

Utilização da impedância bioelétrica para estimativa da massa muscular esquelética em homens idosos

Luiz Rodrigo Augustemak de Lima, Cassiano Ricardo Rech, Edio Luiz Petroski

Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC/Brasil. Universidade Estadual de Ponta Grossa.
Ponta Grossa/PR/Brasil

RESUMO. O presente estudo tem como objetivos: a) verificar a concordância entre os métodos da impedância bioelétrica (BIA) e da absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA), para a estimativa da massa muscular esquelética (MME); b) analisar o poder preditivo das variáveis antropométricas e de BIA para predição da MME em idosos. Foram avaliados 60 homens idosos (61 a 80 anos), residentes na região Sul do Brasil. Mensuraram-se as variáveis antropométricas (massa corporal e estatura), as variáveis de resistência e hidratação dos tecidos livres de gordura foram medidas pela técnica da BIA tetrapolar (*Biodinamics* - BF-310), realizou-se também um *scan* de corpo inteiro através da DEXA (*LUNAR PRODIGY DF + 14319 Radiation e software 7.52.002 DPX-L*). A diferença entre os métodos foi verificada pelo teste “t”, análise dos resíduos e o coeficiente de correlação. O valor preditivo das variáveis antropométricas e de BIA foi verificado pela regressão Linear Múltipla. Observou-se que a BIA superestimou em média 0,6 kg (dp= 1,59) a MME, quando comparada com a DEXA, contudo não houve diferença estatística ($p < 0,05$). Foi observada uma forte relação entre os métodos ($r = 0,90$; $p < 0,01$). A análise de regressão demonstrou que a variável EST^2/R explica 86% da variação da MME, quando ajustada para massa corporal e idade e esta relação é independente das variáveis de gordura corporal, hidratação dos tecidos livres de gordura e IMC. Assim, nota-se que o método da BIA, aqui testado, é válido para a estimativa da MME em homens idosos e seus valores podem ser melhor preditos pelo modelo de regressão proposto a partir da medida de EST^2/R ajustada para a massa corporal e idade.

Palavras-chave: Idosos, impedância bioelétrica, densitometria, envelhecimento, músculo esquelético humano, equação preditiva, composição corporal, homens.

INTRODUÇÃO

Diversos países da América Latina passam por um processo acelerado de envelhecimento de sua população (1,2), processo já evidenciado nos países da Europa e em países desenvolvidos há algumas décadas (3).

Inúmeros eventos estão atrelados ao envelhecimento humano, dentre eles destacam-se as alterações morfofuncionais, principalmente, relacionadas às mudanças na composição corporal (4). O acúmulo de gordura corporal, a diminuição da massa óssea e a diminuição da massa muscular esquelética (sarcopenia), são as alterações mais evidentes e

SUMMARY. Use of bioelectrical impedance for the estimation of skeletal muscle mass in elderly men. The aim of the present study was twofold: a) to determine the agreement between bioelectrical impedance analysis (BIA) and dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) for the estimation of skeletal muscle mass (SMM), and b) to analyze the predictive power of anthropometric variables and BIA for the prediction of SMM in the elderly. Sixty elderly men (61 to 80 years) from the southern region of Brazil were studied. Anthropometric variables (body weight and height) were measured, the resistance and hydration of fat-free tissues variables were determined by tetrapolar BIA (BF-310, Biodynamics). A whole body DEXA scan was also performed (Lunar Prodigy DF + 14319 Radiation and 7.52.002 DPX-L software). Differences between methods were analyzed using the t-test, analysis of residues and correlation coefficient. The predictive value of the anthropometric variables and BIA was evaluated by multiple linear regression. BIA overestimated SMM on average by 0.60 kg (sd=1.59) when compared to DEXA, however, no statistical difference was observed ($p > 0,05$). There was a strong correlation between methods ($r = 0,90$; $p < 0,01$). Regression analysis demonstrated that the Ht^2/R variable explained 86% of the variation in SMM when adjusted for body weight and age, and this relationship did not depend on body fat, hydration of fat-free tissues or BMI. Thus, BIA as tested here is a valid method for the estimation of SMM in elderly men and its values can be best predicted using the regression model proposed, which included Ht^2/R adjusted for body weight and age.

