando tratar-se amostra heterogênea nessas variáveis.

Na Tabela 2 são mostrados os valores referentes à validade cruzada da AXDE da marca LUNAR – DPX – IQ para estimar a %G, tendo como referência a PH.

Inicialmente, observa-se que existe uma forte correlação estatisticamente significativa entre a %G mensurada e a %G estimada. Portanto, a AXDE, neste quesito, pode ser considerada válida quando é correlacionada com outras técnicas de referência como pletismografia, ressonância magnética e PH²⁰⁻²².

Quando comparados os desvios-padrão e as médias de %G_{PH} e de %G_{AXDE}, esses demonstram que a AXDE representa a amostra em sua totalidade. No entanto, a AXDE demonstra uma tendência a superestimar valores extremos.

O EPE não ultrapassou o limite de validação. No entanto, observa-se que o ET foi maior que o EPE, o que indica que a AXDE não foi um bom método para estimar %G. Esses achados estão de acordo com os resultados encontrados por alguns autores que reportaram valores de EPE próximos de 0,32%²², mas vão contra os valores achados por diversos outros que encontraram valores de EPE 2,4%, 4,5% e 1,98%, respectivamente, em comparações similares^{9,20,22}.

Segundo a literatura, valores de 3,5% para ET são aceitáveis, mas, para este estudo foram adotados erros abaixo de 2,0%, pois se trata da validação de uma técnica que é adotada como padrão por alguns autores e, por esse motivo, foi adotado a referência de aceitar erros considerados ideais¹⁷⁻¹⁸.

Apesar do EC de -1,00 ser considerado um erro baixo, isso mostra uma tendência da média de %G_{AXDE} superestimar %G quando comparada à PH. Ainda neste sentido, os valores médios da %G estimada pela da técnica de AXDE diferem significativamente dos valores médios da %G mensurada por meio da técnica de PH. Isso indica que a AXDE não foi um bom método para estimar %G. Esses achados corroboram os resultados de diversos estudos que compararam a AXDE com outras técnicas^{2,4-5,7,10-11,13,22,24-25}.

No presente estudo, foi utilizada a AXDE da marca Lunar, segundo diversos autores a AXDE Lunar tende a superestimar a gordura corporal com relação a outras marcas^{4,27} e isso é um indicio de que a técnica de AXDE ainda não tem seus procedimentos e critérios bem definidos, podendo portanto ser válida em algumas amostras e em outras não, sendo mais uma controvérsia da técnica de AXDE. E ainda, a AXDE tende a superestimar a %G quando com-

parada com PH e com a pletismografia^{5-8,22,28}. Por outro lado, vários estudos mostram que alguns modelos e programas utilizados na AXDE tendem a subestimar a %G quando comparada com técnicas que utilizam quatro componentes e com ressonância magnética^{10-12,20,29}.

No mesmo sentido, alguns autores analisaram a gordura corporal estimada por meio de uma máquina de AXDE Hologic e também encontraram uma tendência a superestimar a gordura corporal por parte da AXDE quando comparada com o modelo de 4 componentes^{10-11,30}. Corroborando ainda esses achados, alguns autores descrevem uma forte tendência da máquina de AXDE Hologic a superestimar a %G de homens adultos quando comparada com pletismografia²². E ainda, a AXDE tende a superestimar a %G quando comparada com a técnica de tomografia computadorizada⁶.

Contudo, estudos que utilizaram a máquina de AXDE modelo Lunar DPX para estimar a %G encontraram uma tendência a subestimar a %G quando comparada com PH e o modelo de 4 componentes^{10,30}. Ainda nos mesmos estudos, encontrou-se uma tendência de superestimar a massa corporal magra, fato que ratifica os achados de Prior *et al.*¹¹ (2001) que encontraram uma tendência da técnica de AXDE, tanto do modelo Lunar DPX-L quanto do Hologic, a superestimar a massa muscular e subestimar a %G. E, ainda, concordando esses achados, um estudo utilizando duas máquinas de AXDE Hologic, encontrou uma tendência no mesmo sentido, em que superestima-se a massa livre de gordura e subestima-se a massa gorda²⁹.

