

Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos

Fabiane Rezende, Lina Rosado, Sylvia Franceschini, Gilberto Rosado, Rita Ribeiro y João Carlos Bouzas Marins

Fundação Comunitária de Ensino Superior de Itabira. Departamento de Nutrição e Saúde.
Universidade Federal de Viçosa. Brasil

RESUMO. A avaliação da composição corporal é de extrema importância para o diagnóstico do estado nutricional individual e populacional e para o estabelecimento de condutas clínico-nutricionais adequadas. O excesso de gordura corporal está, frequentemente, associado a alterações metabólicas importantes e às doenças crônicas, como diabetes, hipertensão arterial e dislipidemias. A disponibilidade de métodos que permitam estimar a composição corporal é fundamental para avaliação de atletas e do estado de saúde de indivíduos. Há diversos métodos para análise da composição corporal, e é importante conhecer a limitação de cada um e a sua validade para que as estimativas obtidas sejam confiáveis e interpretadas corretamente. Este estudo tem como objetivo revisar a aplicabilidade de alguns indicadores do estado nutricional e de métodos de avaliação da composição corporal, tais como índice de massa corporal, circunferência da cintura e relação cintura-quadril, medidas de dobras cutâneas, bioimpedância elétrica e interactância de infravermelho próximo.

Palavras-chave: Composição corporal, índice de massa corporal, circunferência da cintura, bioimpedância, interactância de infravermelho próximo.

INTRODUÇÃO

A avaliação da composição corporal tem recebido importância cada vez maior devido ao papel dos componentes corporais na saúde humana. O excesso de gordura corporal e sua distribuição centralizada se destacam pela influência no aparecimento das doenças crônicas não-transmissíveis, principalmente as doenças cardiovasculares (1).

Há uma série de métodos para a avaliação da composição corporal, que variam segundo suas bases físicas, custo, acurácia, facilidade de utilização e de transporte do equipamento. Os métodos mais sofisticados e considerados mais precisos, como a pesagem hidrostática e a absorção do raio X de dupla energia (DEXA), permitem quantificar os componentes corporais, e a tomografia computadorizada e a ressonância magnética quantificam a gordura localizada. Todos eles possuem uso limitado na avaliação de grupos populacionais, devido ao elevado custo e à complexidade, e têm utilização restrita a laboratórios e em situações clínicas

SUMMARY. Critical revision of the available methods for evaluate the body composition in population-based and clinical studies. The corporal composition evaluation is extremely important for the individual and population nutritional state diagnosis and for the establishment of appropriate clinical-nutritional conducts. An excess of body fat is frequently associated with important metabolic alterations and chronic diseases, such as diabetes, hypertension and dyslipidemia. The availability of methods to assess body composition is essential to evaluate health status of individuals. There are several methods for the corporal composition analysis, and it is important to know the limitation of each one and his/her validity so that the obtained estimates are reliable and correctly interpreted. The purpose of this study was to revise the applicability of some nutritional state indicators and corporal composition evaluation methods, such as corporal mass index, waist circumference and waist-hip relation, skinfold measurements, bioelectrical impedance analysis and near-infrared interactance.

Key words: Body composition, body index mass, waist circumference, bioelectrical impedance, near-infrared interactance.

muito específicas (2).

Em estudos populacionais, indicadores antropométricos, como índice de massa corporal (IMC), circunferência da cintura e relação cintura-quadril, e métodos de avaliação da composição corporal menos complexos, como medidas de dobras cutâneas e bioimpedância elétrica, são amplamente empregados devido à praticidade e ao baixo custo, apesar de não fornecerem uma avaliação tão acurada e detalhada, já que são utilizados, na maioria das vezes, sem prévia validação na população que se pretende avaliar.

Considerando-se que o excesso de gordura corporal está relacionado ao aumento da morbi-mortalidade, principalmente em adultos, para a avaliação são necessários métodos precisos e confiáveis, de baixo custo e grande aplicabilidade em estudos populacionais e na prática clínica.

Este estudo teve como objetivo revisar a aplicabilidade de alguns indicadores do estado nutricional e de métodos de avaliação da composição corporal, tais como, índice de massa corporal, circunferência da cintura e relação cintura-quadril,

medidas de dobras cutâneas, bioimpedância elétrica e interactância de infravermelho próximo.

Revisão de literatura

A associação entre excesso de peso corporal e aumento da morbi-mortalidade tem sido demonstrada em vários estudos epidemiológicos (3,4). Dados da *World Health Organization* (5) mostram que a doença isquêmica do coração e o acidente vascular cerebral estão em primeiro lugar entre as causas de mortalidade. Diante desta estimativa e do fato de a obesidade ser fator de risco importante para doenças crônicas não-transmissíveis, o seu diagnóstico é de fundamental importância para o direcionamento das ações de saúde e redução da morbi-mortalidade.

