



Validação de Equações Antropométricas para a Estimativa da Massa Muscular por Meio de Absortometria Radiológica de Dupla Energia em Universitários do Sexo Masculino

Validation of Anthropometric Equations for the Estimation of Muscular Mass by Dual Energy X-ray Absorptiometry In Male College Students

Luís Alberto Gobbo^{1,2}

Edilson Serpeloni Cyrino¹

Édio Luiz Petroski³

Jefferson Rosa Cardoso⁴

Ferdinando Oliveira Carvalho¹

Marcelo Romanzini¹

Ademar Avelar¹

1. Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício. Centro de Educação Física e Esporte. Universidade Estadual de Londrina. Londrina/PR.

2. Departamento de Educação Física. Centro de Ciências Biológicas e Saúde. Universidade Norte do Paraná. Londrina/PR.

3. Departamento de Educação Física. Centro de Desportos. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC.

4. Departamento de Fisioterapia. Centro de Ciências da Saúde. Universidade Estadual de Londrina. Londrina/PR.

Endereço para correspondência:

Luís Alberto Gobbo

Grupo de Estudo e Pesquisa em Metabolismo, Nutrição e Exercício
Centro de Educação Física e Esporte
Universidade Estadual de Londrina
Rod. Celso Garcia Cid, km 380
- Campus Universitário
86051-990 - Londrina, PR - Brasil
E-mail: luis@unopar.br

Submetido em 18/09/2007

Versão final recebida em 15/02/2008

Aceito em 22/02/2008

RESUMO

Diferentes equações antropométricas têm sido desenvolvidas e validadas para uso em populações distintas, a partir de modelos multicompartmentais. A absortometria radiológica de dupla energia (DEXA) é uma alternativa multicompartmental de avaliação da composição corporal, ainda pouco utilizada no Brasil para validação e desenvolvimento de equações antropométricas, sobretudo para predição da massa muscular (MM). Assim, o objetivo deste estudo foi validar equações antropométricas para estimativa da MM a partir da DEXA, em universitários brasileiros do sexo masculino. Para tanto, 131 adultos entre 18 e 36 anos ($73,9 \pm 9,7$ kg; $177,6 \pm 6,4$ cm; $MM = 32,1 \pm 3,6$ kg) foram avaliados por meio da DEXA e de medidas antropométricas (massa corporal, estatura, circunferências e espessura de dobras cutâneas), e analisados mediante utilização de quatro equações preditivas da MM. Foram utilizadas as seguintes análises: estatística descritiva, procedimentos de validação cruzada e análise de concordância (CCI e Bland e Altman). A equação 3 [MM (kg) = $E.(0,00744.CBrC^2 + 0,00088.CCx^2 + 0,00441.CPantC^2) + 2,4.S - 0,048.Id + R + 7,8$] de Lee *et al.* (Am J Clin Nutr 2000;72:796-803) apresentou validade concorrente, para a avaliação da MM ($t = 1,13$; $r = 0,83$; $EPE = 2,08$; diferença média [d] = $0,21$). Além desta, a equação 4, dos mesmos autores [MM (kg) = $0,244.MC + 7,8.E + 6,6.S - 0,098.Id + R - 3,3$], com baixos valores de EPE (2,20), erro constante ($-0,72$), erro total (2,72) e d ($-0,77$) e boas concordâncias (moderada a alta) foi sugerida para utilização na amostra estudada. Novos estudos de validação são sugeridos em amostras diferentes, mediante o uso de DEXA como método de referência. Da mesma forma, sugere-se maior utilização de equações antropométricas para avaliação da MM, sobretudo para o monitoramento das alterações na massa muscular em relação aos processos de crescimento, desenvolvimento e envelhecimento e na avaliação do treinamento físico e esportivo.

Palavras-chave: composição corporal, validação cruzada, DEXA, adultos.

