

Acuracidade de diferentes tipos de impedância bioelétrica na estimativa da gordura corporal de homens

Accuracy of different types of bioelectrical impedance to estimate body fat in men

Both, Diego Rodrigo; Matheus, Silvana Corrêa; Behenck, Mauri Schwanck

Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul/Brasil

Recibido: 9/junio/2014. Aceptado: 25/marzo/2015.

RESUMO

Introdução: A impedância bioelétrica (IB) é uma técnica rápida, não invasiva e relativamente barata, podendo ser aplicada em situações de campo ou em clínicas. Seu custo é cada vez mais baixo, tornando assim um equipamento de fácil aquisição, porém a acuracidade de alguns equipamentos ainda é questionável devido ao fornecimento de informações referentes apenas a gordura relativa e/ou absoluta, deixando de informar valores de resistência e/ou reatância.

Objetivo: Analisar a validade da estimativa do percentual de gordura corporal (%GC) obtido por meio de equipamentos de IB tetrapolar e bipolares (mão-mão e pé-pé) utilizando a pesagem hidrostática (PH) como uma técnica de referência.

Métodos: O %GC foi mensurado em 102 homens (18 – 30 anos), com 3 equipamentos de IB: Maltron BF-906 (tetrapolar); Omron 306BL [bipolar (mão-mão)] e Plena Ice [bipolar (pé-pé)] e pela PH. A acuracidade foi verificada por teste t pareado, correlação, erro padrão de estimativa, erro constante, erro total e análise de resíduos.

Resultados: A IB mão-mão subestimou e a IB pé-pé superestimou significativamente ($p < 0,05$) os valores de %GC. Já a IB tetrapolar não apresentou diferença significativa, bem como demonstrou o maior valor de correlação, menor erro constante e erro total e o maior percentual de concordância com a PH.

Conclusão: Os equipamentos de IB bipolares empregados neste estudo não apresentaram acuracidade para a estimativa da gordura corporal relativa. Somente a IB tetrapolar da marca Maltron BF-906 apresentou validade na determinação do %GC na amostra estudada.

PALAVRAS-CHAVE

Composição Corporal; Validade; Educação Física.

ABSTRACT

Introduction: The bioelectrical impedance (BI) is a fast, non-invasive and relatively inexpensive technique that can be applied in field situations or clinics. Its cost is ever lower, thus making equipment easy to purchase, but the accuracy of some equipment is still questionable due to the provision of information relating only to fat relative and/or absolute, failing to report values of resistance and/or reactance.

Objective: Evaluate the validity of the estimate of the percentage of body fat (%BF) obtained through BI analyzers tetrapolar and bipolar (hand to hand and

Correspondencia:
Diego Rodrigo Both
diegoboth@yahoo.com.br

foot to foot) using the hydrostatic weighing (HW) with a reference technique.

Methods: The %BF was measured in 102 men (18 – 30 years), with three equipment BI: Maltron BF-906 (tetrapolar); Omron 306BL (bipolar hand to hand) and Plena Ice (foot to foot) and HW. The accuracy was verified by paired t-test, correlation, standard error of estimate, constant error, total error and residue analysis.

Results: The BI hand to hand underestimated and BI foot to foot overestimated significantly ($p < 0.05$) values of %BF. Already tetrapolar BI showed no significant difference, and showed the highest correlation value, lower constant error and total error and the highest percentage of agreement with the HW.

Conclusion: The equipment used in this study bipolar BI showed no accuracy to estimate relative body fat. Only IB tetrapolar brand Maltron BF-906 showed validity in determining %BF in the sample.

KEYWORDS

Body Composition; Validity; Physical Education.

LISTA DE ABREVIATURAS

IB: Impedância bioelétrica.

PH: Pesagem hidrostática.

%GC: Percentual de gordura corporal.

UFSM: Universidade federal de Santa Maria.

IC: Intervalo de confiança.

MC: Massa corporal.

EST: Estatura.

IMC: Índice de massa corporal.

kg: quilogramas.

cm: centímetros.

g: gramas.

Dc: Densidade corporal.

VR: Volume residual.

Ps: Peso submerso em água.

