

Procedimentos clínicos utilizados para análise da composição corporal

Clinical procedures used for analysis of the body composition

Dartagnan Pinto Guedes¹

Resumo – De acordo com a exigência quanto à precisão, à exatidão e à validação das informações a serem tratadas, os procedimentos clínicos podem se caracterizar como opção aceitável e acessível para análise dos componentes associados à composição corporal. As técnicas com características clínicas mais comunmente empregadas são a bioimpedância elétrica e a antropometria através das medidas de espessura de dobras cutâneas. Contudo, apesar da maior exequibilidade frente aos procedimentos laboratoriais, os procedimentos clínicos apresentam limitações e especificidades quanto ao uso de seus protocolos que, necessariamente, devem ser consideradas quando de sua utilização. O propósito desta revisão é fornecer uma análise crítica sobre o uso das técnicas de bioimpedância elétrica e antropometria e expor a importância da utilização de protocolos bem definidos para garantir estimativas mais adequadas quanto aos componentes de composição corporal.

Palavras-chave: Antropometria; Bioimpedância elétrica; Espessuras de dobras; Gordura corporal; Metodologia.

Abstract – According to the requirement for precision, accuracy and validation of information to be treated, clinical procedures can be characterized as an acceptable and accessible option for the analysis of components associated with body composition. The techniques with clinical features more commonly used are bioelectrical impedance and anthropometry by skinfold thickness. However, despite the greater feasibility in the face of laboratory procedures, clinical procedures have limitations and specifications regarding the use of their protocols, which should necessarily be considered when they are used. The purpose of this review is to provide a critical analysis about the use of bioelectrical impedance and anthropometry and explain the importance of carrying out well defined application standards to ensure more appropriate body composition estimation.

Key words: Anthropometry; Bioelectrical impedance analysis; Body fat; Skinfold thickness; Methodology.

1 Universidade Norte do Paraná.
Centro de Pesquisa em Ciências da
Saúde. Londrina, PR, Brasil

Recebido em 13/07/12
Aprovado em 20/08/12



Licença
Creative Commons

INTRODUÇÃO

O crescente interesse pelo monitoramento de indicadores da composição corporal tem atraído a atenção de pesquisadores e profissionais de diferentes áreas do conhecimento biológico, o que tem favorecido o desenvolvimento de novos conceitos e de recursos tecnológicos que oferecem cada vez maior precisão e exatidão na determinação e na interpretação de seus componentes.

Tradicionalmente, as técnicas de medida da composição corporal podem ser classificadas de acordo com o interesse de sua aplicação: pesquisas básicas e aplicadas de caráter experimental e epidemiológica, diagnóstico e controle de patologias ou intervenções dietéticas e de prática de exercício físico em programas de controle do peso corporal. Essas técnicas envolvem procedimentos laboratoriais e clínicos¹.

Os procedimentos laboratoriais, embora mais rigorosos e precisos, são extremamente mais dispendiosos e, em razão de seus protocolos de medida solicitarem rotinas de elevada complexidade, apresentam limitada aplicação no cotidiano de profissionais e investigadores. Por sua vez, os procedimentos clínicos são menos dispendiosos, menos rigorosos e de interpretação mais imediata; portanto, de maior aplicação prática. Apesar da menor rigorosidade, os resultados obtidos com a sua aplicação apresentam elevada relação com os procedimentos laboratoriais e, se forem levados em consideração determinados cuidados, podem produzir erros de estimativa em limites aceitáveis.

No que se refere às técnicas utilizadas nos procedimentos clínicos, a bioimpedância elétrica e a antropometria têm sido as mais comumente empregadas^{2,3}. Neste sentido, o presente artigo de revisão procura compilar informações disponibilizadas na literatura quanto ao uso das técnicas de bioimpedância elétrica e antropometria no monitoramento de indicadores associados à composição corporal.

BIOIMPEDÂNCIA ELÉTRICA

O princípio básico da técnica de bioimpedância elétrica (BIA) voltada à análise da composição corporal baseia-se nos diferentes níveis de condução elétrica dos tecidos biológicos expostos a várias frequências de corrente. Nesse caso, pode-se comparar o corpo humano a um circuito elétrico composto por uma resistência (água e massa livre de gordura) em série com um condensador (membranas celulares e gordura). Os fluidos intra e extracelulares comportam-se como condutores, enquanto as membranas celulares (formadas por duplo estrato lipídico não-condutor intercalado entre duas capas moleculares de material protéico condutor) atuam como elementos capacitantes ou condensadores. Dessa forma, com informações a respeito da BIA ou de algum de seus parâmetros pode-se estimar a quantidade de água corporal, e, admitindo valores constantes, a proporção de massa livre de gordura e gordura corporal².