Key words: Elderly, bioelectrical impedance, densitometry, aging, human skeletal muscle, prediction equation, body composition, men.

que comprovadamente influenciam na capacidade funcional (5), no metabolismo (6-8), e nas atividades da vida diária de indivíduos idosos.

Investigações conduzidas por Janssen et al. (9), reforçam a idéia de que um nível elevado de massa muscular esquelética (MME) está associado a uma maior aptidão física e menores chances de apresentar problemas metabólicos (obesidade, diabetes, doenças cardiovasculares) em indivíduos em todas as faixas etárias. Deste modo, avaliar a perda de MME é de fundamental importância para evidenciar as possíveis alterações metabólicas e funcionais associadas ao envelhecimento.

Esta diminuição de MME é conhecida e relatada cientificamente como sarcopenia, que é um fator associado à diminuição da força, perda da autonomia e uma maior incidência de fraturas entre os idosos (10-13).

A literatura apresenta como método de referência “*in vivo*”, para a estimativa da MME, as medidas da ressonância magnética de imagem (RMI) e a tomografia computadorizada (TC) (14). Atualmente, a Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DEXA) tem sido proposta como um método válido para a estimativa da MME em diversas populações (15-17). Esta técnica apresenta como vantagens a baixa exposição à radiação e um menor custo em relação à TC e RMI.

Kim et al. (18) propuseram modelos de regressão para estimar a MME, a partir das medidas da DEXA e compararam estes valores com a RMI, não observando diferenças estatísticas ($p > 0,05$). Estes resultados foram corroborados por Chen et al. (17) e Kim et al. (16) que evidenciaram forte relação ($r^2 = 0,96$) entre as medidas de tecido moles do esqueleto apendicular (TMMA) e a medida de MME total dos indivíduos. Contudo, estas técnicas apresentam custos elevados, necessidade de materiais especializados, inconvenientes estes, que não permitem a sua utilização em estudos epidemiológicos.

Assim, outros métodos, como a utilização das medidas de impedância bioelétrica (BIA), foram propostas. Janssen et al. (19) observaram que, utilizando a variável da estatura ao quadrado pela resistência (EST^2/R), obtida pela análise da BIA, pode se estimar com acurácia a MME em adultos e idosos, quando ajustada por sexo e idade. Esta técnica tem sido amplamente empregada na estimativa dos componentes corporais em diversas populações, principalmente, devido ao fato de sua metodologia não invasiva, ser portátil, rápida, de baixo custo e a sua excelente aplicabilidade em estudos populacionais (20,21).

Assim, o presente estudo tem como objetivos: 1) verificar a concordância entre os métodos da impedância bioelétrica (BIA) e da absortometria radiológica de dupla energia (DEXA), para a estimativa da massa muscular esquelética (MME) e; b) analisar o poder preditivo de variáveis antropométricas (massa corporal, massa gorda, índice de massa corporal) e de BIA (EST^2/R e hidratação dos tecidos livres de gordura) para predição da MME em homens idosos.

MÉTODOS

Os dados analisados, no presente estudo, são provenientes do banco de dados originário da pesquisa “Validação de equações antropométricas e de impedância bioelétrica para a estimativa da composição corporal em idosos” (22). A coleta de dados foi realizada no ano de 2005, com Grupos de atendimento ao idoso da cidade de Florianópolis-SC. Foram considerados como população do estudo, todos os idosos

inscritos nos Grupos de Terceira idade de Florianópolis, SC (5.326 idosos). Posteriormente, foram sorteados, aleatoriamente, quatro grupos, totalizando um número de 526 idosos.