ABSTRACT

Different anthropometric equations have been developed and cross-validated for its use in distinct populations through multicompartmental models. Dual energy X-ray absorptiometry (DEXA) is a multicompartmental alternative for body composition assessment, however, in Brazil, this model still is not often used, especially for the analysis of the muscle mass (MM). Thus, the purpose of this study was to cross-validate anthropometric equations to estimate relative body fat and MM from DEXA, in young male Brazilian college students. For this, 131 young adults between 18 and 36 years ($73,9 \pm 9,7$ kg; $177,6 \pm 6,4$ cm; $MM = 32,1 \pm 3,6$ kg) had been evaluated by means of DEXA and anthropometric measures (body mass, stature, circumferences and skinfold thicknesses), been analyzed four equations for the calculation of the MM. The following analysis were applied: descriptive statistics, procedures of cross-validation and analysis of agreement (ICC and Bland and Altman). Equation 3 [MM (kg) = $E.(0,00744.CBrC^2 + 0,00088.CC \times C^2 + 0,00441.CPantC^2) + 2,4.S - 0,048.Id + R + 7,8$] of Lee *et al.* (Am J Clin Nutr 2000;72:796-803) was validated, for the evaluation of the MM ($t = 1,13$; $r = 0,83$; $EPE = 2,08$; $d = 0,21$). Beyond this, equation 4, from the same researchers [MM (kg) = $0,244.MC + 7,8.E + 6,6.S - 0,098.Id + R - 3,3$] were suggested for its use in the studied sample, in view of the low values presented of EPE (2,20), EC ($-0,72$), ET (2,72) and d ($-0,77$) and the good agreements found (from moderate to high). New cross-validation studies are suggested in different samples, using DEXA as the reference method, as well is suggested a greater utilization of anthropometric equations for the assessment of MM, for the following of MM changes in relation to the growth, development and aging process, and in the evaluation of the physical and sports training.

Keywords: body composition, cross-validation, DEXA, adults.

INTRODUÇÃO

O avanço da ciência e da tecnologia tem favorecido sobremaneira o desenvolvimento de estudos na área da composição corporal. Desse modo, o tradicional modelo de avaliação baseado em métodos bicompartimentais vem sendo gradativamente substituído, sobretudo na área da pesquisa científica, por modelos mais robustos, que incluem a combinação de diferentes métodos e que, portanto, propiciam uma análise multicompartimental. Esse tipo de análise proporciona informações mais consistentes sobre o comportamento de diferentes componentes, tais como osso, músculo, água e gordura visceral.

Dentre esses componentes, a avaliação da massa muscular (MM) tem atraído o interesse da comunidade científica e, em particular, dos pesquisadores e profissionais da área de saúde, desde o início do século passado⁽¹⁾, visto que esse pode ser um importante indicador clínico, tanto relacionado à saúde quanto à doença, com implicações importantes também para os processos de crescimento e desenvolvimento, bem como para o desempenho físico e competitivo.

Assim, a determinação da MM pode ser de grande importância para o diagnóstico e acompanhamento de doenças relacionadas à sarcopenia⁽²⁻⁴⁾ ou para análise do comportamento deste componente corporal em praticantes de programas de exercícios físicos de diferentes naturezas ou atletas, em diferentes fases de preparação⁽⁵⁻⁶⁾.

Nesse sentido, os desafios dos pesquisadores da área da composição corporal são: desenvolvimento e validação de modelos matemáticos relativamente simples, de baixo custo operacional, de ampla aplicação e que permitam boa estimativa da MM.

Entretanto, diferente do que se observa com relação ao componente adiposo, ainda existem poucos modelos matemáticos ou equações preditivas desenvolvidas para a estimativa da MM em humanos, os quais foram desenvolvidos com amostras compostas basicamente por cadáveres de sujeitos idosos, em número relativamente reduzido, o que os torna excessivamente específicos⁽⁷⁻⁸⁾.

Mais recentemente, novas equações antropométricas para a avaliação da MM foram desenvolvidas, contudo, em sua grande maioria, para a utilização com equipamentos de alto custo operacional e com maior tempo despendido para a avaliação^(5,9-16), o que as torna pouco utilizadas, especialmente para grandes grupos populacionais.