Uma das críticas que se fazem à técnica da BIA é a de que esse princípio considera o corpo humano como um condutor cilíndrico perfeito, o que parece não ser verdade. No entanto, vários estudos de validação têm sido conduzidos com seus procedimentos e têm sido encontradas boas correlações com os métodos de referência^{4,5}.

A primeira tentativa de mostrar a relação entre medidas de impedância e quantidade de água corporal provém do início da década de 1960⁶. Porém, foi somente em meados dos anos 1980 que os primeiros equipamentos voltados à análise da BIA no campo clínico foram idealizados⁷. A princípio, os critérios de validação dos indicadores de composição corporal apresentados por esses equipamentos foram a densidade corporal e a quantidade de água corporal baseando-se em modelos bicompartimentais. Contudo, mais recentemente se tem encontrado indicações de validação bastante promissoras em sujeitos entre 12 e 90 anos mediante modelos tetracompartimentais⁸.

As informações equivalentes à resistência e à reatância mediante a BIA podem ser obtidas por intermédio de equipamento denominado ohmímetro, preferencialmente com dois pares de eletrodos emissores e receptores (técnica tetrapolar). Ohmímetros com apenas um par de eletrodos (emissor e receptor – técnica bipolar) tendem a elevar os erros de leitura e, se possível, devem ser evitados².

Protocolo de Medida

O protocolo de medida da técnica tetrapolar consiste na fixação dos eletrodos emissores distalmente na superfície dorsal da mão e do pé, no plano da cabeça do terceiro metacarpo e do terceiro metatarso, respectivamente. Por sua vez, os eletrodos receptores são colocados proximalmente também na mão e no pé, o primeiro no pulso, em um plano imaginário de união das duas apófises estilóides, e o segundo na região dorsal da articulação da tíbio-társica, na linha imaginária de união da parte mais saliente dos dois maléolos. Por convenção, os quatro eletrodos devem ser colocados na mão e no pé direitos, com o indivíduo na posição de decúbito supino, para que venha a ser minimizado os efeitos da gravidade na tendência de estagnação da água corporal nas extremidades inferiores quando em posição bípede. Esse protocolo de medida também é denominado de técnica de BIA horizontal².

Por intermédio dos dois eletrodos emissores é aplicada uma corrente alternada de baixa intensidade (entre 500 e 800mA), que utilizará os fluidos celulares como condutores e as membranas celulares como condensadores. A diferença de corrente causada pela impedância é posteriormente detectada pelos dois eletrodos receptores. O analisador mede a resistência e a reatância produzida e projeta os valores de impedância. Conhecido o comprimento do condutor (estatura) e da impedância a essa corrente elétrica, calcula-se o volume do condutor. Ao admitir que a massa livre de gordura contem grande parte da água e dos eletrólitos do organismo e é, portanto, o principal responsável pelo nível de condução da corrente elé-

trica, estima-se o componente da massa livre de gordura e, posteriormente, com base no peso corporal, o componente de gordura ².

Tipos de Ohmímetros

Os ohmímetros direcionados à análise de indicadores de BIA podem emitir corrente de frequência única (monofrequência) ou de diferentes frequências (multifrequência). Todos os ohmímetros de monofrequência normalmente operam à frequência de 50 kHz, com eletrodos dispostos na mão e no pé em técnica tetrapolar e, em técnica bipolar, no pé-pé ou mão-mão. A frequência de 50 kHz a impedância se apresenta diretamente proporcional a quantidade total de água corporal e permite, na sequência, estabelecer estimativas da massa livre de gordura. Porém, não permite determinar, nem diferenciar, as frações intra e extracelulares do componente de água ⁹. Em contrapartida, os ohmímetros de multifrequência utilizam modelos empíricos de regressão linear a diferentes frequências, como 0, 1, 5, 50, 100, 200 e 500 kHz, para estimar a quantidade total de água corporal, as frações intra e extracelulares, e por derivação a massa livre de gordura ¹⁰.

Mais recentemente, com o avanço tecnológico verificado na fabricação dos equipamentos empregados na técnica de BIA, tem sido sugerida a utilização de frequências superiores a 500kHz. Em alguns casos, propõem-se frequências espectrais de até 1300kHz ². A vantagem de aplicar correntes elétricas com frequências mais elevadas reside na possibilidade de estimar frações intra e extracelulares do componente de água com maior precisão. No entanto, valores de impedância encontrados nestes casos e, por sua vez, estimativas da quantidade total de água corporal, são muito similares aos produzidos a 50kHz ¹¹.