Os idosos destes grupos foram listados em ordem alfabética e a seleção da amostra foi realizada por sorteio aleatório sistemático, iniciando pelo primeiro sujeito da lista, posteriormente, foram selecionados indivíduos com um intervalo a cada nove sujeitos, proporcionando, assim, a possibilidade de todos serem selecionados. Foram excluídos do estudo os indivíduos que apresentaram doenças incapacitantes (paralisias, derrames, câncer, hipertensos, hipertireoidismo, hipotireoidismo, insuficiência renal e hepática), assim como aqueles que faziam uso contínuo de medicamentos diuréticos, que pudessem interferir nos valores de BIA.

A amostra foi composta por 60 homens idosos (60-81 anos), com índice de massa corporal médio de 26,5 kg/m² (variando de 20,8 a 33,75 kg/m²). Todos residentes no município de Florianópolis, Estado de Santa Catarina, localizado na região Sul do Brasil. Foram mensuradas as medidas de massa corporal e estatura de acordo com a padronização proposta por Gordon et al. (23), utilizou-se uma balança ARJA, com capacidade para 150 kg e um estadiômetro de parede com precisão de 0,1 cm.

A medida da MME foi obtida pelo método da DEXA, por um scanner de corpo inteiro, utilizando um aparelho da marca *LUNAR PRODIGY DF + 14319 Radiation (Madison, WI)*, sendo que a quantificação desses valores foi realizada com um *software versão 7.52.002 DPX-L*. Os idosos usaram apenas um avental, descalços, sem o uso de anéis, de próteses dentárias e outros tipos de materiais metálicos. Foi solicitado ao idoso, deitar-se na mesa em decúbito dorsal, permanecendo imóvel após a realização do “*scan*” de corpo inteiro, que levou em média 20 a 30 minutos.

O aparelho foi calibrado diariamente, de acordo com as recomendações do fabricante. As avaliações foram realizadas por uma técnica em radiologia médica, junto ao Centro de Diagnóstico por Imagens (SONITEC), na cidade de Florianópolis-SC, no mesmo dia da coleta das medidas antropométricas. A partir da medida da DEXA, foram selecionadas as medidas de tecido moles do esqueleto apendicular (TMMA), em quilogramas, além das medidas de idade (anos) e sexo (0=feminino; 1= masculino), para a estimativa da MME, de acordo com o modelo proposto por Kim et al. (18).

$$MME \text{ (kg)} = (1,13 * TMMA) - (0,02 * Idade) + (0,61 * sexo) + 0,97$$

Ainda foram coletadas as medidas de impedância bioelétrica (resistência e hidratação dos tecidos livre de gordura), com um analisador de composição corporal

tetrapolar *Biodinamics* (modelo BF-310). A BIA emite uma corrente elétrica indolor, de baixa intensidade, equivalente a 800 μ A, a uma frequência de 50 KHz, seguindo o caminho do eletrodo fonte até o de captação.

Foram utilizados eletrodos-sensoriais (proximais) sobre a superfície dorsal do punho e do tornozelo e eletrodos-fonte (distais) na base das articulações metacarpofalângica da mão e metatarsofalângica do pé, todos no hemisfério direito, estando o indivíduo em decúbito dorsal, em uma superfície não condutora de eletricidade, além das padronizações, também foram seguidos os cuidados pré-teste sugeridos por Heyward e Stolarczyk (24). A medida de resistência (R, ohms) foi utilizada para a estimativa da MME por meio do modelo de regressão proposto por Janssen et al. (19), ajustada por sexo (0=feminino; 1= masculino) e idade (anos).

$$MME \text{ (kg)} = [(EST^2/R * 0,401) + (3,825 * \text{sexo}) + (-0,071 * \text{idade})] + 5,102$$

A análise dos dados foi realizada por meio da estatística descritiva. Primeiramente, foram comparadas às estimativas da MME estimada pela DEXA e pela BIA por meio do “teste t” pareado, correlação linear de Pearson e coeficiente de determinação. Ainda, foram analisados a diferença média (DM) e o erro padrão de estimativa (EPE) entre os métodos, além da análise da dispersão entre os métodos por meio dos gráficos propostos por Bland & Altman (25).