Da: Densidade da água.

ml: mililitros.

dp: Desvio padrão.

EC: Erro constante.

EPE: Erro padrão de estimativa.

ET: Erro total.

r: Correlação de Pearson.

p: Nível de significância.

INTRODUÇÃO

A avaliação da composição corporal tem se tornado foco de muitos estudos nos últimos anos, isso se deve principalmente ao fato de que o aumento considerável da gordura corporal e sua distribuição têm relação direta com o desenvolvimento de doenças crônicas não transmissíveis como hipertensão arterial, diabetes, dislipidemias, doenças cardiovasculares, entre outras¹.

Os métodos mais utilizados para obter informações sobre os componentes corporais incluem dobras cutâneas, pesagem hidrostática (PH), ou métodos utilizando a impedância bioelétrica (IB). A escolha do método, em muitos casos, depende da disponibilidade do avaliado, do número de avaliados, do tipo de equipamento utilizado e da configuração da avaliação (laboratório ou campo; aplicação individual ou investigação de grandes grupos)².

Entre as técnicas de avaliação da composição corporal a PH é um método precursor, que serve de base para o desenvolvimento e validação de equações de regressão, tanto para técnicas antropométricas^{3,4}, quanto de IB^{5,6}. Apesar de atualmente existirem técnicas mais sofisticadas como as que utilizam diagnóstico por imagens, que não exigem um grande esforço por parte do avaliado, a PH ainda é considerada referência quando se trata de avaliação da composição corporal.

A IB é uma técnica rápida, não invasiva e relativamente barata, podendo ser aplicada em situações de campo ou em clínicas. Com este método, a impedância ou a oposição ao fluxo de corrente através de todo o corpo é medida com um analisador de IB. A resistência ao fluxo da corrente é maior em indivíduos com grandes quantidades de gordura corporal, uma vez que o tecido adiposo é um mau condutor de corrente elétrica devido a sua relativamente baixa concentração de água⁷. Esse método tem ganhado cada vez mais espaço nas avaliações, tanto individuais, quanto em estudos populacionais, isso se deve pela sua praticidade e principalmente pela grande disseminação de analisado-

res de IB, proporcionando redução no custo de aquisição de tais equipamentos⁸.

Hoje em dia, podem ser encontrados a venda diversos modelos de analisadores, ressaltando que os octapolares e os tetrapolares (utilizam oito e quatro eletrodos, respectivamente) além de terem custo mais elevado, necessitam de eletrodos de uso individual, o que pode ser um fator limitante em estudos populacionais, pois necessita de um aporte financeiro. Já os bipolares (utilizam dois eletrodos) são mais simples, mais baratos e geralmente possuem os eletrodos acoplados junto ao próprio aparelho, o que reduz consideravelmente o custo das avaliações⁹.

Apesar da IB bipolar ser um método prático e ter custo cada vez mais baixo, tornando assim um equipamento de fácil aquisição, sua acuracidade ainda é questionável devido ao fornecimento de informações referentes apenas a gordura relativa e/ou absoluta, deixando de informar valores de resistência e/ou reatância⁹. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é analisar a validade da estimativa do percentual de gordura corporal (%GC) obtido por meio de equipamentos de IB tetrapolar e bipolares (mão-mão e pé-pé) utilizando a PH como uma técnica de referência.

MÉTODOS

O presente estudo caracteriza-se como descritivo transversal, no qual foram comparados os resultados de %GC obtidos com os métodos de IB tetrapolar e bipolar com os da técnica de referência (PH).

Amostra

A amostra foi constituída a partir de uma população de 268 alunos, do sexo masculino, acadêmicos do curso de graduação em Educação Física na Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, localizada na região central do Rio Grande do Sul/Brasil. Utilizou-se um cálculo amostral que se baseou na média e desvio-padrão do %GC obtido pela PH (determinado a partir de um estudo piloto com 20 indivíduos) e Intervalo de Confiança (IC) estabelecido em 95%. O cálculo indicou 92 indivíduos necessários para representar a população. No entanto, foi avaliado um total de 102 universitários voluntários, que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: possuir idade entre 18 e 30 anos, não apresentar dificuldade na exalação do ar durante a pesagem subaquática e não possuir deficiência física que pudesse interferir na composição corporal.