Corroborando os dados acima, quando a máquina de AXDE de marca Norland foi utilizada para estimar a %G de 35 adultos e comparada com a %G estimada por meio de PH, os resultados encontrados indicam diferenças significativas entre AXDE e PH, mostrando uma tendência a superestimar a %G pela técnica da AXDE²⁴. Por outro lado, em um estudo com homens e mulheres utilizando uma máquina de AXDE Hologic para estimar a %G, quando comparada com o modelo de 4 componentes e a PH, encontraram resultados que indicam uma tendência a superestimar a gordura corporal tanto em adultos jovens quanto em velhos⁵.

Estudos mostram, ainda, que existem diferenças significativas quando se estima a %G por meio da AXDE, utilizando dois programas de uma mesma fábrica⁴. Confirmando a tendência acima citada, autores compararam dois programas diferentes em máquinas de AXDE Hologic iguais de um mesmo fabricante e encontraram diferenças significativas entre as médias de %G que poderiam variar em 1,4% para pessoas com %G média de 36,1%, chegando a 3,6% para pessoas com %G média de 45,1%²⁵. Neste estudo, os autores compararam também os resultados da AXDE do fabricante Hologic da AXDE do fabricante Lunar, concluíram que as diferenças entre programas existem, mas as diferenças entre marcas são mais preocupantes ainda, pois encontraram diferenças significativas entre as médias de %G que poderiam variar em 8% para pessoas com %G média de 36,1%, chegando a 12% para pessoas com %G média de 45,1%²⁵. No mesmo sentido, outros autores compararam duas máquinas de AXDE, Hologic e LUNAR, e concluíram que a utilização de aparelhos de fábricas diferentes também geram resultados largamente diferentes⁴.

No presente estudo, confirmaram-se os achados da literatura, encontrando-se valores onde a AXDE superestimava a %G em quase 5%, contudo foram encontrados, também, valores onde a AXDE subestimava a %G em quase 7% quando comparada a %G medida por PH. Esses valores estão de acordo com os dados encontrados por alguns autores em estudo com uma amostra com características bastante semelhantes à do presente estudo e encontraram uma

Tabela 2. Validação cruzada da técnica AXDE para a estimativa da gordura corporal relativa

Técnica	Média	Mínimo	Máximo	r	t	EC	ET	EPE
%G _{PH}	12,3 ± 5,4	3,0	25,6	0,87**	-2,15*	-1,00	2,81	1,86
%G _{AXDE}	13,3 ± 5,5	5,2	27,3					

(r) correlação, (t) teste t pareado; (EC) erro constante; (ET) erro total e (EPE) erro padrão de estimativa; * p ≤ 0,05; ** p ≤ 0,001

tendência da AXDE em superestimar a %G de adultos jovens em 4,7% quando comparada a PH²¹.

Na Figura 1 apresenta-se a análise dos escores residuais da %G obtida por PH (%G_{PH}) e por absorptometria de raios-X de dupla energia (%G_{AXDE}).

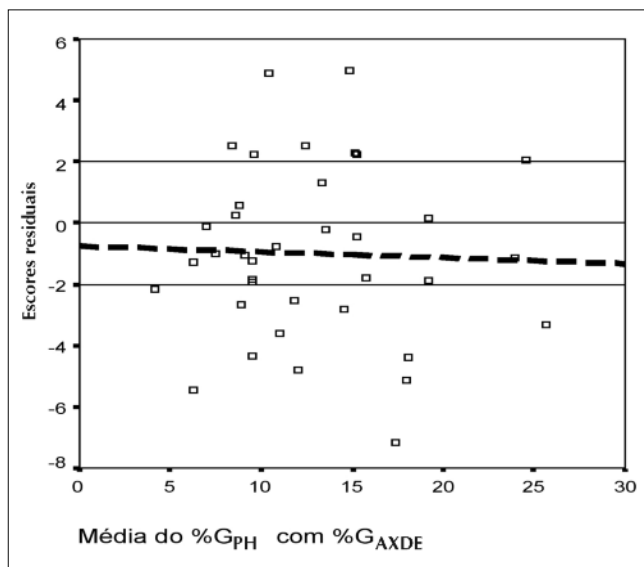


Figura 1. Análise dos escores residuais da gordura corporal relativa obtida por pesagem hidrostática e por absorptometria de raios-x de dupla energia (%G_{PH} - %G_{AXDE}) com a média da %G_{PH} e %G_{AXDE}. Foi utilizado o procedimento de Bland e Altman. A linha pontilhada representa a tendência entre %G_{AXDE} e %G_{PH}. As linhas contínuas representam o limite para validação (erro padrão de estimativa < 2,0%)