Análises dos dados do *National Health and Nutrition Examination Survey* (NHANES) confirmam mudanças na distribuição do IMC na população americana com um aumento médio de 4,6 pontos, entre 1890 e 2000, em homens com idade entre 40 e 49 anos, e de 6,3 pontos, neste mesmo período, em homens na faixa etária de 60 a 69 anos, resultando em aumento da prevalência de obesidade de 3,4% para 35% (6). No Brasil, observa-se também a crescente prevalência de obesidade em todas as regiões do País e principalmente nos estratos de renda mais baixa (7).

Normalmente, os métodos e pontos de corte utilizados no diagnóstico da obesidade são propostos por comitês internacionais, como a *World Health Organization*, entretanto a prevalência de obesidade varia consideravelmente segundo os parâmetros de cada comitê. Esta variação ocorre porque, na maioria das vezes, a população que está sendo avaliada apresenta características bastante diferentes da amostra em que o método e/ou ponto de corte foram validados. Além da variabilidade biológica, a adoção de protocolos e de metodologias diferentes normalmente contribui para as diferenças nas estimativas relatadas na literatura.

Estudos para identificar métodos mais adequados e pontos de corte capazes de prever o risco de alterações metabólicas têm sido desenvolvidos em todo o mundo (8-10). Entretanto, em nosso País, estudos de representatividade nacional, que envolvem grupos específicos da população, são escassos (11,12). São usados métodos e pontos de corte validados em outras populações, com aplicabilidade muito limitada devido a uma série de diferenças relacionadas à etnia, ao nível de atividade física e à idade.

A adoção de pontos de corte arbitrários, aliada à utilização de métodos que não foram validados para a população brasileira, faz com que sejam estabelecidas estimativas errôneas da composição corporal, resultando tanto em diagnósticos quanto em medidas de intervenção equivocadas em relação ao estado nutricional de indivíduos e populações.

Antropometria

IMC, Circunferência da cintura e relação cintura-quadril

Até 1980, os padrões de peso ideal eram baseados em tabelas de peso e altura específicas para cada sexo, elaboradas pela *Metropolitan Life Insurance Company*. Posteriormente, o IMC passou a ser utilizado e, desde então, vem sofrendo modificações no que diz respeito aos pontos de corte e número de categorias para diagnósticos por diferentes organizações como *World Health Organization*, *National Center of Health Statistics/Centers for Disease Control and Preventions* e *National Heart, Lung, and Blood Institute* (13).

O IMC é atualmente um dos indicadores antropométricos mais utilizados na avaliação do estado nutricional de populações e em estudos epidemiológicos, com a finalidade de explorar a associação entre obesidade e várias doenças, principalmente as cardiovasculares (14, 15). Entretanto, existem muitas limitações com relação ao seu uso, já que ele não é capaz de fornecer informações sobre a composição corporal e a distribuição da gordura corporal (16). No estudo de Yao et al. (17), por exemplo, mais de 30% dos indivíduos que apresentaram excesso de gordura corporal foram classificados como eutróficos pelo IMC, demonstrando sua baixa sensibilidade na identificação do excesso de gordura corporal.

A baixa sensibilidade do IMC em detectar indivíduos com excesso de gordura corporal também foi constatada em um estudo em que os indivíduos foram avaliados por bioimpedância. Em torno de 61% das mulheres e 23,6% dos homens com IMC < 30kg/m² apresentaram percentual de gordura corporal maior que 30% e maior que 25%, respectivamente (18).

A utilização desse método se torna bastante inconveniente principalmente quando a população que será avaliada apresenta um padrão de atividade física mais intensa. Pessoas com elevada quantidade de massa muscular podem apresentar elevado IMC mesmo que a gordura corporal não seja excessiva (19).

Além disso, os pontos de corte propostos para o IMC, para avaliação do estado nutricional, são aplicados em uma faixa etária muito ampla, desconsiderando-se sexo e etnia. Sabe-se que, ao longo das décadas, ocorrem alterações fisiológicas na composição corporal, com aumento da quantidade de tecido adiposo e/ou redução da massa magra (20) e redução da massa óssea (21), especialmente entre as mulheres que têm a composição corporal diretamente afetada pelas alterações hormonais observadas na menopausa (22).

Adicionalmente, como demonstrado por Deurenberg-Yap et al. (23), a relação entre IMC e gordura corporal difere significativamente entre grupos étnicos. Outros estudos demonstram a presença de alto risco cardiovascular em indivíduos com IMC normal (24). Na população asiática, os

pesquisadores sugerem pontos de corte de IMC mais baixos, em torno de 27 kg/m², para diagnóstico de obesidade (25).

Muitos autores, ao fazerem críticas ao uso do IMC, propõem o uso do índice de massa de gordura e do índice de massa livre de gordura, e pontos de corte baseados na distribuição destes indicadores em percentis, porém, para a obtenção destes índices, é necessária avaliação da composição corporal, o que dificulta relativamente a sua utilização (26, 27).

Outros parâmetros antropométricos, como circunferência da cintura, relação cintura-quadril e medida de dobras cutâneas, têm-se mostrado mais sensíveis que o IMC na identificação de indivíduos com excesso de gordura corporal e alterações metabólicas (28).