Todos os participantes deste estudo foram informados dos procedimentos aos quais seriam submetidos e assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido.

Este estudo é parte de uma pesquisa em desenvolvimento a qual possui aprovação do Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria (CAAE: 11511112.8.0000.5346), com base na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde para Pesquisas em Seres Humanos.

Procedimentos

A coleta dos dados ocorreu no Laboratório de Cineantropometria do Centro de Educação Física e Desporto, o qual dispunha de todos os materiais necessários inclusive o tanque apropriado para a PH. A temperatura do ambiente foi controlada entre 22° e 27°C.

A massa corporal (MC) foi mensurada com uma balança digital da marca Marte®, com resolução de 0,1kg e capacidade máxima de 180kg. O avaliado descalço e usando roupas leves, posicionou-se em pé no centro da plataforma. A estatura (EST) foi verificada com um estadiômetro fixo da marca Cardiomed®, com resolução de 0,1cm e alcance máximo de 220cm, estando o avaliado de costas para a escala com os pés, a cintura pélvica e a cintura escapular em contato com o equipamento, com a cabeça alinhada no plano de Frankfurt, em apnéia inspiratória. A MC e a EST formam verificadas por meio dos procedimentos estabelecidos por Petroski¹⁰. Foram realizadas duas mensurações da MC e da EST de cada indivíduo aceitando-se como margem de erro 1%, considerou-se como medida final a média dessas duas medidas. A partir dessas medidas foi calculado o índice de massa corporal (IMC), por meio da razão entre a MC (kg) e o quadrado da EST (m).

Impedância Bioelétrica

Para a estimativa do %GC através da IB foram utilizados três equipamentos: um tetrapolar (Maltron – modelo BF-906) e dois bipolares [Omron – modelo 306BL (mão-mão) e Plena – modelo Ice (pé-pé)]. As medidas foram realizadas seguindo as orientações dos manuais de instruções que acompanham os aparelhos. Para a mensuração com o aparelho Maltron BF-906, o indivíduo permaneceu deitado em decúbito dorsal, numa posição confortável, sobre um material não condutor de eletricidade, com os braços e as pernas suficientemente afastados para não haver contato com o tronco. Foram

empregados quatro eletrodos no lado direito do corpo: o 1º localizado na mão logo abaixo da terceira articulação do dedo médio; o 2º na região entre os processos estilóides do rádio e da ulna; o 3º abaixo dos segundo e terceiro dedos do pé; e o 4º entre os maléolos medial e lateral (tornozelo). Para a determinação do %GC, com o aparelho Omron 306BL, o sujeito permaneceu em pé, com os cotovelos estendidos a frente do corpo, formando um ângulo de 90º entre o tronco e os membros superiores, segurando o aparelho o tempo suficiente para que fosse estimado o %GC. E para a mensuração com o equipamento Plena Ice, o indivíduo posicionou-se em pé sobre as placas metálicas localizadas na parte superior do aparelho até ser possível fazer o registro dos valores estimados.

Os indivíduos foram orientados previamente a: não consumir uma quantidade grande de água antes da avaliação; não fazer uso de medicamentos como diuréticos; não praticar exercícios físicos durante as 12 horas precedentes à avaliação; não ingerir bebidas alcoólicas, café/chá ou bebidas efervescentes durante as 24 horas precedentes à avaliação; estar em jejum de 2 a 3 horas; esvaziar a bexiga e intestinos antes da avaliação.

Pesagem Hidrostática

Para mensurar o volume corporal, utilizou-se um tanque projetado e apropriado para a PH, com aproximadamente 170cm de diâmetro e 150cm de profundidade. Sobre o tanque, era afixada uma balança da marca Filizola®, com capacidade para 6kg e resolução de 0,01kg, a qual foi empregada para verificar o peso subaquático. Os procedimentos utilizados para a verificação do peso subaquático foram os descritos Heyward¹¹ o avaliado deveria usar roupa leve de natação; urinar e eliminar o máximo possível de gases e fezes antes do teste; assumir a posição sentada na cadeira após remover todas as bolhas da roupa e do cabelo; expirar o máximo de ar possível quando estivesse totalmente submerso no tanque; permanecer tão imóvel quanto possível durante esse procedimento.