Além das diferenças entre as médias e do EPE considerado acima do limite de validação, quando analisados os escores residuais na Figura 1, foram encontrados resultados que inviabilizam a validação da AXDE, pois apenas 45,9% da amostra está dentro dos limites de validação. Contudo, levando em consideração o ponto de corte adotado, EPE = 2,0%, quando a %G é estimada por AXDE, 32,4% da amostra é superestimada, pois a diferença entre a %G_{PH} e %G_{AXDE} ultrapassa o limite de 2,0%, ou seja, os valores encontrados por meio da AXDE são maiores que os valores encontrados, utilizando-se PH. E, ainda em 21,6% da amostra, a AXDE subestima a %G, quando comparada à %G mensurada por PH, ou seja, os valores encontrados, utilizando-se a AXDE são menores que os valores encontrados utilizando-se PH. Esses achados corroboram achados da literatura atual comparando a AXDE com pletismografia computadorizada e encontraram uma tendência da AXDE a subestimar 12% e superestimar 23% da amostra, sendo que 65% da amostra apresentaram erros dentro do limite de aceitação²².

A pequena inclinação da linha de tendência na Figura 1 demonstra que apesar das diferenças significativas entre as médias de %G_{PH} e de %G_{AXDE}, não se nota grande tendência em superestimar os valores extremos. No entanto, na Figura 1 nota-se que a linha de tendência se encontra abaixo do ponto zero, ou seja, em uma zona negativa, indicando uma tendência da AXDE, em termos gerais, a superestimar a %G quando comparada a AXDE. Fato esse que confirma os resultados mostrados pelos desvios-padrão das médias de %G_{PH} e de %G_{AXDE}.

Conclusão

A amostra apresentou 12,3% de gordura corporal mensurada pela pesagem hidrostática. O percentual de gordura encontrado pela absorptometria de raios-x de dupla energia foi superestimada em 32,4% e subestimada em 21,6% da amostra. De acordo com os critérios utilizados para a validação cruzada adotados pelo presente es-

tudo, conclui-se que a absorptometria de raios-x de dupla energia não se mostrou válida para a estimativa da %G de adultos jovens.