A circunferência da cintura permite avaliar a distribuição central da gordura corporal, sendo uma medida qualitativa e não quantitativa. Atualmente, esta medida tem recebido importante atenção na avaliação do risco cardiovascular pelo fato de ser forte preditora da quantidade de gordura visceral, a principal responsável pelo aparecimento de alterações metabólicas e de doenças cardiovasculares (11, 29).

Assim como o IMC, a medida de circunferência da cintura também tem aumentado, nos últimos anos, na população americana. Segundo Estudo de Ford et al. (30), realizado a partir de dados do NHANES, a mediana da circunferência da cintura passou de 94,4 cm para 97,1 cm entre 1988 e 2000, confirmando rápido aumento da obesidade abdominal.

Segundo Han et al. (31), os pontos de corte validados por Lean et al. (29), e atualmente preconizados pela WHO (5), foram capazes de identificar indivíduos com alto risco de doenças crônicas e apresentaram alta sensibilidade e especificidade na identificação de indivíduos classificados com sobrepeso e obesos pelo IMC. Outros estudos demonstram a validade desses pontos de corte em prever alterações metabólicas e doenças como diabetes mellitus e hipertensão arterial (9, 15).

A relação cintura-quadril é um outro indicador associado a aumento do risco de doenças crônicas não-transmissíveis e que também têm aumentado significativamente nos últimos anos (8). No estudo de Lahti-Koski et al. (32), referente a um período de 10 anos, a RCQ passou de 0,907 para 0,925 em homens adultos.

Os estudos demonstram que a RCQ é capaz de prever a incidência de diabetes na mesma magnitude que outros índices, como IMC e circunferência da cintura (9), e associa-se inversamente melhor com baixos níveis de HDL do que a circunferência da cintura (10).

A RCQ também tem apresentado maior capacidade preditiva para hipertensão arterial que a circunferência da cintura em homens e mulheres acima de 20 anos (11). No estudo de Gus et al. (14), esta associação foi verificada somente em mulheres.

As variáveis antropométricas também têm sido utilizadas em equações de predição da gordura corporal oferecendo maior facilidade e baixo custo para as estimativas do percentual de gordura corporal em adultos. Deurenberg et al. (33) desenvolveram equações baseadas no IMC, na idade e no sexo, utilizando a pesagem hidrostática como método de referência. Gallagher et al. (34) também desenvolveram fórmulas para estimar a gordura corporal pelo IMC e outras variáveis como idade, sexo e etnia, utilizando o DEXA e o modelo de quatro compartimentos como métodos de referência.

Além do IMC, a circunferência da cintura também tem sido utilizada para prever a gordura corporal em adultos. Lean et al. (35) validaram equações de predição da gordura corporal tanto para homens quanto para mulheres, baseadas apenas na circunferência da cintura e na idade, utilizando a pesagem hidrostática como método de referência. A inclusão de medidas de dobras cutâneas foi avaliada pelos autores, entretanto, observou-se que as estimativas apresentaram maiores erros comparadas àquelas obtidas apenas por meio da circunferência da cintura.

A vantagem de utilizar equações baseadas no IMC ou na circunferência da cintura reside no fato de que a estimativa do percentual de gordura é menos dependente de erros intra e inter-avaliador, comparada às das dobras cutâneas, método amplamente utilizado na avaliação da composição corporal.

Medidas de dobras cutâneas

As medidas de dobras cutâneas tem sido o método mais utilizado na determinação da gordura corporal em razão do baixo custo operacional e da relativa simplicidade de utilização, em relação aos outros métodos de avaliação. Na literatura, são documentadas mais de 100 equações para estimar a gordura corporal que utilizam as medidas de dobras cutâneas e, normalmente, são divididas em específicas, validadas em grupos mais homogêneos e generalizadas com base em amostras com características heterogêneas (36).

Normalmente, a pesagem hidrostática é o método mais utilizado como referência para validação das equações envolvendo medidas de dobras cutâneas (37-41). Entretanto, nos últimos anos a sua utilização como método “padrão-ouro” vem sendo questionada, e outros métodos como o DEXA e o modelo de quatro compartimentos têm sido utilizados em estudos de validação (42,43). É importante ressaltar que as estimativas de gordura corporal obtidas por equações da literatura são válidas somente na população em que estas foram validadas. Para que sejam aplicadas em outras populações, é necessária prévia validação para verificar a acurácia das equações.

Estudos verificando a validade de equações, como as de Durnin & Wormersley (37) e de Jackson & Pollock (39), em outros grupos populacionais, têm demonstrado baixa acurácia devido a diferenças inerentes à etnia (44), ao nível de atividade

físico (45) e à quantidade de gordura corporal (42).

No Brasil, dois estudos validaram equações baseadas em medidas de dobras cutâneas utilizando a pesagem hidrostática como método de referência; um envolveu 206 estudantes universitários do Sul do País (40) e o outro avaliou adultos, com idade entre 18 e 60 anos, desta mesma região brasileira (41).