A temperatura da água foi mantida entre 32º e 36ºC. Foram realizadas entre sete e 12 tentativas, registrando-se a média das três tentativas mais altas com variação inferior a 100g como peso subaquático bruto. Para determinar o peso subaquático líquido foi subtraído o peso da cadeira e dos demais equipamentos de apoio (quando utilizados).

A partir dos dados de volume corporal, calculou-se a densidade corporal através da seguinte equação:

$$Dc \left(\frac{g}{ml} \right) = \frac{MC}{\frac{MC - Ps}{Da} - (VR + 100)}$$

Onde: Dc – Densidade corporal; MC – Massa corporal (kg); Ps – Peso submerso na água (kg); Da – Densidade da água; VR – Volume residual; 100 – É a estimativa do gás gastrointestinal. O volume residual foi calculado segundo a equação de Goldman e Becklake¹². Para a estimativa do %GC, os resultados de Dc foram aplicados na equação de Siri¹³.

Análise estatística

Para a análise estatística, utilizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov para testar a normalidade dos dados. A estatística descritiva foi utilizada para caracterizar a amostra. Para testar a concordância dos métodos foram utilizados os critérios sugeridos por Lohman¹⁴: coeficiente de correlação linear de Pearson (r) >0,79; teste t pareado (t); e, erro padrão de estimativa (EPE) inferior a 3,5% para a predição do %GC, erro constante (EC) e erro total (ET). A análise dos escores residuais foi baseada na proposta de Bland e Altman¹⁵. O nível de significância adotado foi p<0,05. Os cálculos foram realizados com auxílio do programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 14.

RESULTADOS

Na tabela 1 estão apresentadas as características descritivas da amostra.

Os resultados da validação cruzada dos equipamentos de IB podem ser observados na tabela 2. Somente os resultados de %GC obtidos com a IB tetrapolar não apresentaram diferença estatisticamente significativa com os da PH. O coeficiente de correlação entre os métodos apresentou magnitude moderada, com o maior valor para a IB tetrapolar, bem como, o menor EC (-0,4%) e menor ET (3,3%).

A análise dos diagramas de dispersão de Bland e Altman¹⁵ (figura 1) confirma os melhores resultados de concordância apresentados pela IB tetrapolar, bem como, o menor erro médio (-0,4%) e o menor IC_{95%} (6,6% a -7,3%).

Tabela 1. Características descritivas da amostra, com valores de idade, variáveis antropométricas e gordura corporal relativa (%GC).

Variáveis	Média ± dp	Mínimo – Máximo
Idade (anos)	21,7 ± 2,7	18,0 – 30,0
Massa Corporal (kg)	76,6 ± 10,6	53,6 – 105,0
Estatura (cm)	176,9 ± 6,6	161,4 – 194,0
IMC (kg/m ²)	24,4 ± 2,7	17,3 – 34,0
%GC _{PH}	16,2 ± 4,8	4,8 – 29,8
%GC _{IB-BIPOLAR (PÉ-PÉ)}	17,4 ± 5,5	2,3 – 33,9
%GC _{IB-BIPOLAR (MÃO-MÃO)}	13,4 ± 4,9	4,9 – 26,5
%GC _{IB-TETRAPOLAR}	15,8 ± 5,2	5,7 – 32,0

IMC: índice de massa corporal; %GC: percentual de gordura corporal; PH: pesagem hidrostática; IB: impedância bioelétrica.

Tabela 2. Validação cruzada dos resultados de %GC obtidos pelos equipamentos de IB.

Métodos	Média	p	r	EC	EPE	ET
%GC _{PH}	16,2 ± 4,8					
%GC _{IB-BIPOLAR (PÉ-PÉ)}	17,4 ± 5,5	0,005	0,65	1,2	4,2	12,5
%GC _{IB-BIPOLAR (MÃO-MÃO)}	13,4 ± 4,9	0,000	0,68	-2,8	3,3	28,5
%GC _{IB-TETRAPOLAR}	15,8 ± 5,2	0,379	0,75	-0,4	3,4	3,3

%GC: percentual de gordura corporal; PH: pesagem hidrostática; IB: impedância bioelétrica; p: nível de significância; r: correlação de Pearson; EC: erro constante; EPE: erro padrão de estimativa; ET: erro total.