A análise multivariada foi realizada a fim de verificar o valor preditivo das variáveis de massa corporal (kg), índice de massa corporal (kg/m^2), % gordura corporal (%GC), hidratação dos tecidos livres de gordura (litros), índice da razão entre a estatura ao quadrado e a resistência da BIA (EST^2/R), para estimar a massa muscular. Para a análise dos dados, foi utilizado o programa SPSS versão 10.0, adotando um nível de significância de $p < 0,05$.

Esta pesquisa seguiu os princípios éticos de respeito à autonomia das pessoas, apontados pela Resolução nº 196, de 10 de outubro de 1996, do Conselho Nacional de Saúde. O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, sob nº 059/05.

RESULTADOS

Os idosos avaliados apresentaram uma média de idade 69,3 anos ($dp=5,7$ anos), com uma amplitude de 21 anos (60-81 anos). A partir dos valores de índice de massa corporal (IMC) foi possível observar que a amostra apresentou uma prevalência de 1,7% de indivíduos com baixo peso, 73,3% peso normal e 25% com excesso de peso, de acordo com as recomendações para idosos (26). Isto permite uma validação externa maior dos dados aqui analisados.

A mesma variabilidade foi observada nos valores de gordura relativa (%GC), nos quais os idosos apresentaram uma variação entre 12,6% e 35,1%, valores estes mensurados por meio da DEXA. Outros resultados referentes às características antropométricas da amostra são apresentados na Tabela 1.

TABELA 1
Valores descritivos das variáveis antropométricas e de composição corporal de homens idosos

Variáveis (n=60)	Média	dp	Mínimo	Máximo
Massa corporal (kg)	74,41	10,65	57,21	103
Estatura (cm)	167,31	7,39	152	185
IMC (kg/m^2)	26,53	2,77	20,88	33,75
%GC _{DEXA}	23,08	5,77	12,62	35,12
MLG _{DEXA} (kg)	55,03	6,18	42,53	70,63
Resistência _{BIA} (ohms)	464,63	47,72	368	568
Hidratação MLG _{BIA} (litros)	30,9	3,55	23,4	42,1

IMC: índice de massa corporal; %GC_{DEXA}: Percentual de gordura corporal mensurada pela Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DEXA); MLG_{DEXA}: massa livre de gordura mensurada pela DEXA; Impedância Bioelétrica (BIA).

A Tabela 2 apresenta os resultados referentes à concordância entre as medidas da MME estimadas pelos métodos da DEXA e da BIA.

TABELA 2
Comparação entre os métodos da DEXA e da BIA para estimativa da massa muscular esquelética em homens idosos

Métodos	Média	dp	r	r ²	DM
MME _{DEXA}	27,80	3,57	0,90*	0,82*	0,60
MME _{BIA}	28,40	3,48			

MME: massa muscular esquelética (kg); DM= diferença média ($MME_{BIA} - MME_{DEXA}$) Impedância Bioelétrica (BIA) e da Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DEXA).

* $p < 0,001$.