Costa (26) estudou uma amostra representativa da cidade de Santos (SP) e descreveu o comportamento da quantidade e distribuição da gordura corporal de acordo com o sexo e a idade por meio de curvas de percentis, definindo como faixa normal de gordura corporal os valores dispostos entre os percentis 25 e 75, e como categoria de maior risco cardiovascular o percentil acima de 90.

Outros estudos envolvendo a população brasileira têm realizado a validação de diversas equações, entretanto, observa-se que, na maioria das vezes, as amostras são pequenas ou envolvem grupos muito específicos da população, como militares, universitários e mulheres pós-menopausa (46,47). Apesar de existirem equações validadas no Brasil, observa-se ainda o predomínio da utilização das equações de Jackson & Pollock (38) e Durnin & Wormersley (37). Segundo o estudo de Petroski (41), para os homens brasileiros, apenas três das oito equações elaboradas por Jackson & Pollock (38) foram válidas. As equações específicas e generalizadas de Durnin & Wormersley (37) subestimaram significativamente o percentual de gordura corporal mensurado por pesagem hidrostática.

Bioimpedância elétrica

A análise da composição corporal por meio da bioimpedância elétrica (BIA) é baseada na condução de uma corrente elétrica indolor, de baixa intensidade, aplicada ao organismo por meio de cabos conectados a eletrodos ou superfícies condutoras, que são colocados em contato com a pele. A impedância, dada pelos valores de reactância e resistência, é baixa no tecido magro, onde se encontram, principalmente, os líquidos intracelulares e eletrólitos, e alta no tecido adiposo (48).

A BIA, apesar de sua facilidade técnica e alta reprodutibilidade, pode resultar em estimativas menos precisas nas situações em que o balanço hidroeletrólítico está alterado. Portanto, fatores como ingestão de álcool e atividade física intensa realizada antes do teste e presença de edema ou retenção hídrica em certos períodos do ciclo menstrual devem ser avaliados (49). Além disso, outros fatores como ingestão recente de alimentos (50) e obesidade (51) também podem prejudicar a acurácia do teste.

Os aparelhos disponíveis para este tipo de avaliação fornecem os valores de massa de gordura, massa magra e água corporal por meio de equações preditivas ajustadas para sexo, idade, peso, altura e nível de atividade física. Entretanto, as equações de predição variam conforme o aparelho e da mesma

forma que as equações de medidas de dobras cutâneas, apresentam validade apenas para a população de origem, necessitando, portanto, de validação cruzada em outros grupos populacionais.

Estudos de desenvolvimento e de validação de equações de BIA vêm sendo desenvolvidos (52, 53) e diversos aparelhos de BIA bipolar (mensuração em membros inferiores ou superiores) e tetrapolar (corpo inteiro) estão disponíveis no mercado. Entretanto, apesar da facilidade técnica, da alta reprodutibilidade, do custo relativamente baixo e por ser um método não invasivo, estudos têm apresentado valores de composição corporal significativamente diferentes dos obtidos por pesagem hidrostática ou DEXA (54), enquanto outros não o fazem (55,56).

As controvérsias entre os estudos podem ser devidas à variabilidade das equações e dos equipamentos utilizados, de adoção de diferentes protocolos e frequências, de diferenças étnicas e de composição corporal entre as populações, além de influências no estado de hidratação.

Estudos envolvendo a comparação de métodos demonstram que, comparada às equações antropométricas, como as de Durnin & Wormersley (37) e as de Jackson & Pollock (38), a BIA tetrapolar produz estimativas com menores erros (56).

No Brasil, Marques et al. (57) verificaram que a utilização das equações de Lohman (58) e de Stolarczyk et al. (56) é aceitável na avaliação da composição corporal de mulheres brasileiras jovens. No estudo de Glaner (59), somente a equação de Segal et al. (55), desenvolvida para indivíduos com percentual de gordura corporal maior que 20%, apresentou validade em homens militares brasileiros. Já no estudo de Carvalho & Pires-Neto (60), também realizado no Brasil, constatou-se que as estimativas de gordura corporal foram superestimadas tanto em homens quanto em mulheres pela bioimpedância elétrica.

Os três estudos brasileiros citados demonstram a dificuldade de se estabelecer alguma conclusão sobre a validade da BIA em brasileiros devido às diferenças entre os grupos avaliados e ao fato de diferentes equações terem sido utilizadas, além da escassez de estudos desta natureza no País.

Com relação à BIA bipolar, a maioria dos estudos demonstra resultados favoráveis ao seu uso. No estudo de Swartz et al. (261), não houve nenhuma diferença significativa entre o percentual de gordura corporal obtido pela BIA bipolar (Tanita TBF-305®) e o determinado pela pesagem hidrostática, em homens, quando a intensidade da atividade física foi levada em consideração. Entretanto, os autores demonstraram erros de estimativa individual importantes.