Na figura 2 são demonstrados os percentuais de concordância entre os resultados de %GC obtidos pela PH e pelos equipamentos de IB para um intervalo de -3,5% a +3,5%, ponto de corte considerado razoável¹⁴. Pode-se observar que a IB tetrapolar apresentou o maior percentual de concordância para este intervalo.

DISCUSSÃO

Apesar da facilidade de obtenção dos resultados e a excelente aplicabilidade em situações de campo, a maioria dos aparelhos bipolares de IB ainda não foram testados/validados para a estimativa da gordura corporal da população brasileira.

No presente estudo a IB bipolar Plena Ice (pé-pé) superestimou a medida de %GC em 1,2% comparada a PH na amostra estudada. Em contrapartida, a IB bipolar Omron 306BL (mão-mão) subestimou em 2,8% a gordura corporal relativa da amostra. Ambos os equipa-

mentos apresentaram resultados estatisticamente diferentes dos obtidos com o método de referência (PH).

Outros estudos^{9,16-18} que utilizaram a IB bipolar (mão-mão) também observaram subestimação do %GC comparado com técnicas de referência. Nesse sentido, Heitmann¹⁹ ressalta que mesmo que os membros superiores e inferiores possam representar aproximadamente 90% da impedância total do corpo, os modelos matemáticos empregados nos equipamentos bipolares assumem que a distribuição da gordura corporal é semelhante nos demais segmentos corporais não avaliados.

Contudo, as suposições de que a passagem da corrente elétrica entre membros superiores e tronco ou somente entre os membros inferiores reflete a impedância do corpo, como um todo, são discutíveis²⁰. Assim, as medidas produzidas podem ser imprecisas²¹. Este fato é observado no presente estudo, visto que, foram identificadas diferenças significativas entre as medidas obtidas pelos equipamentos bipolares e pela PH. Portanto,

Figura 1. Diagramas de dispersão de Bland e Altman¹⁵ dos resultados da gordura corporal relativa (%GC) medida por PH e pelos equipamentos de IB.