Com relação aos modelos de ohmímetros empregados para a análise da composição corporal pela técnica tetrapolar de BIA, as versões comerciais mais comumente empregadas são *RJL Bia 101* (RJL Systems, Inc.), *Valhalla 1990B* (Valhalla Scientific, Inc.), *Xitron 4000B* (Xitron Technologies, Inc.) e *Biodynamics 310E* (Biodynamics Inc.). No entanto, com frequência depara-se com equipamentos alternativos extremamente mais simples e de menor custo financeiro envolvendo técnica bipolar. Dois exemplos dessa linha de equipamento são as versões comerciais *Tanita* (Tanita Corporation) e *Omron* (Omron Corporation).

O equipamento *Tanita* consiste de uma espécie de balança que contém em sua plataforma eletrodos para emissão e recepção da corrente elétrica. O avaliado coloca-se em pé sobre sua plataforma e permanece nessa posição por alguns segundos. A corrente elétrica deverá percorrer os membros inferiores e a região do abdome e fornecer de imediato, pelo próprio equipamento, estimativas da quantidade de gordura em proporção ao peso corporal do avaliado. Na opção com o equipamento *Omron*, o avaliado deverá segurar o aparelho com os braços estendidos à frente, formando um ângulo de 90° com o tronco, com ambas as mãos sobre os eletrodos, para que a corrente elétrica possa percorrer os membros superiores e a região superior do tronco.

Em ambos os protocolos alternativos não são apresentadas informações sobre a resistência e a reatância, induzindo a prováveis vieses de estimativa. Além disso, nos dois casos o indivíduo deverá posicionar-se em pé para a realização das medidas, o que constitui em importante limitação², por isto esse procedimento recebe a denominação de técnica de BIA vertical. Quando comparadas as estimativas associadas à quantidade de gordura em proporção ao peso corporal, verifica-se que as diferenças entre os dois protocolos de medida de BIA (horizontal e vertical) são relevantes e significativas estatisticamente¹².

Em geral, tendo como referência os procedimentos laboratoriais, a técnica de BIA vertical tende a subestimar os valores de massa livre de gordura em comparação com a técnica de BIA horizontal¹². Assim sendo, mesmo considerando seu baixo custo, facilidade de operação e portabilidade, se for o caso, a técnica de BIA vertical deve ser utilizada com cautela.

Aspectos Metodológicos

Apesar da relativa facilidade e rapidez da medida, a utilização da técnica de BIA requer um conjunto de procedimentos prévios por parte do indivíduo, sem os quais poderão ocorrer prejuízos à qualidade das informações obtidas^{2,13}: (a) não ter feito uso de medicamentos diuréticos nos últimos 7 dias; (b) manter-se em jejum por pelo menos 4h; (c) não ter ingerido bebidas alcoólicas nas últimas 48h; (d) ter-se absterido da prática de exercício físico intenso nas últimas 24h; (e) urinar pelo menos 30min antes da medida; e (f) manter-se pelo menos 8-10min em repouso absoluto em posição supina antes de se efetuar a medida.

Além desses cuidados, característica e calibração do equipamento, posição do corpo, nível de hidratação do indivíduo e ingestão de alimentos, temperatura ambiente e cutânea podem apresentar alguma influência na qualidade das medidas. A tabela 1 apresenta síntese de estudos disponibilizados na literatura que analisaram o impacto desses fatores na variação dos valores de resistência e, por consequência, de massa livre de gordura e gordura corporal.

Alterações significativas na condutibilidade da corrente elétrica também podem ocorrer em função do uso de vestimentas mais pesadas e de peças de metal (brincos, relógios, pulseiras, anéis, etc.)². Próximo à ovulação, as mulheres tendem a apresentar maior retenção de líquidos. Ainda, medidas aferidas nas primeiras horas pós-despertar tendem a apresentar mais elevada reprodutibilidade por conta das menores variações no metabolismo de repouso¹³.

Quanto às restrições de uso da técnica de BIA, não se conhece atualmente efeitos adversos, embora se deve levar em conta que pode afetar a atividade elétrica de marcapassos e desfibriladores, pelo que, nessas circunstâncias, deve ser evitada¹³. Por outro lado, considerando que a técnica de BIA esta relacionada às alterações da distribuição aquosa, como ocorre em algumas enfermidades graves, nestes casos seus pressupostos teóricos tornam-se inválidos²⁰.

Tabela 1. Estudos que analisaram o impacto de diferentes situações na variação dos valores de massa livre de gordura (MLG) e massa de gordura (MG) mediante a técnica de bioimpedância elétrica.