Jebb et al. (62) e Cable et al. (63) também verificaram que a BIA bipolar (Tanita TBF-305 e TBF-105®, respectivamente) foi válida na estimativa da composição corporal de homens adultos. Utter et al. (64), estudando mulheres eutróficas e

obesas, não encontraram diferenças significantes entre o percentual de gordura obtido por BIA bipolar (Tanita TBF-105[®]) e pesagem hidrostática nos dois grupos.

Já no estudo de Lukaski & Siders (65), tanto a BIA bipolar superior (Omron HBF-301[®]) quanto a inferior (Tanita TBF-105[®]) não foram adequadas para a avaliação da gordura corporal de homens e mulheres com idade entre 21 e 60 anos, comparadas ao DEXA. Portanto, como ocorre com a BIA tetrapolar, os estudos com a BIA bipolar, apesar de a indicarem na avaliação da composição corporal, necessitam de validação cruzada na população brasileira.

Com relação à validade da bioimpedância para detectar modificações na composição corporal em programas de intervenção, foi verificado no estudo de Jebb et al. (66) que a estimativa de mudanças na gordura corporal pela BIA bipolar relativa ao modelo de compartimentos foi similar às estimativas dadas por outros métodos como plestimografia, DEXA e água corporal total (diluição com deutério), e foi melhor que a bioimpedância tetrapolar.

No estudo de Alvarez et al. (67), a BIA tetrapolar não apresentou resultados satisfatórios na avaliação de indivíduos submetidos à perda de peso. Comparada ao DEXA a BIA apresentou erros de estimativas do percentual de gordura corporal inaceitáveis com erro padrão de +5,22% usando a equação de Lukaski e +7,81% quando a equação de Segal foi utilizada. A estimativa utilizando as medidas de dobras cutâneas foi muito mais precisa e acurada com um erro padrão de +0,86.

Os métodos padrão utilizados, as características da amostra e o tempo de intervenção diferem entre os estudos, dificultando o estabelecimento de um consenso a cerca do uso da BIA na avaliação de modificações da composição corporal e demonstrando a necessidade de maiores investigações.

Interactância de infravermelho próximo 68

A interactância de infravermelho próximo (NIR) é baseada em diferentes densidades ópticas obtidas por meio da absorção e reflexão de comprimentos de onda dos raios infravermelhos emitidos pelo aparelho no tecido subcutâneo de um determinado local anatômico, normalmente o bíceps (68).

Inicialmente, este método foi utilizado com a finalidade de avaliar a composição química de alimentos. Posteriormente, foi modificado e adaptado para avaliação da composição corporal em seres humanos. Apesar de ser também um método de baixo custo, não invasivo, fácil e portátil, sua aplicação é questionável pelo fato de ter sido validado em uma amostra muito pequena (n=17) e homogênea e por prever a gordura corporal a partir de um único local anatômico de depósito subcutâneo. Além disso, seus autores utilizaram apenas testes de correlação para verificar a concordância com o método de diluição de deutério, utilizado como método de referência no estudo (68).

Considerando métodos de avaliação da composição corporal, há na literatura relativamente poucos estudos desta natureza com o método NIR. A reprodutibilidade das medidas fornecidas pelo Futrex-5000[®] foi avaliada no estudo de Schreiner et al. (69) em que se verificaram diferenças estatisticamente significantes entre as medidas inter e intra-avaliador.

Estudos têm demonstrado que o NIR tende a superestimar a gordura corporal em indivíduos com percentuais mais baixos de gordura corporal e a subestimá-la em indivíduos com percentuais mais elevados (70,71). Em meta-análise de onze estudos, realizada por Fogelholm & Lichtenbelt (72) constataram que o método NIR subestimou a gordura corporal em indivíduos com percentual de gordura corporal maior que 25%, e muito mais em indivíduos obesos.

No estudo de Mclean & Skinner (73) apenas 52% dos indivíduos avaliados se mantiverem $\pm 4\%$ da média de percentual de gordura corporal obtida pelo método de pesagem hidrostática. Já no estudo de Thomas et al. (74), a subestimação média do NIR foi de 15%.

Hicks et al. (75) avaliaram a validade do Futrex-5000[®] em prever a gordura corporal de mulheres com idade média de 34,4 anos e verificaram que o método NIR subestimou significativamente o percentual em 4,4%. Uma das explicações para tal resultado foi o fato de 75% das mulheres terem sido obesas. Além disso, os autores relataram que diferenças na cor da pele podem afetar a mensuração da densidade óptica; indivíduos com pele mais escura tendem a apresentar menores valores de densidade óptica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar dos numerosos métodos de avaliação da composição corporal, são poucos os estudos que avaliam a sua reprodutibilidade e acurácia na população. Além disso, uma questão bastante discutida refere-se ao estabelecimento de pontos de corte de gordura corporal adequados para a identificação de indivíduos sob risco de alterações metabólicas. Portanto, há necessidade de se avaliar e propor métodos seguros e acurados, de baixo custo e de facilidade técnica que possam ser utilizados, amplamente, pelos profissionais de saúde na avaliação de indivíduos em centros de saúde, clínicas e em estudos populacionais, a fim de garantir adequado direcionamento das medidas de intervenção e das políticas de saúde.