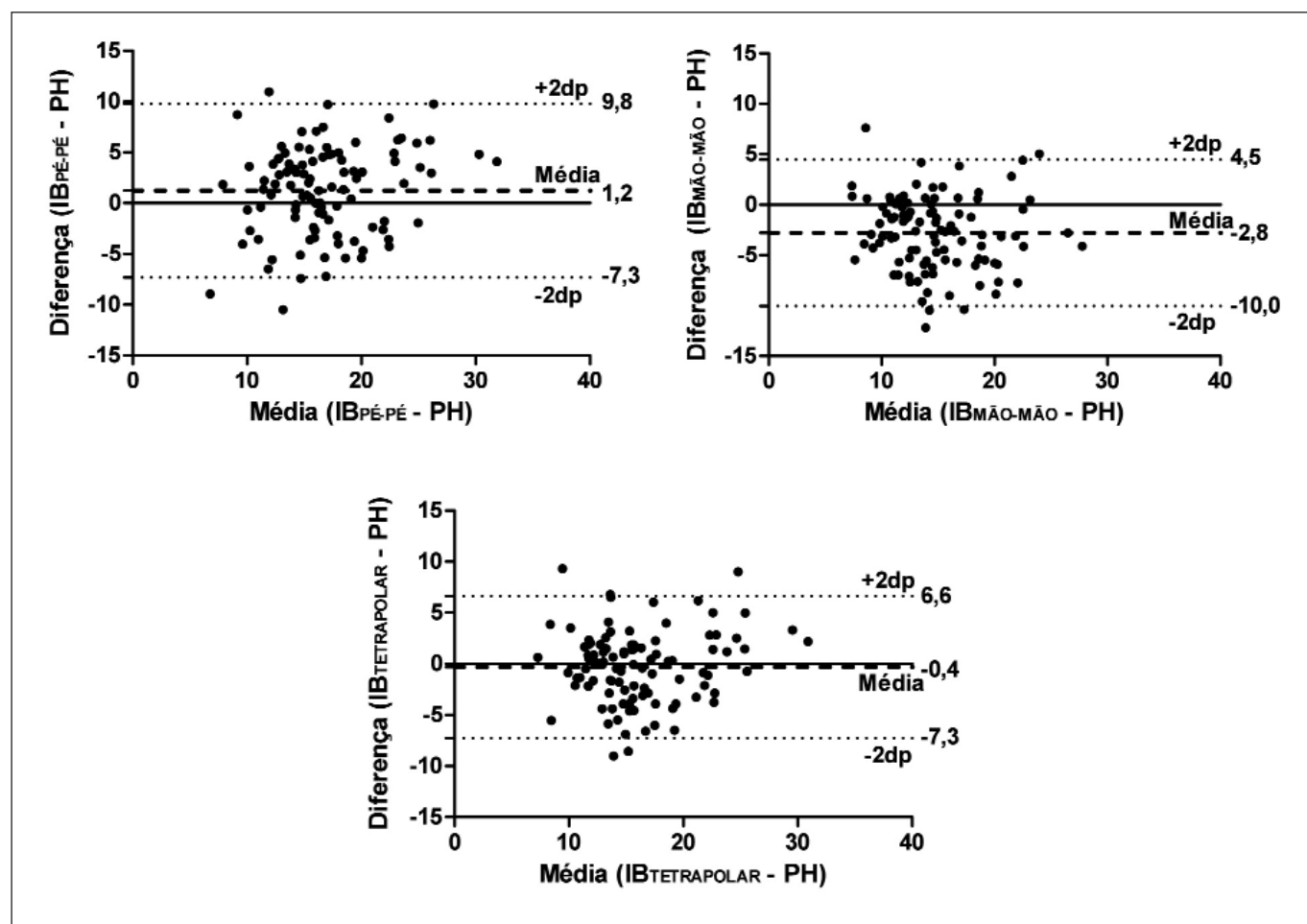
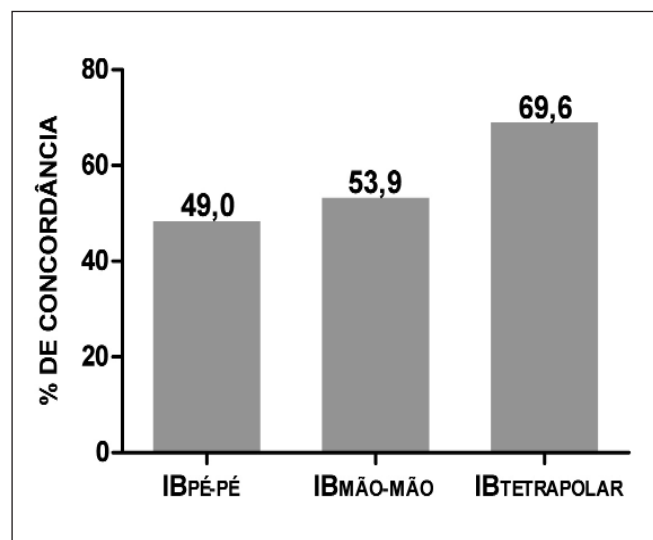


Figura 2. Percentual de concordância da estimativa da gordura corporal relativa (%GC) medida por PH e pelos equipamentos de IB, de acordo com um intervalo de -3,5% a +3,5% como valores de concordância entre as técnicas.



ao fazer uso da IB bipolar da marca Omron 306BL (mão-mão) em uma amostra semelhante a do presente estudo, serão grandes as chances de subestimar o %GC dos avaliados. Por outro lado, com a utilização da IB Plena Ice (pé-pe) poderá haver uma superestimação do %GC. Essas tendências podem ser confirmadas nos gráficos de dispersão (figura 1).

Quanto a IB tetrapolar Maltron BF-906, este equipamento superestimou o %GC em apenas 0,4% não apresentando diferença significativa com os resultados obtidos com a PH. Revelou também, o maior coeficiente de correlação (tabela 2) com a PH, comparado com os outros equipamentos utilizados. Além disso, o ET observado foi baixo e o diagrama de dispersão de Bland e Altman¹⁵ demonstrou pequeno erro médio e IC considerado adequado.