Situação experimental	Variações nos valores de resistência	Impacto na MLG e MG	Referências
Uso de diferentes tipos de ohmímetros	$\pm 21 \Omega W$	Alterações nos valores de MLG e MG	Kyle et al ⁹ Deurenberg et al ¹⁴
Abdução das extremidades de 30° para 90°	$\downarrow 12 \Omega W$	Redução em torno de 1,5% na MG	Kushner et al ¹⁵
Troca dos eletrodos do lado direito para esquerdo	7-18 ΩW	Alterações nos valores de MLG e MG	Kushner et al ¹⁵
Ingestão prévia de água (700 ml)	$\uparrow 9 \Omega W$	Aumento de até 3% na MG	Kushner et al ¹⁵ Heitmann ¹⁶
Ingestão de alimentos sólidos	-4 a 14 ΩW	Redução entre 8-10% na MG	Kushner et al ¹⁵ Heitmann ¹⁶
Realização de exercício físico moderado	$\downarrow 3\%$	Não se normaliza antes de 60 min	Roos et al ¹⁷
Após 60 min em decúbito supino	$\uparrow 17 \Omega W$	Aumento em torno de 2% na MG	Roos et al ¹⁷
Diminuição da temperatura ambiente de 35° para 14° C	\uparrow	Redução na MLG e aumentos na MG	Buono et al ¹⁸
Elevação da temperatura ambiente de 15° para 35° C	\downarrow	Aumento na MG e reduções na MLG	Buono et al ¹⁸
Uso de anticoncepcional oral		Nenhum impacto significativo	Machado et al ¹⁹

Com relação às equações empregadas para estimativas da massa livre de gordura, a variável independente mais frequentemente empregada é o índice de impedância (estatura/resistência). Neste caso, em razão das variações biológicas existentes na proporção de água corporal em indivíduos de ambos os sexos e de diferentes idades, são idealizadas expressões específicas para cada sexo e grupo etário.

A literatura disponibiliza inúmeras equações para esta finalidade especificamente para jovens ²¹ e adultos ^{8,9}. Porém, a priori, não se aconselha utilizar essas equações em sujeitos que podem apresentar características biológicas diferentes das que foi derivada. Neste caso, faz-se necessário levantar indicadores de validação previamente a sua utilização em populações específicas.

Ainda, aspecto importante a ser observado refere-se às equações contidas no *software* que acompanha os diferentes equipamentos utilizados. Geralmente seus fabricantes apresentam uma única opção de equação de regressão em cada equipamento. Desse modo, na eventualidade de a equação preditiva que acompanha o equipamento em uso não ser de interesse do profissional e do investigador, sugere-se ignorar as estimativas de massa livre de gordura e de gordura apresentadas e considerar apenas as informações equivalentes à resistência e/ou à impedância. Assim, com equações selecionadas pelo próprio profissional ou investigador, torna-se possível estabelecer estimativas sobre a massa livre de gordura e, posteriormente, a gordura corporal, por intermédio de qualquer modelo de regressão disponível na literatura que julgar conveniente para aquela situação específica.

ANTROPOMETRIA

A técnica de BIA oferece estimativas suficientemente precisas sobre os componentes de massa livre de gordura e gordura corporal e se torna, portanto, a primeira opção para a análise da composição corporal mediante procedimentos clínicos. No entanto, muitas vezes, em razão do custo de seu equipamento, da relativa sofisticação metodológica e das dificuldades em envolver os avaliados no protocolo de medida, sua utilização tem sido limitada. Nesse sentido, a simplicidade de utilização, a inocuidade, a relativa facilidade de interpretação e as menores restrições culturais, por se tratar de medidas externas das dimensões corporais, elegeram a técnica antropométrica como a de maior aplicabilidade e encorajaram número cada vez maior de profissionais a recorrer aos seus protocolos.

Em análise da composição corporal envolvendo dois compartimentos (gordura corporal e massa livre de gordura), a medida de espessura das dobras cutâneas é o indicador antropométrico mais comumente utilizado³, apesar de que, em abordagens multicompartimentais, devem ser incluídas também informações sobre medidas de perímetros e diâmetros ósseos²²⁻²⁴. No entanto, a proposta mais simples direcionada à análise da composição corporal com a participação de dimensões antropométricas é a construção de índices que envolvem medidas equivalentes ao peso corporal e à estatura.