REFERÊNCIAS

1. Cercato C, Mancini MC, Arguello AMC, Passos VQ, Villares SMF, Halpern A. Systemic hypertension, diabetes mellitus, and dyslipidemia in relation to body mass index: evaluation of a Brazilian population. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*. 2004; 59(3):113-8.

2. Heyward V. ASEP methods recommendation: body composition assessment. *J Exer Physiol.* 2001; 4(4):1-12.
3. Wienpahl J, Ragland DR, Sidney S. Body mass index and 15-year mortality in a cohort of black men and women. *J Clin Epidemiol.* 1990; 43(9):949-60.
4. Calle EE, Thun MJ, Petrelli JM, Rodriguez C, Heath CW. Body-mass index and mortality in a prospective cohort of U.S. adults. *N Engl J Med.* 1999; 341(5):1097-105.
5. World Health Organization (WHO). *Life in the 21st century: A vision for all.* Geneva: WHO; 1998.
6. Helmchen LA, Henderson RM. Changes in the distribution of body mass index of white US men, 1890-2000. *Ann Hum Biol.* 2004; 31(2):174-81.
7. Filho MB, Rissin A. A transição nutricional no Brasil: tendências regionais e temporais. *Cad Saude Publica.* 2003; 19(Suppl 1):S181-91.
8. Megnien JL, Denarie N, Cocaul M, Simon A, Levenson J. Predictive value of waist-to-hip ratio on cardiovascular risk events. *Int J Obes.* 1999; 23(1):90-7.
9. Sargeant LA, Bennett FI, Forrester T, Cooper RS, Wilks RJ. Predicting incident diabetes in Jamaica: the role of anthropometry. *Obes Res.* 2002; 10(8):792-8.
10. Martins IS, Marinho SP. O potencial diagnóstico dos indicadores da obesidade centralizada. *Rev Saude Publica.* 2003; 37(6):760-7.
11. Pereira RA, Sichieri R, Marins VMR. Razão cintura/quadril como preditor de hipertensão arterial. *Cad Saude Publica.* 1999; 15(2):333-44.
12. Velásquez-Meléndez G, Kac G, Valente JG, Tavares R, Silva CQ, Garcia ES. Evaluation of waist circumference to predict general obesity and arterial hypertension in women in Greater Metropolitan Belo Horizonte, Brazil. *Cad. Saude Publica.* 2002; 18(3):765-71.
13. Kuczmarski RJ, Flegal KM. Criteria for definition of overweight in transition: background and recommendations for the United States. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(5):1074-1081.
14. Gus M, Moreira LB, Pimentel M, Gleisener ALM, Moraes RS, Fuchs FD. Associação entre diferentes indicadores de obesidade e prevalência de hipertensão arterial. *Arq Bras Cardiol.* 1998; 70(2):111-4.
15. Siani A, Cappuccio FP, Barba G, Trevisan M, Farinaro E, Iacone R, Russo O, Russo P, Mancini M, Strazzullo P. The relationship of waist circumference to blood pressure: The Olivetti Herat Study. *Am J Hypertens.* 2002; 15(9):780-6.
16. Garn SM, Leonard WR, Hawthorne VM. Three limitations of the body mass index. *Am J Clin Nutr.* 1986; 44(6):996-7.
17. Yao M, Roberts SB, Ma G, Pan H, McCrory MA. Field methods for body composition assessment are valid in healthy Chinese adults. *J Nutr.* 2002; 132(2):310-7.
18. Carrasco F., Reyes E., Rimler O., Rios F. Exactitud del índice de masa corporal en la predicción de la adiposidad medida por impedanciometría bioeléctrica. *Arch Latinoam. Nutr* 2004; 54(3):280-6.
19. Witt KA, Bush EA. College athletes with an elevated body mass index often have a high upper arm muscle area, but not elevated triceps and subscapular skinfolds. *J Am Diet Assoc.* 2005; 105(4):599-602.
20. Bembem MG, Massey BH, Bembem DA, Boileau RA, Misner JE. Age-related patterns in body composition for men aged 20-79 yr. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(2):264-9.
21. Lim S, Joung H, Shin CS, Lee HK, Kim KS, Shin EK, Kim H, Lim M, Cho S. Body composition changes with age have gender-specific impacts on bone mineral density. *Bone.* 2004; 35(3):792-8.
22. Lina APM, Sichieri R. Influência da menopausa no índice de massa corporal. *Arq Bras Endocrinol Metab.* 2001; 45(3):265-70.
23. Deurenberg-Yap M, Schmidt G, Staveren WA, Deurenberg P. The paradox of low body mass index and high body fat percentage among Chinese, Malays and Indians in Singapore. *Int J Obes.* 2000; 24(8):1011-7.
24. Vikram NK, Pandey RM, Misra A, Sharma R, Devi JR, Khana N. Non-obese (body mass index < 25kg/m²) Asian Indians with normal waist circumference have high cardiovascular risk. *Nutrition.* 2003; 19(6):560-62.
25. Woo S, Shin S, Yun YH, Yoo T, Huh B. Cut-off point of BMI and obesity-related comorbidities and mortality in middle-aged. *Obes Res.* 2004; 12(12):2031-40.
26. Costa RF. Valores referenciais de somatórias de dobras cutâneas em moradores da cidade de Santos – SP, de 20 a 69 anos de idade. [Dissertação de Mestrado]. São Paulo: USP; 2001.
27. Kyle UG, Schutz Y, Dupertuis YM, Pichard C. Body composition interpretation: contributions of the fat-free mass index and the body fat mass index. *Nutrition.* 2003; 19(7-8):597-604.
28. Sönmez K, Akçakoyun M, Akçay A, Demir D, Duran NE, Gençbay M, Degertekin M, Turan F. Which method should be used to determine the obesity, in patients with coronary artery disease? (Body mass index, waist circumference or waist-hip ratio). *Int J Obes.* 2003; 27(3):341-6.
29. Lean MEJ, Han TS, Morrison CE. Waist circumference as a measure for indicating need for weight management. *Br Med J.* 1995; 311(6998):158-61.
30. Ford ES, Mokdad AH, Giles WH. Trends in waist circumference among U.S. adults. *Obes Res.* 2003; 11(10):1223-31.
31. Han TS, Leer EM, Seidell JC, Lean MEJ. Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: prevalence study in a random sample. *Br Med J.* 1995; 311(7017):1401-5.
32. Lahti-Koski M, Pietinen P, Männistö S, Vartiainen E. Trends in waist-to-hip ratio and its determinants in adults in Finland from 1987 to 1997. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(6):1436-44.
33. Deurenberg P, Weststrate JA, Seidell JC. Body mass index as a measure of body fatness: age- and sex-specific prediction formulas. *Br J Nutr.* 1991; 65(2):105-14.
34. Gallagher D, Heymsfield SB, Heo M, Jebb SA, Murgatroyd PR, Sakamoto Y. Health percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *Am J Clin Nutr.* 2000; 72(3):694-701.
35. Lean MEJ, Han TS, Deurenberg P. Predicting body composition by densitometry from simple anthropometric measurements. *Am J Clin Nutr.* 1996; 63(11):4-14.
36. Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *Am J Clin Nutr.* 1987; 46(4):537-56.