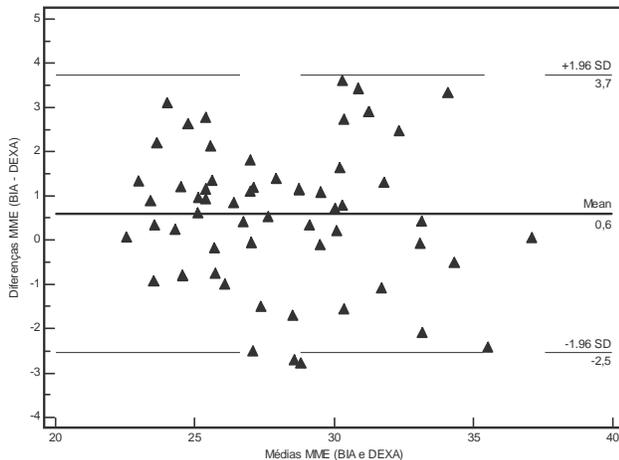
Houve uma forte relação entre os métodos ($r=0,90$; $IC_{95\%}=0,83;0,93$), demonstrando que o método da BIA estima a MME e explica 82% da variação desta variável quando mensurada pela DEXA. Os desvios padrões entre ambos os métodos também foram próximos, inferindo que os valores extremos não foram aproximados ou distanciados da média quando aplicado o método da BIA para a estimativa da MME.

Ainda, no sentido de analisar as variações nas estimativas da MME, foram analisados os resíduos entre os dois métodos

de estimativa. A Figura 1 apresenta a distribuição gráfica dos resíduos, por meio do método de Bland e Altman (25).

FIGURA 1

Análise das diferenças (resíduos), em kilogramas, entre a estimativa de massa muscular pelos métodos da Impedância Bioelétrica (BIA) e da Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DEXA)



A análise dos resíduos permite inferir que houve homocedasticidade dos dados, ou seja, não houve outliers, oriundos da estimativa da BIA em função dos valores mensurados pela DEXA. A diferença média dos resíduos foi de 0,60 kg (IC_{95%} = -2,5 e 3,7 kg), entre os métodos.

Com base nos resultados atribuídos aos resíduos, é possível observar que 71,7% (n=43) dos idosos apresentaram um erro de estimativa da MME pelo método da BIA entre -2 e 2 kg. Quando se reduz essa margem de erro (-1 e 1 kg), observa-se que 43,3% (n=26) dos idosos estão neste intervalo de erro.

Na Tabela 3 que apresenta os valores da análise univariada, observou-se que a variável de %GC não apresentou relação com a MME (r=0,01; p>0,05). As variáveis de EST²/R e a massa corporal foram as melhores preditoras da MME (p<0,01).

TABELA 3

Valores preditivos das variáveis antropométricas e de BIA para a estimativa da massa muscular em homens idosos

Variáveis	r	r ²	p
Massa corporal (kg)	0,81	0,66	0,000
IMC (kg/m ²)	0,51	0,26	0,000
%Gordura	0,01	0,01	ns
Hidratação* (L)	0,85	0,74	0,000
EST ² /R	0,88	0,80	0,000

*Hidratação dos tecidos livres de gordura; IMC: índice massa corporal; Estatura²/Resistência: (EST)²/R; ns: não significativo.

No modelo multivariado, foram incluídas as variáveis de EST²/R, hidratação da MLG, massa corporal, e IMC, nesta ordem de inclusão. A variável de %GC não foi incluída no modelo por não apresentar significância estatística (p>0,05), conforme aprestado na Tabela 3.

A Tabela 4 apresenta os modelos de regressão linear entre as variáveis antropométrica e de BIA e a MME mensurada pelo método da DEXA. As variáveis de hidratação da MLG e IMC não foram significativas (p>0,05), quando inseridas no modelo multivariado. Este fato deve-se, em parte, a estas variáveis possuírem uma covariância com as variáveis EST²/R (r=0,93) e massa corporal (r=0,80). A variável EST²/R explicou 80% da variação da MME (Tabela 4), com um erro padrão de estimativa de 1,69 kg. Esta relação foi melhor quando ajustada para a massa corporal (modelo 2) e para a massa corporal e idade (modelo 3).