Dentre esses equipamentos, a absorptometria radiológica de dupla energia (DEXA) tem sido utilizada como método de referência para o cálculo da MM, embora as informações produzidas por esse método sejam obtidas de forma indireta, uma vez que os componentes mensurados por ele são as massas gorda, magra e óssea. Entretanto, considerando que grande parte do tecido magro e mole apendicular (TMMA), ou seja, a massa corporal livre de gordura e de osso de membros superiores e inferiores, é composto por MM, e que grande quantidade da MM do corpo está presente nos membros, a DEXA é considerada um bom instrumento para avaliação da MM em humanos⁽⁹⁾.

Com base nas informações apresentadas e na inexistência no Brasil de estudos de validação de equações preditivas para o cálculo da MM, o objetivo deste trabalho foi analisar a validade de equações antropométricas para a estimativa da MM a partir de DEXA, em jovens universitários brasileiros, do sexo masculino.

MÉTODOS

Amostra

Foram selecionados, voluntariamente, 131 estudantes universitários do sexo masculino, pertencentes aos cursos de graduação em Educação Física e em Esporte, do Centro de Educação Física e Esporte,

da Universidade Estadual de Londrina, que atenderam aos seguintes critérios de inclusão: ter idade igual ou superior a 18 anos e não possuir qualquer doença crônico-degenerativa que poderia afetar de alguma forma os componentes da composição corporal.

Todos os sujeitos, após informados sobre os procedimentos aos quais seriam submetidos, assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Este estudo faz parte de um projeto que vem investigando o efeito do treinamento com pesos e da suplementação de creatina em homens, e foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual de Londrina, com base na Resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde para Pesquisas em Seres Humanos (CEP 265/06).

Antropometria

A massa corporal (MC) foi medida em uma balança de plataforma, digital, da marca *Filizola*, com carga máxima de 150kg e precisão de 0,1kg. A estatura foi determinada em um estadiômetro de madeira, com alcance máximo de 220cm e precisão de 0,1cm, de acordo com os procedimentos descritos por Gordon *et al.*⁽¹⁷⁾. Todos os indivíduos foram medidos e pesados descalços, com sunga.

As circunferências de braço relaxado, antebraço, coxa medial e panturrilha foram medidas em duplicata, por um único avaliador, com uma fita métrica inextensível, da marca *Cardiomed*, com extensão de 200cm e precisão de 1mm, de acordo com as técnicas convencionais descritas por Callaway *et al.*⁽¹⁸⁾. O erro técnico de medida não foi superior a 0,5cm e o valor médio entre as medidas foi utilizado como valor de referência.

Medidas de espessuras de dobras cutâneas foram obtidas em triplicata, em dobras de tríceps, bíceps, supra-iliaca, coxa medial e perna medial, em seqüência rotacional, do lado direito do corpo. O valor mediano foi registrado e quando os valores referentes ao limite superior e/ou inferior excederam 5% o valor da mediana, uma nova série de três medidas foi efetuada. O erro técnico de medida não excedeu $\pm 1,0$ mm. As medidas foram coletadas por um único avaliador, com um adipômetro científico da marca *Lange (Cambridge Scientific Instruments, Cambridge, MD, EUA)*, de acordo com as técnicas descritas por Harrison *et al.*⁽¹⁹⁾. As medidas antropométricas foram coletadas no mesmo dia da avaliação por DEXA.

Absortometria radiológica de dupla energia (DEXA)

A DEXA foi utilizada neste estudo como método de referência, para a validação das equações a serem analisadas. Para tanto, foi utilizado um equipamento da marca *Lunar*, modelo DPX-IQ (*Lunar Radiation Corporation, Madison, WI, EUA*) e *software* versão 4.7e. A calibragem do equipamento seguiu as recomendações do fabricante e tanto a calibragem quanto as análises foram realizadas por um técnico do laboratório com experiência nesse tipo de avaliação.

Os avaliados apresentaram-se apenas de *shorts* e camiseta, descalços e sem portar nenhum objeto metálico móvel ou qualquer outro acessório junto ao corpo. Os sujeitos permaneceram deitados e imóveis sobre a mesa do equipamento, até a finalização da medida, em decúbito dorsal, com pés unidos e braços levemente afastados do tronco, à lateral do corpo.