De acordo com Lohman¹⁴, na comparação de métodos, é considerado razoável um erro de até $\pm 3,5\%$ na

estimativa do %GC. Nesse sentido, a IB tetrapolar demonstrou o maior percentual de concordância (69,6%) com a PH. Já as IB bipolares, apresentaram baixa concordância. Desse modo, o emprego desses equipamentos pode levar a diagnósticos incorretos, consequentemente a intervenções inadequadas, podendo torna-se um risco a saúde dos avaliados. Ao analisarem a acuracidade da IB bipolar (mão-mão) frente à DXA em 66 homens com idade entre 18 e 33 anos, Rech e Glaner⁹ também encontraram baixo percentual de concordância entre os métodos.

Considerando o tipo de analisador de IB, o maior número de eletrodos pode ter sido a causa do melhor resultado obtido com a IB tetrapolar, visto que, neste tipo de equipamento, a impedância e a água corporal total são estimadas por meio da condução de uma corrente elétrica entre o pé e a mão direita do avaliado na posição supinada²². Já nos analisadores de IB bipolares, a corrente elétrica é conduzida até o corpo humano por placas metálicas acopladas ao equipamento que, em contato com as mãos ou pés, registram a impedância entre membros superiores e tronco ou somente entre membros inferiores²³.

Na análise de validação, somente a IB tetrapolar atingiu os critérios estabelecidos, com exceção do coeficiente de correlação de Pearson, que foi $<0,79$. Porém, estudos²⁴⁻²⁶ tem demonstrado as limitações da utilização da análise de correlação, de forma única, para testar a validade de um método contra outro adotado como referência, ou seja, um valor alto de correlação não indica que há concordância entre dois métodos. Portanto, podemos considerar que o aparelho Maltron BF-906 apresentou medidas confiáveis de %GC em universitários de Educação Física.

Pode ser apontado como limitação deste estudo a não utilização da medida direta do volume residual para o cálculo da densidade corporal a partir da PH, no entanto, na maioria dos estudos nacionais^{4,27-29} tem se utilizado a equação de Goldman e Becklake¹² para esta estimativa, podendo assim ser um fator que pouco influenciou nos resultados deste estudo.

Outro ponto que devemos destacar é a impossibilidade de identificarem-se as equações utilizadas pelos equipamentos de IB na estimativa do %GC, haja vista, seus manuais não apresentarem tal informação. Desse modo, possivelmente as equações utilizadas pelos diferentes analisadores não sejam as mesmas, podendo assim ter contribuído para não haver concordância entre

os equipamentos bipolares e a PH. Entretanto, ao fazer uso de um analisador de composição corporal é de se esperar, que este avalie de forma adequada quando comparado a um método de referência, independente da equação empregada.

CONCLUSÃO

De acordo com o objetivo estabelecido e resultados encontrados, pode-se concluir que os equipamentos de IB bipolares empregados neste estudo não apresentaram acuracidade para a estimativa da gordura corporal relativa. Somente a IB tetrapolar da marca Maltron BF-906 apresentou validade na determinação do %GC na amostra estudada.