Referências

1. Bigaard J, Frederiksen K, Tjønnelund A, Thomsen BL, Overvad K, Heitmann BL *et al.* Body fat and fat-free mass and all-cause mortality. *Obes Res.* 2004; 12(7):1042-9.
2. Genton L, Hans D, Kyle UG, Pichard C. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition.* 2002; 18(1):66-70.
3. Malina RM. Quantification of fat, muscle and bone in man. *Clin Orthop Relat Res.* 1969;65:9-38.
4. Tylavsky F, Lohman TG, Blunt BA, Schoeller DA, Fuerst T, Cauley JA *et al.* QDR 4500A DXA overestimates fat-free mass compared with criterion methods. *J Appl Physiol.* 2003;94(3):959-65.
5. Clasey JL, Kanaley JA, Wideman L, Heymsfield SB, Teates CD, Gutgesell ME *et al.* Validity of methods of body composition assessment in young and older men and women. *J Appl Physiol.* 1999;86(5):1728-38.
6. Salamone LM, Fuerst T, Visser M, Kern M, Lang T, Dockrell M *et al.* Measurement of fat mass using DEXA: a validation study in elderly adults. *J Appl Physiol.* 2000;89(1):345-52.
7. Wong WW, Hergenroeder AC, Stuff JE, Butte NF, Smith EO, Ellis KJ. Evaluating body fat in girls and female adolescents: advantages and disadvantages of dual-energy X-ray absorptiometry. *Am J Clin Nutr.* 2002;76(2):384-9.
8. Tothill P, Han TS, Avenell A, McNeill G, Reid DM. Comparison between fat measurements by dual-energy X-ray absorptiometry, underwater weighing and magnetic resonance imaging in healthy women. *Eur J Clin Nutr.* 1996;50(11):747-52.
9. Elovsson P, Forslund AH, Mallmin H, Feulke U, Hansson I, Carlsten J. An evaluation of dual-energy X-Ray absorptiometry and underwater weighing to estimate body composition by means of carcass analysis in piglets. *J Nutr.* 1998;128(9):1543-9.
10. Kemink SAG, Frijns JTM, Hermus AR, Pieters GF, Smals AG, van Marken Lichtenbelt WD. Body composition determined by six different methods in women bilaterally adrenalectomized for treatment of Cushing's disease. *J Clin Endocrinol Metab.* 1999;84(1):3991-9.
11. Prior BM, Modlesky CM, Evans EM, Sloniger MA, Saunders MJ, Lewis RD *et al.* Muscularity and the density of the fat-free mass in athletes. *J Appl Physiol.* 2001;90(4):1523-31.
12. Schoeller DA, Tylavsky FA, Baer DJ, Chumlea WC, Earthman CP, Fuerst T *et al.* QDR 4500A dual-energy X-ray absorptiometer underestimates fat mass in comparison with criterion methods in adults. *Am J Clin Nutr.* 2005;81(5):1018-25.
13. Houtkooper LB, Going SB, Sproul J, Blew RM, Lohman TG. Comparison of methods for assessing body composition changes over 1 y in postmenopausal women. *Am J Clin Nutr.* 2000;72(2):401-6.
14. Swan PD, McConnell KE. Anthropometry and bioelectrical impedance inconsistently predicts fatness in women with regional adiposity. *Med Sci Sports Exerc.* 1999;31(7):1068-75.
15. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Ann N Y Acad Sci.* 1963; 110(1):13-140.
16. Glaner MF. Validação cruzada de equações de impedância bioelétrica em homens. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2005;7(1):5-11.
17. Lohman TG. *Advances in body composition assessment.* Champaign: Human Kinetics Publishers; 1992.
18. Petroski EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos [tese de doutorado]. Santa Maria, RS: Programa de Pós-Graduação em Educação Física da Universidade Federal de Santa Maria; 1995.
19. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986;8(1):307-10.
20. 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(1):72-8.
21. McLaughlin K, Russo A, Marino J, Lamonte A, Serrano R, Wygand J *et al.* A comparison of DEXA vs hydrostatic weighing techniques for body composition analysis. *Med Sci Sports Exerc.* 2004; 36(5 Suppl 1):S69.
22. Sardinha LB, Lohman TG, Teixeira PJ, Guedes DP, Scott B. Comparison of air displacement plethysmography with dual-energy X-ray absorptiometry and 3 field methods for estimating body composition in middle-aged men. *Am J Clin Nutr.* 1998;68(4):786-93.
23. Ballard TP, Fafara L, Vukovich MD. Comparison of Bod Pod® and DXA in female collegiate athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 2004;36(4):731-5.

24. Clark RR, Kuta JM, Sullivan JC. Prediction of percent body fat in adult males using dual energy x-ray absorptiometry, skinfolds, and hydrostatic weighing. *Med Sci Sports Exerc.* 1993;25(4):528-35.
25. Genton L, Karsengard VL, Zawadzynski S, Kyle UG, Pichard C, Golay A *et al.* Comparison of body weight and composition measured by two different dual-energy X-ray absorptiometry devices and three acquisition modes in obese women. *Clin Nutr.* 2005;24(6):937-42.
26. Siri WE. Body composition from fluid space and density. In: Brozek J, Harischel A, editors. *Techniques for measuring body composition.* Washington, DC: National Academy of Science; 1961. p.223-4.
27. Roubenoff R, Kehayias JJ, Dawson-Hughes B, Heymsfield SB. Use of dual-energy X-ray absorptiometry in body-composition studies: not yet a "gold standard." *Am J Clin Nutr.* 2000;58(5):589-91.
28. Clark RR, Sullivan JC, Kuta JM. DXA overestimate body fat in male athletes when using the norland xr 26 desintometer. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 30 (5 Suppl):S146.
29. Tylavsky F, Lohman TG, Dockrell M, Lang T, Choeller DA, Wan JY *et al.* Comparison of the effectiveness of 2 dual-energy X-ray absorptiometers with that of total body water and computed tomography in assessing changes in body composition during weight change. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(2):356-63.
30. Ploeg GED, Withers, RT, Laforgia J. Percent body fat via DEXA comparison with a four-compartment model. *J Appl Physiol.* 2003;94(2):499-506.

Endereço para correspondência:

Prof. Dr. Aparecido Pimentel Ferreira
Quadra 210, lote 2, Condomínio Cris Village, apto 1704
Águas Claras-DF, CEP 71930-750
Brasil

E-mail: cidopimentel@yahoo.com.br

Recebido em 13 de setembro de 2009
Aceito em 23 de fevereiro de 2010