Após a varredura de corpo inteiro, o programa forneceu estimativas sobre a massa gorda, óssea e do tecido magro, para o corpo todo e regiões específicas (tronco e membros superiores e inferiores). Nesse programa, os membros foram demarcados e separados do tronco e da cabeça por linhas padrões geradas pelo próprio equipamento. As linhas foram ajustadas pelo mesmo técnico, por meio de pontos anatômicos específicos, determinados pelo fabricante. A massa do TMMA foi determinada pelo somatório do tecido magro e mole (livre de osso e gordura) de membros superiores e inferiores direito e esquerdo. O

valor obtido foi utilizado na equação de predição da MM desenvolvida e validada em amostra similar à deste estudo⁽⁹⁾, descrita a seguir:

$$MM \text{ (kg)} = 1,19.TMMA - 1,65$$

Nota: $r^2 = 0,962$; EPE (erro padrão de estimativa) = 1,46 kg (desenvolvimento); $r^2 = 0,98$ (validação).

O valor, em quilogramas, fornecido pela equação utilizada⁽⁹⁾, foi adotado como a variável dependente, para a validação das demais equações de predição da MM, analisadas neste estudo.

Em dias subsequentes, 12 sujeitos ($27,1 \pm 6,3$ anos; $74,6 \pm 9,4$ kg; $176,0 \pm 9,4$ cm; $MM = 31,8 \pm 4,1$ kg) passaram por uma nova avaliação por meio da DEXA, para fins de reprodutibilidade. Os resultados indicaram altos valores de correlação (0,98) e correlação intraclasse (0,99), e baixos valores de EPE (0,83) e diferença médias (0,02), para a variável TMMA.

Equações antropométricas

Para o procedimento de validação cruzada, foram analisadas as equações clássicas de Martin *et al.*⁽⁷⁾ e Doupe *et al.*⁽⁸⁾, propostas a partir do método indireto da dissecação de cadáveres, bem como as equações propostas por Lee *et al.*⁽¹²⁾, desenvolvidas a partir de métodos multicompartimentais e que utilizam variáveis antropométricas (quadro 1).

Quadro 1. Equações para estimativa da massa muscular em homens adultos.

Equação	Estudo	Modelo matemático
1	Martin <i>et al.</i> ⁽⁷⁾	$MM \text{ (g)} = E.(0,0553.CCxC^2 + 0,0987.CAntB^2 + 0,0331.CPantC^2) - 2445$
2	Doupe <i>et al.</i> ⁽⁸⁾	$MM \text{ (g)} = E.(0,031.CCxM^2 + 0,064.CPantC^2 + 0,089.CBrC^2) - 3006$
3	Lee <i>et al.</i> ⁽¹²⁾	$MM \text{ (kg)} = E.(0,00744.CBrC^2 + 0,00088.CCxM^2 + 0,00441.CPantC^2) + 2,4.S - 0,048.Id + Ra + 7,8$
4	Lee <i>et al.</i> ⁽¹²⁾	$MM \text{ (kg)} = 0,244.MC + 7,8.E + 6,6.S - 0,098.Id + Rb - 3,3$

Nota. MC = massa corporal; E = estatura; CCxC = circunferência de coxa corrigida; CAntB = circunferência de antebraço; CPantC = circunferência de perna medial corrigida; CCxM = circunferência de coxa corrigida e modificada; CBrC = circunferência de braço corrigido; Id = idade; S = 1 para homem e 0 para mulher; Ra = -2,0 para asiáticos, 1,1 para afro-descendentes e 0 para caucasianos; Rb = -1,2 para asiáticos, 1,4 para afro-descendentes e 0 para caucasianos.

Análise estatística

Após a aplicação do teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov, a estatística descritiva foi utilizada para caracterização da amostra. Seguindo sugestões de Lohman⁽²⁰⁾, para a realização de validação cruzada, foram aplicados os seguintes procedimentos estatísticos: coeficiente de correlação linear de Pearson, teste *t* de Student pareado, erro constante (EC), erro total (ET) e erro padrão de estimativa (EPE). Seguindo sugestões recentes para procedimentos de validação cruzada, foi empregado também coeficiente de correlação intraclasse (CCI), com os respectivos intervalos de confiança (IC de 95%) e plotagem de Bland e Altman⁽²¹⁾, com a diferença média (*d*), intervalo de confiança para a diferença da média (IC 95% *p/d*), desvio-padrão da diferença (DP *d*) e limites de concordância para a diferença da média (LC *d*), para análise dos escores residuais de MM obtidos por meio do método de referência e de diferentes equações. O valor de alfa de 5% foi adotado.