37. Durnin JVGA, Wormersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr.* 1974; 32(1):77-97.
38. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr.* 1978; 40(3):497-504.
39. Jackson AS, Pollock ML, Ward ANN. Generalized equations for predicting body density of women. *Med Sci Sports Exerc.* 1980; 12(3):175-82.
40. 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.
41. Petroski EL. Desenvolvimento e validação de equações generalizadas para a estimativa da densidade corporal em adultos. [Tese de Doutorado], Santa Maria: UFSM; 1995.
42. Bottaro MF, Heyward VH, Bezerra RFA, Wagner DR. Skinfold method vs dual-energy x-ray absorptiometry to assess body composition in normal and obese women. *J Exer Physiol.* 2002; 5(2):11-8.
43. Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77(5):1186-91.
44. Brandon LJ. Comparison of existing skinfold equations for estimating body fat in African American and white women. *Am J Clin Nutr.* 1998; 67(6):1155-61.
45. Sinning WE, Dolny DG, Little KD, Cunningham LN, Racaniello A, Siconolfi SF, Sholes JL. Validity of "generalized" equations for body composition analysis in male athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1985; 17(1):124-30.
46. Souza OF, Neto CSP, Guimarães FJSP. Comparação e validação cruzada de equações antropométricas e de impedância bioelétrica para estimar a massa corporal magra de alunos do NPOR. *Rev Paul Educ Fis.* 1998; 12(2):193-201.
47. Glaner MF, Rodriguez-Añez CR. Validação de equações para estimar a densidade corporal e/ou percentual de gordura para militares masculinos. *Treinamento Desportivo.* 1999; 4(1):29-36.
48. Román MC, Torres SP, Bellido MC. Bases físicas del análisis de la impedância bioelétrica. *Vox Paediatr.* 1999; 7(2):139-43.
49. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr.* 1996; 64:(Suppl):S423-7.
50. Slinde F, Rossander-Huthén L. Bioelectrical impedance: effect of 3 identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *Am J Clin Nutr.* 2001; 74(4):474-8.
51. Deurenberg, P. Limitations of the bioelectrical impedance method for the assessment of body fat in severe obesity. *Am J Clin Nutr.* 1996; 64(Suppl):S449-52.
52. Kyle UG, Genton L, Karsegard L, Slosman DO, Pichard C. Single prediction equation for bioelectrical impedance analysis in adults aged 20-94 years. *Nutrition.* 2001; 17(3):248-53.
53. Sun SS, Chumlea WC, Heymsfield SB, Lukaski HC, Schoeller D, Field K, Kuczmarski RJ, Flegal KM, Johnson CL, Hubbard VS. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multi-component model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003; 77(2):331-40.
54. Sun G, French CR, Martin GR, Younghusband B, Green RC, Xie Y, Mathews M, Barron JR, Fitzpatrick DG, Gulliver W, Zhang H. Comparison of multifrequency bioelectrical impedance analysis with dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of percentage body fat in a large, healthy population. *Am J Clin Nutr.* 2005; 81(1):74-8.
55. Segal KR, Loan MV, Fitzgerald PI, Hodgdon JA, Italie TBV. Lean body mass estimation by bioelectrical impedance analysis: a four-site cross-validation study. *Am J Clin Nutr.* 1988; 47(1):7-14.
56. Stolarczyk LM, Heyward VH, Loan MDV, Hicks VL, Wilson WL, Reano LM. The fatness-specific bioelectrical impedance analysis equations of Segal et al: are they generalizable and practical? *Am J Clin Nutr.* 1997; 66(1):8-17.
57. 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). *Rev Bras Ciên e Mov.* 2000; 8(4):14-20.
58. Lohman, TG. *Advances in body composition assessment.* Champaign, IL: Human Kinetics, 1992.
59. Glaner MF. Validação cruzada de equações de impedância bioelétrica em homens. *Rev Bras Cine Des Hum.* 2005; 7(1):5-11.
60. Carvalho ABR, Pires-Neto CS. Composição corporal através dos métodos da pesagem hidrostática e impedância bioelétrica em universitários. *Rev Bras Cine Des Hum.* 1999; 1(1):18-23.
61. Swartz AM, Evans MJ, King GA, Thompson DL. Evaluation of a foot-to-foot bioelectrical impedance analyzer in highly active, moderately active and less active young men. *Br J Nutr.* 2002; 88(2):205-10.
62. Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AW. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyzer to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Br J Nutr.* 2000; 83(2):115-22.
63. Cable A, Mieman DC, Austin M, Hogen E, Utter AC. Validity of leg-to-leg bioelectrical impedance measurement in males. *J Sports Med Phys Fitness.* 2001; 41(3):411-4.
64. Utter AC, Nieman DC, Ward AN, Butterworth DE. Use of the leg-to-leg bioelectrical impedance method in assessing body-composition change in obese women. *Am J Clin Nutr.* 1999; 69(4):603-7.
65. Lukaski HC, Siders WA. Validity and accuracy of regional bioelectrical impedance devices to determine whole-body fatness. *Nutrition.* 2003; 19(10):851-7.
66. Jebb, SA, Siervo M, Murgatroyd PR, Evans S, Frühbeck G, Prentice AM. Validity of the leg-to-leg bioimpedance to estimate changes in body fat during weight loss and regain in overweight women: a comparison with multi-compartment models. *Int J Obes.* 2007; 31: 756-62.
67. Alvarez VP, Dixon JB, Strauss BJ, Laurie CP, Chaston TB, O'Brien PE. Single frequency bioelectrical impedance is a poor method for determining fat mass in moderately obese women. *Obes Surg.* 2007; 17(2): 211-21.
68. Conway JM, Norris KH, Bodwell CE. A new approach for the estimation of body composition: infrared interactance. *Am J Clin Nutr.* 1984; 40(6):1123-30.