Esses índices são definidos pela medida equivalente ao peso corporal dividido por alguma potência da medida de estatura (peso corporal/estatura^p). A função exponencial p é estabelecida com a finalidade de fornecer correlações máximas entre o excesso de gordura corporal e a ocorrência do sobrepeso. O índice *peso corporal/estatura* mais empregado na área da composição corporal é traduzido por valor de $p = 2$, que resulta no que se denomina de índice de massa corporal (IMC), ou originalmente estabelecido como índice de Quetelet (peso corporal expresso em kg dividido pela estatura em m²).

Embora no âmbito epidemiológico se utilizem os valores de IMC como importante indicador de composição corporal, sua interpretação no contexto individual deve ser feita com alguma cautela. Experimentalmente verificou-se que, em homens adultos, IMC = 30 kg/m² implica proporções de gordura por volta de 30% do peso corporal aos 20 anos e 40% aos 60 anos de idade. Em mulheres de 20 e 60 anos, esses valores corresponderam a 40% e 50%, respectivamente²⁵. Nessa perspectiva, chama-se atenção para o fato de que, na realidade, os valores de IMC não são mais que ajuste matemático das medidas de peso corporal e de estatura.

Nesse particular, deve-se admitir que o maior acúmulo de gordura corporal induz a um aumento nas medidas do peso corporal e, por sua vez, nos valores do IMC, o que justifica o fato de muitos sujeitos com peso corporal acima dos indicadores referenciais apresentarem também excesso de gordura corporal. Contudo, pode ser que o peso corporal excessivo não reflita a condição de maior acúmulo de gordura corporal, considerando que essa maior medida de peso corporal possa ser ocasionada em consequência de elevada massa livre de gordura e não pelo componente de gordura

corporal. Portanto, parece ser possível que o excesso de gordura corporal possa induzir ao sobrepeso; porém, o inverso pode não ser verdadeiro, admitindo-se que o aumento da medida do peso corporal pode não traduzir necessariamente uma elevação na quantidade de gordura corporal²⁶. Nestes casos, para estabelecer se o indivíduo apresenta sobrepeso acompanhado de excesso de gordura, ou se apresenta sobrepeso apenas por conta de um maior desenvolvimento da massa livre de gordura, é preciso recorrer a outros procedimentos antropométricos que permitam estabelecer estimativas das frações de gordura e de massa livre de gordura³.

Contudo, se, por um lado, tem-se apontado a precária associação entre os valores de IMC e indicadores da quantidade de gordura corporal em indivíduos não-obesos, por outro, em indivíduos com considerável maior quantidade de gordura corporal verifica-se que o valor de IMC é uma informação altamente associada à gordura corporal²⁶. Em vista disso, na falta de outras informações relacionadas à quantidade de gordura corporal, apesar de suas limitações metodológicas e conceituais, o profissional e o investigador poderá utilizar o valor do IMC como indicador de composição corporal.

Espessuras de dobras cutâneas

Informações equivalentes às medidas de espessura das dobras cutâneas como procedimento direcionado à análise da composição corporal estão alicerçadas na observação de que grande proporção da gordura corporal se encontra localizada no tecido subcutâneo, e, dessa forma, dimensões de sua espessura são utilizadas como indicador da quantidade de gordura localizada naquela região do corpo³. Mediante estudos em cadáveres foi observada estreita relação estatística entre medidas de espessura de dobras cutâneas utilizando compassos e espessura do tecido subcutâneo medido diretamente por intermédio de incisão realizada no mesmo local onde se colocou o compasso^{27,28}.

Como a disposição da gordura localizada no tecido subcutâneo não se apresenta de forma uniforme por todo o corpo, medidas de espessura de dobras cutâneas devem ser realizadas em várias regiões a fim de se obter visão mais clara sobre sua disposição. Em relação às estratégias de interpretação, as medidas de espessura de dobras cutâneas podem ser analisadas de duas formas. Uma delas é considerar as medidas de espessura das dobras cutâneas de diferentes regiões anatômicas separadamente, procurando oferecer informações sobre a distribuição relativa da gordura subcutânea de região para região do corpo. A segunda maneira é o seu envolvimento em equações de regressão, com intenção de predizer valores associados à densidade corporal e, posteriormente, aos de gordura em relação ao peso corporal³.

Por outro lado, deve-se ter presente que os valores de espessura de dobras cutâneas apesar de serem razoavelmente válidos, apresentam interferências pela participação de outros tecidos subcutâneos, resultando, portanto, apenas em valores aproximados, e não na quantidade efetiva de

gordura subcutânea²⁷. Somando-se a isso, quando das comparações entre medidas de espessura de dobras cutâneas, torna-se necessário assumir outras importantes limitações. Por exemplo, a compressibilidade do tecido subcutâneo e a espessura da pele²⁸.