RESULTADOS

As características descritivas da amostra estão apresentadas na tabela 1. A amplitude dos valores de massa corporal e a de estatura dos sujeitos foram, respectivamente, de 48kg (55,0 a 103,0kg) e 35cm (159,0 a 194,0cm) e para gordura corporal relativa e massa muscular de 32,8% (4,6 a 37,4%) e 17,0kg (24,6 a 41,6kg).

Tabela 1. Características físicas da amostra (n = 131)

	X	DP	Mínimo	Máximo
Idade (anos)	23,5	3,5	18,0	36,0
Massa corporal (kg)	73,9	9,7	55,0	103,0
Estatura (cm)	177,6	6,4	159,0	194,0
%G	13,1	5,7	4,6	34,7
MCM (kg)	63,9	6,2	50,7	81,8
TMMA (kg)	28,4	3,1	22,1	36,3
MM (kg)	32,1	3,6	24,6	41,6

Nota. %G = gordura corporal relativa; MCM = massa corporal magra; TMMA = tecido magro e mole apendicular; MM = massa muscular.

A tabela 2 apresenta a análise dos valores estimados de massa muscular, por diferentes equações antropométricas, com o valor determinado pela equação de Kim *et al.*⁽⁹⁾, utilizada para esse propósito como valor de referência, uma vez que a DEXA não apresenta diretamente o valor referente à MM.

Os valores estimados pelas equações 1 e 2 apresentaram as maiores diferenças quando comparados com o valor de referência, bem como mostraram os maiores valores de EC e ET. Nesse sentido, essas duas equações não parecem recomendadas para a análise da MM na amostra estudada.

Por outro lado, a equação 3 não apresentou diferenças estatisticamente significantes do método de referência ($P > 0,05$). O valor de EPE para as equações 3 e 4 foi baixo, bem como os EC e ET encontrados foram menores do que aqueles apresentados pelas equações 1 e 2. Contudo, os valores de *r* e r^2 das equações 3 e 4 se apresentaram abaixo dos valores encontrados para as equações 1 e 2.

Tabela 2. Validação cruzada de equações antropométricas para estimativa da massa muscular em homens adultos (n = 131)

	X	DP	t	r	r ²	EPE	EC	ET
DEXA	32,11	3,66	-	-	-	-	-	-
Equação 1	44,67	6,33	38,41*	0,85	0,73	1,93	-12,56	13,10
Equação 2	37,89	5,39	21,72*	0,84	0,71	1,99	-5,78	6,53
Equação 3	31,90	3,26	1,13	0,83	0,68	2,08	0,21	2,09
Equação 4	32,83	2,64	-3,75*	0,80	0,64	2,20	-0,72	2,32

* Os resultados determinados pelo método de referência (DEXA) e os estimados pela equação preditiva diferem estatisticamente ($P < 0,05$).

Nota. Equação 1 = Martin *et al.*⁽⁷⁾; equação 2 = Doupe *et al.*⁽⁸⁾; equação 3 = Lee *et al.*⁽¹²⁾; equação 4 = Lee *et al.*⁽¹²⁾; EPE = erro padrão de estimativa; EC = erro constante; ET = erro total.

Na análise das concordâncias (tabela 3), os melhores valores foram identificados nas equações 3 e 4, com altos valores de CCI e baixos valores de *d*.

Tabela 3. Análise do coeficiente de correlação intra-classe (CCI), plotagem de Bland e Altman⁽²¹⁾ e coeficiente de kappa das equações antropométricas para a estimativa da massa muscular em homens adultos (n = 131)

Equações	CCI	CCI IC 95%	d	IC 95% p/ d	DP d	LC 95%
1	0,32	-0,09 ; 0,70	-12,6	-13,21 ; -11,92	3,74	-21,01 ; -4,12
2	0,61	-0,22 ; 0,87	-5,78	-6,31 ; -5,25	3,05	-12,65 ; 1,09
3	0,90	0,86 ; 0,93	0,21	-0,15 ; 0,57	2,08	-4,50 ; 4,91
4	0,85	0,77 ; 0,90	-0,72	-1,11 ; -0,34	2,21	-5,72 ; 4,29

* P < 0,05.