TABELA 4

Modelos de regressão linear para a estimativa da massa muscular esquelética em homens idosos, a partir de variáveis antropométricas e de impedância bioelétrica

Modelos de Regressão	β	r	r ²	EPE (kg)
Modelo 1 (EST) ² /R	0,370			
Constante	5,220	0,88	0,80	1,69
Modelo 2 (EST) ² /R	0,267			
Massa corporal (kg)	0,104			
Constante	3,790	0,90	0,82	1,57
Modelo 3 * (EST) ² /R	0,252			
Massa corporal (kg)	0,113			
Idade (anos)	-0,0894199			
Constante	10,161	0,93	0,86	1,49

* Independente da hidratação da massa livre de gordura e do índice de massa corporal; Erro padrão de estimativa: EPE; Estatura²/Resistência: (EST)²/R

A equação que segue estima a MME em homens idosos, onde a massa corporal é expressa em quilogramas e a idade em anos.

$$MME (kg) = 10,161 + [(EST^2/R * 0,252) + (0,113 * MC) - (0,0894199 * ID)]$$

DISCUSSÃO

As alterações na MME são um importante componente da composição corporal que tem sido amplamente estudado em diversas populações (5,18,27). Especificamente em idosos, esse tema ganha importância devido ao aumento da prevalência de sarcopenia desta população (21).

Deste modo, algumas investigações têm se proposto a analisar as alterações da MME (17) e a prevalência de sarcopenia na população de idosos (28). Porém, para que mais estudos populacionais sejam realizados, são necessários métodos que apresentem validade, baixos custos e facilidades operacionais para coleta de dados em estudos epidemiológicos.

Neste sentido, a BIA tem se mostrado como um método válido para a estimativa da massa livre de gordura (MLG) em idosos Brasileiros (22), contudo, são escassos os relatos, na literatura, de tentativas de analisar a aplicação da BIA para a estimativa da MME. Gobbo et al. (29) analisaram a validade de equações antropométricas para a estimativa da MME em adultos jovens (universitários). Os autores observaram que o método antropométrico é válido nesta população, contudo, em idosos, ainda é necessária uma validação cruzada deste método, pois com o envelhecimento existem modificações consideráveis nas medidas antropométricas (4).

No presente estudo, os resultados demonstram que não houve diferença estatística ($p > 0,05$) na estimativa da MME entre os métodos DEXA e BIA para homens idosos. A técnica da BIA baseia-se, especificamente, na condução de uma baixa corrente elétrica pelos tecidos magros. Assim, quanto maior a quantidade de MME maior será a condutibilidade e menor os valores da resistência à corrente elétrica (30).

Isso pode explicar porque o índice $(EST)^2/R$ tem se mostrado como uma excelente variável preditora da MME ($r^2=85\%$) (19), quando utilizado o método da BIA para estimar a MME. No presente estudo, a variável $(EST)^2/R$ explicou 80% da variação da MME estimada pela DEXA. Estes resultados vão ao encontro dos dados relatados por Janssen et al. (19), observando que esta variável da BIA é um excelente preditor da MME.

Outros métodos de estimativa da MME foram propostos a partir das medidas antropométricas (28,31), que são, em tese, mais fáceis de serem obtidos. Porém, como relatado por Doherty (13), as medidas antropométricas podem não representar as alterações na MME e nos tecidos livres de gordura (12). Assim, podem estar associadas a maiores erros de estimativa da MME quando comparadas a métodos mais específicos, como a BIA.

Fortes evidências sugerem o uso de metodologias mais precisas que a antropometria e não tão onerosas como o caso da RMI, TC ou, ainda, a DEXA (32,33).

O modelo proposto por Janssen et al. (19), mostrou-se válido para estimar a MME na amostra. A correlação entre os métodos foi elevada ($r=0,90$), apresentando uma diferença média de 0,6 kg. Importante salientar que os erros (figura 1) nos permitem inferir que as variações na estimativa da MME não são extremas, pois 95% da amostra apresentou um erro entre -2,5 kg e 3,7 kg (variação de 6,2 kg), valores menores que os relatados por Janssen et al. (19), em homens e por Chen et al. (17), em mulheres. Nota-se, com isso, que esta equação

pode ser utilizada para estimar a MME em idosos brasileiros.