Ainda, a representatividade do conteúdo de gordura subcutânea em relação às medidas de espessura de dobras cutâneas apresenta elevada variabilidade individual e entre diferentes pontos anatômicos selecionados em um mesmo indivíduo²⁸. Logo, duas medidas idênticas de espessuras de dobras cutâneas, em um mesmo indivíduo, podem significar diferentes depósitos de gordura subcutânea de acordo com o ponto anatômico considerado.

O nível de exatidão e de precisão das medidas de espessura das dobras cutâneas depende do tipo de compasso utilizado, da familiarização dos avaliadores com as técnicas de medida e da perfeita identificação do ponto anatômico a ser medido. Com relação aos compassos, vários tipos têm sido advogados e utilizados; no entanto, os do tipo *Lange* (Beta Technology Incorporated) e *Harpندن* (British Indicators) são os que têm demonstrado maior precisão nas espessuras observadas e na consistência em repetidas medidas²⁹. Um compasso de fabricação nacional, o do tipo *Cescorf* (Cescorf Equipamentos Ltda.), com mecânica e *design* muito similares ao do tipo *Harpندن*, também tem sido recomendado. Outras opções de compassos de fabricação nacional, os do tipo *Sanny* (American Medical do Brasil Ltda) e *OpusMax* (Terrazul Tecnologia), ainda merecem maiores estudos antes de serem recomendados para uso rotineiro.

Apesar da qualidade das informações apresentadas mediante o uso dos três compassos mais recomendados (*Lange*, *Harpندن* e *Cescorf*) devem-se levar em conta diferenças importantes nas características de cada um deles, o que ocasiona medidas de espessura das dobras cutâneas sistematicamente diferentes. Para abertura das hastes dos compassos entre 2 e 40 mm a pressão média das molas é de 10g/mm², com variação máxima de 2g/mm² nos três compassos. Contudo, a área de contato com a superfície da pele do compasso do tipo *Lange* é de 30mm² (5 x 6 mm), enquanto a dos compassos do tipo *Harpندن* e *Cescorf* é de 90mm² (6 x 15 mm). Assim, como o nível de compressibilidade dos compassos depende da relação entre sua área de contato com a superfície da pele e a pressão exercida por suas molas³¹, maior área de contato sem alteração na pressão das molas deverá acarretar compressibilidade mais elevada entre os compassos do tipo *Harpندن* e *Cescorf*.

Além disso, as mandíbulas significativamente menores observadas no compasso do tipo *Lange* também deverão interferir na compressão das dobras cutâneas a serem medidas³⁰. Dessa forma, embora os três tipos de compassos possam apresentar características semelhantes de pressão das molas, pelas diferenças em relação ao *design*, o compasso do tipo *Lange* deverá apresentar menores dimensões para uma mesma espessura de dobra cutânea comparativamente com os compassos do tipo *Harpندن* e *Cescorf*. Evidências experimentais revelam que, para uma mesma espessura de dobra

cutânea, o compasso do tipo *Lange* tende a apresentar medida mais elevada em comparação com o compasso do tipo *Harpenden* ²⁹.

As divergências em relação à definição das medidas é mais um item a ser observado quando de eventuais comparações entre as medidas de espessuras das dobras cutâneas realizadas pelo compasso *Lange* em relação aos outros dois. O compasso do tipo *Cescorf* apresenta definição de medida de 0,1mm; o do tipo *Harpenden*, 0,2mm, com possibilidade de alcançar 0,1mm mediante interpolações na escala de medida; e o compasso do tipo *Lange*, de 1,0mm. Essas diferenças na definição de medida praticamente inviabilizam qualquer tentativa de comparação mais segura e efetiva entre as medidas de espessura das dobras cutâneas realizadas por intermédio do compasso do tipo *Lange* e dos compassos dos tipos *Harpenden* e *Cescorf*.

Outro aspecto importante relacionado às medidas de espessura das dobras cutâneas é a familiarização dos avaliadores com a técnica de medida. Nesse particular, um elemento básico deve ser considerado: a influência das variações na reprodutibilidade intra e interavaliadores. Com relação à reprodutibilidade de medida intra-avaliador, observa-se que a magnitude de seus índices varia em razão da experiência do avaliador com o protocolo adotado e da região a ser medida. Contudo, a quantidade de gordura apresentada pelo avaliado permite que repetidas medidas, na mesma região, realizadas pelo mesmo profissional, concordem mais estreitamente entre dimensões menores que entre dimensões mais elevadas. Assim, a possibilidade de ocorrerem variações intra-avaliador deverá aumentar em proporção inversa às dimensões das medidas ³¹.