Nota. Equação 1 = Martin *et al.*⁽⁷⁾; equação 2 = Doupe *et al.*⁽⁸⁾; equação 3 = Lee *et al.*⁽¹²⁾; equação 4 = Lee *et al.*⁽¹²⁾; CCI = coeficiente de correlação intra-classe; CCI IC 95% = intervalos de confiança para CCI; d (diferença média) = ; IC 95% p/ d = intervalo de confiança para a diferença média; LC 95% = limites de concordância para a diferença média.

Na figura 1 estão apresentadas as dispersões dos pontos relativos às diferenças médias entre valores mensurados e estimados, para MM, da equação validada 3, de acordo com a plotagem de Bland e Altman⁽²¹⁾.

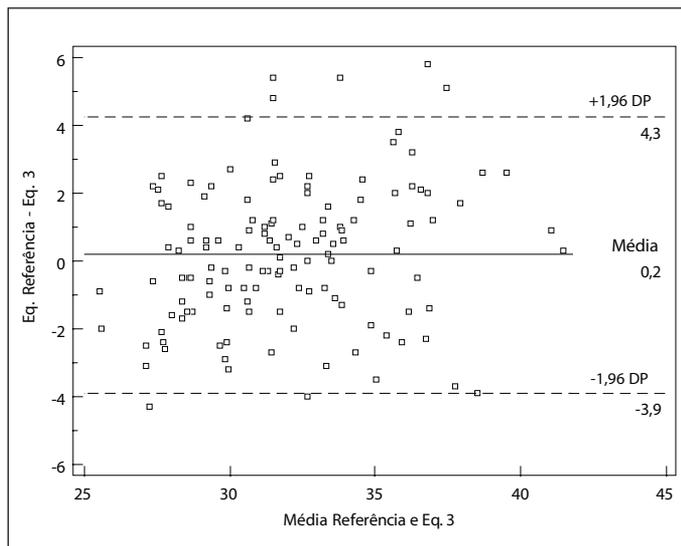


Figura 1. Plotagem de Bland e Altman para comparações entre os valores de referência e aqueles estimados pela equação 3 (n = 131).

DISCUSSÃO

Atualmente, procedimentos de validação cruzada vêm sendo empregados, sobretudo, para a análise de equações antropométricas para a estimativa da gordura corporal relativa, mediante a utilização de métodos de referência como a pesagem hidrostática, e, mais recentemente, de modelos multicompartimentais, como a DEXA.

Até o presente momento, no Brasil, não foram publicados estudos de validação cruzada de equações antropométricas para avaliação da MM. Dessa forma, procurou-se neste estudo validar equações preditivas da MM em jovens adultos do sexo masculino, por meio de procedimentos de validação cruzada.

Para tanto, foram estabelecidos preliminarmente alguns critérios para a seleção das equações a serem analisadas, tais como: gênero, etnia, faixa etária e aptidão física das amostras que originaram as equações. Em seguida, foram considerados os protocolos de medidas utilizados (medidas antropométricas adotadas, pontos anatômicos, etc.). Por fim, foram estabelecidos os procedimentos estatísticos considerados adequados para uso nessa situação. Das 11 equações antropométricas para predição da MM selecionadas, apenas quatro atenderam a todos os critérios preestabelecidos e, portanto, foram analisadas (tabela 1).

A amostra utilizada no presente estudo apresentou-se mais homogênea em relação à faixa etária, quando comparada com as amostras que deram origem ao desenvolvimento e validação de equações estimativas da massa muscular^(9,12). Nesse sentido, as amostras de Lee *et al.*⁽¹²⁾ e Kim *et al.*⁽⁹⁾ apresentaram uma variação na faixa etária superior a 60 anos, ao passo que os cadáveres analisados por Martin *et al.*⁽⁷⁾ e Doupe *et al.*⁽⁸⁾ mostraram variação menor, inferior a 30 anos; contudo, diferente dos sujeitos deste estudo, a idade mínima era de 55 anos.