Em relação ao valor preditivo das variáveis antropométricas e de BIA para estimar a MME, observou-se que a variável de $(EST)^2/R$ foi a melhor preditora da MME ($r^2=0,80$; EPE= 1,69kg). Quando inseridas as variáveis de massa corporal e idade, este modelo foi ajustado e proporcionou uma explicação de 86% da MME mensurada pela DEXA e reduziu o EPE para 1,49kg. Isto demonstra que as variáveis de massa corporal e idade são importantes ajustes a serem considerados na avaliação da MME.

A relação da MME com a idade e massa corporal é evidenciada nos estudos apresentados por Nair (12) e Ellis (34), pois com o envelhecimento existe uma diminuição da MME e variações na massa corporal que necessitam serem ajustadas no modelo.

Por outro lado, as variáveis de gordura corporal (%G), hidratação dos tecidos livres de gordura e IMC, não apresentaram significância estatística ($p > 0,05$) para estimar a MME. A variável de %G não apresentou relação com a MME na análise univariada e não foi incluída no modelo de ajuste. Já as variáveis de hidratação dos tecidos livres de gordura e IMC, apresentaram significância estatística na análise univariada, contudo, devido ao fato de apresentarem um fator de covariância com as variáveis de $(EST)^2/R$ e massa corporal, respectivamente, não foram significativas no modelo de ajuste.

Este fato é importante, pois nos mostra que a BIA pode ser mais bem explorada para estimar a MME, com equações que levem em consideração as variações da massa corporal e idade, independente da quantidade de gordura corporal, hidratação dos tecidos livres de gordura e IMC.

A partir dos dados apresentados no presente estudo, pode-se concluir que existe uma forte **correlação** entre os métodos da DEXA e da BIA, para estimar a MME em homens idosos, sugerindo a validade cruzada do modelo de BIA proposto por Janssen et al. (19). Concluiu-se, também, que a variável de $(EST)^2/R$ é o melhor preditor da MME, quando ajustado para a idade e massa corporal e esta relação é independente da quantidade de gordura corporal, hidratação dos tecidos livres de gordura e IMC.

Importante salientar que apesar da equação proposta por Janssen et al. (19), ser aplicável em ambos os sexos, no presente estudo somente foi analisada a comparação para o sexo masculino. Assim, a utilização desta equação em mulheres idosas somente deve ser realizada após a validação da mesma em amostras latino-americanas entre elas a brasileiras.