Relativamente à determinação de índices aceitáveis para a reprodutibilidade intra-avaliador, existem algumas tentativas de se estabelecerem referenciais nesse tema. Portanto, antes de iniciar com a técnica de medida de espessura das dobras cutâneas sugere-se que cada profissional ou investigador determine seu próprio índice de reprodutibilidade intra-avaliador para que se possam obter informações realmente confiáveis e úteis para futura análise da composição corporal.

Ao serem considerados os índices de reprodutibilidade interavaliadores, percebe-se que, em razão das medidas de espessura das dobras cutâneas serem realizadas em tecido mole, existe a possibilidade de cada profissional individualmente diferir na exata localização e definição dos pontos anatômicos a serem medidos. Conseqüentemente, seus índices podem alcançar até duas vezes mais que os de reprodutibilidade intra-avaliador ³¹. Desse modo, somente com rigorosa observação das padronizações adotadas e com acentuado domínio do protocolo de medida será possível minimizar a possibilidade de ocorrência destas variações.

No que se refere aos protocolos de medida de espessura das dobras cutâneas voltadas à análise da composição corporal, especialistas da área desenvolveram procedimentos padronizados que têm recebido grande aceitação entre os adeptos dessa técnica ³: (a) realizar as medidas sempre no hemicorpo direito do indivíduo; (b) identificar e marcar cuidadosamente com lápis dermatográfico o ponto anatômico correspondente à dobra cutânea;

(c) definir o tecido celular subcutâneo das estruturas mais profundas por intermédio do polegar e do dedo indicador da mão esquerda; (d) destacar a dobra cutânea e colocar o polegar e o dedo indicador, separados por aproximadamente 8 cm entre si, sobre uma linha perpendicular ao eixo que acompanha a dobra da pele. Quanto mais espesso for o tecido subcutâneo, maior deverá ser a distância entre o polegar e o dedo indicador para destacar a dobra cutânea; (e) elevar a dobra cutânea por volta de 1 cm acima do ponto de medida; (f) manter a dobra cutânea elevada enquanto se estiver realizando a medida; (g) aplicar a borda superior do compasso perpendicular à dobra cutânea e a cerca de 1 cm abaixo do ponto exato de reparo; (h) soltar a pressão das hastes do compasso lentamente; e (i) aguardar por volta de 2-3 segundos e depois soltar a pressão das hastes do compasso para que a leitura da medida seja realizada.

Alguns outros cuidados devem ser tomados o fim de aprimorar a qualidade das medidas. A realização de uma série de três medidas no mesmo local, tomadas de forma alternada em relação às demais, é um procedimento interessante para minimizar os erros de medida. Na eventualidade de ocorrerem discrepâncias superiores a 5% entre as medidas de valores extremos no mesmo local, nova série de três medidas deverá ser realizada. Para efeito de cálculo, considera-se a dimensão da medida intermediária como valor adotado para cada ponto ³.

Não se aconselha realizar as medidas de espessura das dobras cutâneas imediatamente após a realização de esforço físico mais intenso. Nestes casos, o deslocamento de fluidos corporais em direção à pele, em consequência de adaptações biológicas resultantes do esforço físico realizado, tende a aumentar as espessuras das dobras cutâneas. Além disso, devem-se realizar as medidas sempre diretamente na pele do indivíduo, quando esta estiver seca e sem nenhum produto que possa ocasionar o deslizamento dos dedos do avaliador ou das bordas do compasso ³. Sempre que possível, deve-se evitar a utilização de compassos de plástico e procurar obter definição mínima de 0,1 mm, mesmo que esta seja alcançada por interpolação da escala original de medida ³².

Relativamente à localização dos pontos anatômicos para realização das medidas de espessura das dobras cutâneas, estes variam conforme a equação preditiva utilizada para estimativa da quantidade de gordura corporal. Contudo, chama-se a atenção para a necessidade de acompanhar rigorosamente a padronização proposta pelos autores da equação escolhida.

Medidas de circunferências

Método antropométrico alternativo para análise da composição corporal consiste nas medidas de circunferências em regiões específicas do corpo. Em princípio, medidas de circunferência apresentam as mesmas vantagens de simplicidade, facilidade e aceitabilidade das espessuras de dobras cutâneas; contudo, tem sido demonstrada sua fragilidade como variável preditora da quantidade de gordura corporal em razão de suas dimensões incluírem outros tecidos e órgãos além do tecido adiposo ²⁴.