Para a variável MM, os valores médios encontrados foram similares aos relatados por Lee *et al.*⁽¹²⁾ e Kim *et al.*⁽⁹⁾ (32,6kg e 31,7kg, respectivamente) e próximos ao valor médio apresentado por Janssen *et al.*⁽²²⁾ (34kg) para a faixa etária investigada.

Na análise da validação das equações para predição da MM, as equações 1, de Martin *et al.*⁽⁷⁾, e 2, de Doupe *et al.*⁽⁸⁾ superestimaram os valores fornecidos pela equação de referência em 39% e 18%, respectivamente, ao contrário das demais equações, onde os valores estimados foram muito próximos ao valor de referência.

Essas equações (1 e 2) foram desenvolvidas por meio de dissecação cadavérica, realizada pelo *Brussels Cadaver Study*, em 1982, onde pela primeira vez foram mensuradas variáveis antropométricas e a massa dos tecidos nos mesmos sujeitos. O método direto de análise da composição corporal certamente é o mais adequado para avaliação tanto da massa gorda quanto da massa corporal magra e MM; contudo, a amostra utilizada foi composta de cadáveres de sujeitos com idade variando entre 55 e 83 anos (média aproximada de 72 anos).

Tendo em vista que o envelhecimento pode provocar importantes modificações morfológicas, tais como menores valores de massa muscular, maior quantidade de gordura visceral, menor densidade mineral óssea, entre outras, o uso indiscriminado da equação para avaliação da MM proposta por Martin *et al.*⁽⁷⁾ pode acarretar estimativas equivocadas, sobretudo quando aplicada em populações mais jovens.

Alguns anos mais tarde, Doupe *et al.*⁽⁸⁾, a partir da mesma amostra do *Brussels Cadaver Study*, propuseram uma nova equação para estimar a MM em homens, com pontos anatômicos mais comumente utilizados pelos profissionais da área da saúde. Contudo, o fato de a amostra ser a mesma utilizada pelo estudo anterior incorre nas mesmas limitações já citadas, sendo, assim, inadequada a nova equação para a amostra deste estudo, conforme confirmado pelo tratamento estatístico utilizado.

Com base nessas informações, Lee *et al.*⁽¹²⁾, por meio da ressonância magnética como método indireto de mensuração da MM, desenvolveram e validaram novas equações com um número elevado de sujeitos (n = 344), obesos e não obesos, homens e mulheres, e com idade entre 20 e 81 anos.

No desenvolvimento das equações, foram utilizados os mesmos pontos anatômicos das equações 1 e 2, combinadas com variáveis

referentes à raça e ao gênero (equação 3), e, em um novo modelo preditivo, foram usadas variáveis referentes à massa corporal, estatura, gênero, raça e idade (equação 4). Dessa forma, estas novas equações, de Lee *et al.*⁽¹²⁾, podem ser aplicadas também às mulheres adultas.

No presente estudo, a equação 3 apresentou menor valor de t ($P > 0,05$) em relação à equação 4 ($P < 0,05$). Contudo, os demais valores apresentados pela equação 4, para r , r^2 e EPE são melhores, comparados com a equação 3, com o EC e o ET apresentando valores similares, quando comparados com o valor predito pela equação de referência. Assim, a equação 4 pode ser indicada para a análise da MM em jovens universitários, por ser aplicada em grandes grupos, uma vez que as únicas medidas antropométricas utilizadas são a massa corporal e a estatura.

CONCLUSÃO

As equações de Lee *et al.*⁽¹²⁾ números 3 (validada) e 4, com valores aceitáveis de EC e ET, e baixo valor de t , porém com valores médios estatisticamente diferentes, são recomendadas para grandes grupos populacionais, em avaliações clínicas e/ou epidemiológicas, e em situações onde se faz necessária a avaliação da MM, seja para sua quantificação, normalização do consumo de oxigênio ou acompanhamento da redução do músculo esquelético ao longo do envelhecimento.