REFERÊNCIAS

1. Janssen I, Baumgartner RN, Ross R, Rosenberg IH, Roubenoff R. Skeletal muscle cutpoints associated with elevated physical disability risk in older men and women. *Am J Epidemiol.* 2004; 159(4):13-21.
2. Kirkendall DT, Grogan JW, Bowers RG. Field comparison of body composition techniques: hydrostatic weighing, skinfold thickness, and bioelectric impedance. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991; 13(5):235-9.
3. Guedes DP. Estudo da gordura corporal através da mensuração dos valores de densidade corporal e da espessura de dobras cutâneas em universitários [Dissertação de Mestrado]. Santa Maria: UFSM; 1985.
4. Petroski EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. Santa Maria: UFSM; 1995.
5. Carvalho ABRd, Pires-Neto CS. Desenvolvimento e validação de equações para estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica em mulheres. *Rev Bras Ativ Fis e Saúde.* 1998;3(1):5-12.
6. Segal KR, Loan MV, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Itallie TBV. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr* 1988;47:7-14.
7. Heyward V. ASEP methods recommendation: body composition assessment. *J Exer Physiol.* 2001;4(4):1-12.
8. Gibson AL, Heyward VH, Mermier CM. Predictive accuracy of Omron body logic analyzer in estimating relative body fat of adults. *Int J Sport Nutr Exerc Metab.* 2000;10(2):216-27.
9. Rech CR, Glaner MF. Impedância bioelétrica bipolar: falta acuracidade para estimar a gordura relativa em homens. *Rev Bras Cineantropom Desempenho Hum.* 2011;13(2):100-5.
10. Petroski EL. Antropometria - técnicas e padronizações. Jundiaí: Editora Fontoura; 2011.
11. Heyward V. Avaliação física e prescrição de exercícios: técnicas avançadas. 6 ed ed. Porto Alegre: Artmed; 2013.

12. Goldman HI, Becklake MR. Respiratory function tests: normal values of medium altitudes and the prediction of normal results. *American Review Respiratory Disease*. 1959;79:457-67.
13. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density analysis of methods. National Academy Press. 1961:223-44.
14. Lohman TG. Advances in body composition assessment. Champaign: Human Kinetics Publishers; 1992.
15. Bland J, Altman D. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *The Lancet*. 1986;12:307-10.
16. Marques MB, Heyward V, Paiva CE. Validação cruzada de equações de bio-impedância em mulheres brasileiras por meio de absorptometria radiológica de dupla energia (DXA). *Revista Brasileira Ciencia e Movimento*. 2000;8(4):14-20.
17. Vasudev S, Mohan A, Mohan D, Farooq S, Raj D, Mohan V. Validation of body fat measurement by skinfolds and two bioelectric impedance methods with DEXA—the Chennai Urban Rural Epidemiology Study [CURES-3]. *J Assoc Physicians India*. 2004;52:877-81.
18. Lintsi M, Kaarma H, Kull I. Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2004;24(2):85-90.
19. Heitmann BL. Impedance: a valid method in assessment of body composition? *Eur J Clin Nutr*. 1994;48(4):228-40.
20. Jambassi Filho JC, Cyrino ES, Gurjão ALD, Braz IA, Gonçalves R, Gobbi S. Estimativa da composição corporal e análise de concordância entre analisadores de impedância bioelétrica bipolar e tetrapolar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*. 2010;16:13-7.
21. Dittmar M. Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *Am J Hum Biol*. 2004;16(5):593-7.
22. Lukaski HC, Siders WA. Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. *Nutrition*. 2003;19(10):851-7.
23. Deurenberg P, Deurenberg-Yap M. Validation of skinfold thickness and hand-held impedance measurements for estimation of body fat percentage among Singaporean Chinese, Malay and Indian subjects. *Asia Pac J Clin Nutr*. 2002;11(1):1-7.
24. Williams CA, Bale P. Bias and limits of agreement between hydrodensitometry, bioelectrical impedance and skinfold calipers measures of percentage body fat. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1998;77(3):271-7.
25. Bates BT, Zhang S, Dufek JS, Chen FC. The effects of sample size and variability on the correlation coefficient. *Med Sci Sports Exerc*. 1996;28(3):386-91.
26. Hirakata VN, Camey SA. Análise de concordância entre métodos de Bland-Altman. *Rev HCPA*. 2009;29(3):261-8.
27. Carvalho ABRd, Pires-Neto CS. Desenvolvimento e validação de equações para estimativa da massa corporal magra através da impedância bioelétrica em homens. *Rev Bras Ativ Fis e Saúde*. 1998;3(1):14-21.
28. Salem M, Filho JF, Neto CSP. Development and validation of specific anthropometric equations to determine the body density of Brazilian Army military women. *Rev Bras Med Esporte*. 2004;3(4):147-51.
29. Glaner MF, Rodriguez-Añez CR. Validação de equações para estimar a densidade corporal e/ou percentual de gordura para militares masculinos. *Revista Treinamento Desportivo*. 1999;4(1):29-36.