REFERÊNCIAS

1. Organização Pan-americana de Saúde (OPAS). Health situation in the Americas: Basic Indicators, Washington. DC, 2006.

2. Carvalho JAM, Rodríguez-Wong LL. A transição da estrutura etária da população brasileira na primeira metade do século XXI. *Cad Saúde Pública* 2008; 24(3): 597-605.
3. World Health Organization. Active ageing: A policy framework. Geneva, Switzerland, 2002.
4. Dey DK, Bosaeus I. Comparison of Bioelectrical Impedance Prediction Equations for Fat-Free Mass in a Population-Based Sample of 75 y Olds: The NORA Study. *Nutrition* 2003; 19: 858 - 864.
5. Janssen I, Heymsfield SB, Ross R. Low Relative Skeletal Muscle Mass (Sarcopenia) in Older Persons Is associated with Functional Impairment and Physical Disability. *J Am Geriatr Soc* 2002; 50: 889-896.
6. Evans WJ. Protein Nutrition, Exercise and Aging. *J Am Coll Nutr* 2004; 26(6): S601-609.
7. Kyle UG, Genton L, Hans D, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Age-related differences in fat-free mass, skeletal muscle, body cell mass and fat mass between 18 and 94 years. *Eur J Clin Nutr* 2001; 55: 663 - 672.
8. Frontera WR, Hughes VA, Fielding RA, Fiatarone MA, Evans WJ, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study *J Appl Physiol* 2000; 88: 1321-1326.
9. 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: 413 - 421.
10. Topinková E. Aging, Disability and Frailty. *Ann Nutr Metab* 2008 ;52: S6-11.
11. Wannamethee SG, Shaper AG, Lennon L, Whincup PH. Decreased muscle mass and increased central adiposity are independently related to mortality in older men. *Am J Clin Nutr* 2007; 86: 1339 - 1346.
12. Nair KS. Aging Muscle. *Am J Clin Nutr* 2005;81: 953-63.
13. Doherty TJ. Invited Review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003; 95:1717-1727.
14. Mitsiopoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol* 1998; 85: 115 - 122.
15. Visser M, Fuerst, T, Salomone LL, Harris, TB. Validity of fan-beam dual x-ray absorptiometry for measuring fat-free mass and leg muscle mass. *J Appl Physiol* 1999; 87(4): 1513-1520.
16. Kim J, Heshka S, Gallagher D, Kotler DP, Mayer L, Albu J, et al. Intermuscular adipose tissue-free skeletal muscle mass: estimation by dual-energy X-ray absorptiometry in adults. *J Appl Physiol* 2004; 97: 655 - 660.
17. Chen Z, Wang Z, Lohman T, Heymsfield SB, Outwater E, Nicholas JS, et al. Dual-energy x-ray absorptiometry Is a valid tool for assessing skeletal muscle mass in older women. *J Nutr* 2007;137: 2775-2780.
18. Kim J, Wang Z, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Gallagher D. Totalbody skeletal muscle mass: estimation by a new dual-energy x-ray absorptiometry method. *Am J Clin Nutr* 2002; 76: 378 - 83.
19. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 2000; 89: 465 - 71.
20. Norgan NG. Laboratory and field measurements of body composition. *Public Health Nutr* 2005; 8(7A): 1108 - 1122.
21. Chumlea WC, Guo SS, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Heymsfield SB, et al. Body composition estimates from NHANES III bioelectrical impedance data. *Int J Obes* 2002; 26: 1596 - 1609.
22. Rech CR. Validação de equações antropométricas e de impedância bioelétrica para a estimativa da composição corporal em idosos [Dissertação de Mestrado]. Universidade Federal de Santa Catarina; 2006.
23. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman, TG. et al. (Ed). *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics Books, 1991. p. 3-8.
24. Heyward VH & Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo: Manole; 2000.
25. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; 1: 307-10.
26. Lipschitz DA. Screening for nutrition status in the elderly. *Prim Care* 1994;21(1):55-67.
27. Poortmans JR, Boisseau N, Moraine J-J, Moreno-Reyes R, Goldman S. Estimation of total-body skeletal muscle mass in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc* 2005; 37(2): 316 - 322.
28. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross R, et al. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol* 1998; 147: 755-763.
29. Gobbo LA, Cyrino ES, Petroski EL, Cardoso JR, Carvalho FO, Romanzini M, et al. Validação de equações antropométricas para a estimativa da massa muscular por meio de absorptometria radiológica de dupla energia em universitários do sexo masculino. *Rev Bras Med Esporte* 2008 14(4): 376 – 380.
30. National Institutes of Health Technology Assessment Conference Statement. Bioelectrical impedance analysis in body composition measurement. *Am J Clin Nutr* 1994; 64: S524 - 32.
31. Lee RC, Wang ZM, Heo M, Ross R, Janssen I, Heymsfield SB. Total-body skeletal muscle mass: development and cross-validation of anthropometric prediction models. *Am J Clin Nutr* 2000; 72: 796 - 803.
32. 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: 60-77
33. Heyward, V. ASEP Methods Recommendation: Body Composition Assessment. *J Exerc Physiol Online*. 2001; 4(4): 1-12.
34. Ellis KJ. Human body composition: In vivo methods. *Physiol Rev* 2000; 80: 649 – 680.

Recibido: 02-09-2008

Aceptado: 04-11-2008