Considerando que a DEXA apresenta boa validade para a avaliação da massa muscular, é sugerida maior utilização de equações antropométricas para a avaliação da massa muscular, a começar por adultos jovens do sexo masculino. Tais informações podem ser de grande utilidade no monitoramento das alterações na massa muscular em relação aos processos de crescimento e desenvolvimento, no estabelecimento de dados normativos para o acompanhamento clínico de adultos e idosos, em especial, no seguimento de processos de redução da massa muscular, e na estimativa da massa muscular para a avaliação do treinamento físico e esportivo.

Para futuros estudos, sugere-se a utilização de diferentes modelos de equipamentos de DEXA para a validação de equações antropométricas, bem como de diferentes programas computacionais, em uma amostra mais heterogênea, de diferentes etnias, gêneros e aptidão física.

AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq e da Capes.

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

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Matiegka J. The testing of physical efficiency. *Am J Phys Anthropol* 1921;4:223-30.
2. Doherty TJ. Invited review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol* 2003;95:1717-27.
3. Heymsfield SB, Wang Z, Baumgartner RN, Ross R. Human body composition: advances in models and methods. *Annu Rev Nutr* 1997;17:527-58.
4. Tanko LB, Movsesyan L, Mouritzen U, Christiansen C, Svendsen OL. Appendicular lean tissue mass and the prevalence of sarcopenia among healthy women. *Metabolism* 2002;51:69-74.
5. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RN, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 2000;89:465-71.
6. Cyrino ES, Maestá N, Reis DA, Nardo Junior N, Morelli MYA, Santarém JM, et al. Perfil antropométrico de culturistas brasileiros de elite. *Rev Paul Educ Fis* 2002;16:27-34.
7. Martin AD, Spenst LF, Drinkwater DT, Clarys JP. Anthropometric estimation of muscle mass in men. *Med Sci Sports Exerc* 1990;22:729-33.
8. Doupe MB, Martin AD, Searle MS, Kriellaars DJ, Giesbrecht GG. A new formula for population-based estimation of whole body muscle mass in males. *Can J Appl Physiol* 1997;22:598-608.
9. 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;97:655-60.
10. Proctor DN, O'Brien PC, Atkinson EJ, Nair KS. Comparison of techniques to estimate total body skeletal muscle mass in people of different age groups. *Am J Physiol* 1999;277:E489-95.
11. Wang W, Wang Z, Faith MS, Kotler D, Shih R, Heymsfield SB. Regional skeletal muscle measurement: evaluation of new dual-energy X-ray absorptiometry model. *J Appl Physiol* 1999;87:1163-71.
12. Lee RC, Wang Z, 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.
13. Madsen OR, Jensen JE, Sorensen OH. Validation of a dual energy X-ray absorptiometer: measurement of bone mass and soft tissue composition. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1997;75:554-8.
14. Shih R, Wang Z, Heo M, Wang W, Heymsfield SB. Lower limb skeletal muscle mass: development of dual-energy X-ray absorptiometry prediction model. *J Appl Physiol* 2000;89:1380-6.
15. Wang Z, Zhu S, Wang J, Pierson Jr RN, Heymsfield SB. Whole-body skeletal muscle mass: development and validation of total-body potassium prediction models. *Am J Clin Nutr* 2003;77:76-82.
16. Wang ZM, Visser M, Ma R, Baumgartner RN, Kotler D, Gallagher D, et al. Skeletal muscle mass: evaluation of neutron activation and dual-energy X-ray absorptiometry methods. *J Appl Physiol* 1996;80:824-31.
17. Gordon CC, Chumlea WC, Roche AF. Stature, recumbent length, and weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics, 1988;3-8.
18. Callaway CW, Chumlea WC, Bouchard C, Himes JH, Lohman TG, Martin AD, et al. Circumferences. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics, 1988;39-54.
19. Harrison GG, Buskirk ER, Carter JEL, Johnston FE, Lohman TG, Pollock ML, et al. Skinfold thickness and measurement technique. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R, editors. *Anthropometric standardization reference manual*. Champaign: Human Kinetics, 1988;55-70.
20. Lohman T. *Advances in body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.
21. Bland JM, Altman DG. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet* 1986;1:307-10.
22. Janssen I, Heymsfield SB, Wang ZM, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *J Appl Physiol* 2000;89:81-8.