69. Schreiner PJ, Pitkaniemi J, Pekkanen J, Saloma, V. Reliability of near-infrared interactance body fat assessment relative to standard anthropometric techniques. *J Clin Epidemiol.* 1995; 48(11):1361-7.
70. Smith DB, Johnson GO, Stout JR, Housh TJ, Housh DJ, Evetovich TK. Validity of near-infrared interactance for estimating relative body fat in female high school gymnasts. *Int J Sports Med.* 1997; 18(7):531-7.
71. Vehrs P, Jr Morrow JR, Butte N. Reliability and concurrent validity of Futrex and bioelectrical impedance. *Int J Sports Med.* 1998; 19(8):560-6.
72. Fogelholm M, Lichtenbelt WM. Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur J Clin Nutr.* 1997; 51(8):495-503.
73. Mclean KP, Skinner JS. Validity of Futrex-5000 for body composition determination. *Med Sci Sports Exerc.* 1992; 24(2):253-8.
74. Thomas DW, Ryde SJS, Ali PA, Birks JL, Evans CJ, Saunders NH, Al-Zeiback S, Dutton J, Hancock DA. The performance of an infra-red interactance instrument for assessing total body fat. *Physiol Meas.* 1997; 18(4):305-15.
75. Hicks VL, Stolarczyk LM, Heyward VH, Baumgartner RN. Validation of near-infrared interactance and skinfold methods for estimating body composition of American Indian women. *Med Sci Sports Exerc.* 2000; 32(3):531-9.

Recibido:11-07-2007

Aceptado: 26-10-2007