Sugere-se a utilização das medidas de circunferências para análise da composição corporal em duas situações. Na primeira, quando o indivíduo apresentar quantidade de gordura corporal excessivamente elevada, o que faz as espessuras de dobras cutâneas ultrapassarem o limite recomendável que possa assegurar medidas de boa qualidade (> 40 mm); na segunda, quando o objetivo é reunir informações direcionadas ao padrão de distribuição regional da gordura corporal ²⁷.

Certa preocupação relativamente ao padrão de distribuição regional da gordura corporal justifica-se em razão da estreita associação observada entre algumas complicações para a saúde decorrentes de disfunções cardiometabólicas e do maior acúmulo de gordura na região central do corpo, independentemente da idade e da quantidade total de gordura corporal ³³. Conceitualmente, o maior acúmulo de gordura na região central do corpo, ou um padrão centrípeto de distribuição regional de gordura corporal, é caracterizado pela maior quantidade de gordura nas regiões do tronco, principalmente na cintura, e relativamente menor quantidade de gordura nas extremidades. Em contrapartida, o padrão periférico da distribuição de gordura corporal é definido pelo maior depósito de gordura nas extremidades, sobretudo nas regiões dos quadris, glútea e da coxa superior em comparação com o tronco.

A razão entre a circunferência da cintura e dos quadris vem sendo empregada freqüentemente para caracterizar se a gordura corporal é reunida predominantemente na região central do corpo ou na extremidade. Sobre a interpretação dos valores encontrados na razão cintura/quadris, a literatura dispõe de indicadores referenciais que podem identificar a intensidade do risco predisponente ao aparecimento e ao desenvolvimento de disfunções cardiometabólicas de acordo com a idade e o sexo ³⁴. Outra forma sugerida para prever o risco associado à saúde decorrente do maior acúmulo de gordura na região central do corpo é a recorrência da razão entre medida de circunferências de cintura e estatura. Nesse caso, dimensões da razão cintura/estatura maiores que 0,50 tendem a aumentar a incidência de disfunções cardiometabólicas ³⁵.

Principal vantagem do uso da razão cintura/estatura, em comparação com a razão cintura/quadris, refere-se ao fato de que, em tese, este deverá apresentar maior sensibilidade para a análise do padrão de distribuição de gordura, considerando a provável variação conjunta das medidas de circunferências da cintura e do quadril durante o processo de maior acúmulo e de redução da gordura corporal ³⁵. Além do mais, essas medidas permitem comparações imediatas quanto à distribuição de gordura corporal de indivíduos que apresentam diferentes medidas de estatura.

Equações preditivas envolvendo medidas antropométricas

Com base na estreita relação estatística entre as medidas de densidade corporal e as dimensões de espessura das dobras cutâneas, o que credencia esta técnica antropométrica como boa opção para desenvolver estimativas associadas à quantidade de gordura corporal, e tendo em vista que os pro-

cedimentos densitométricos são empregados para validar outras técnicas, têm sido propostas equações preditivas que viabilizam enormemente o emprego das medidas de espessura das dobras cutâneas na análise da composição corporal.

Quando se utilizam equações de regressão com essa finalidade considera-se que o somatório de um conjunto de medidas de espessura de dobras cutâneas possa ser um bom indicador da gordura subcutânea, e os valores equivalentes à densidade corporal da quantidade total de gordura do corpo. Levando em conta esses pressupostos, as inúmeras equações de regressão à disposição na literatura podem ser classificadas em dois grupos: equações específicas e equações generalizadas.

As equações específicas são desenvolvidas com base em informações apresentadas por grupos homogêneos de indivíduos relativamente ao sexo, à idade e aos níveis de gordura corporal. Portanto, devem ser empregadas em segmentos específicos da população com características similares. Por outro lado, na proposição das equações generalizadas são envolvidos indivíduos que apresentam diferentes quantidades de gordura corporal e dentro de uma faixa etária muito ampla. Desse modo, procura-se minimizar a participação do grau de adiposidade e do processo de envelhecimento orgânico na relação estatística entre a gordura corporal total e a gordura subcutânea ³⁶.

A princípio, parece claro que as equações específicas apresentam maior validade preditiva quando utilizadas em indivíduos pertencentes ao mesmo segmento da população da qual se originou a equação; entretanto, quanto maior a especificidade da equação, menor sua aplicação. Dessa forma, equações generalizadas e idealizadas com base em amostras representativas de populações heterogêneas em relação à idade e ao nível de adiposidade podem aumentar as opções de aplicação.

Os erros de predição associados à utilização de equações para estimativas da quantidade de gordura corporal são estabelecidos em valores médios por volta de 5%, apesar de, de acordo com a equação utilizada e com a quantidade de gordura apresentada pelo indivíduo a ser analisado, podem ser encontrados vieses entre 3% e 9% da gordura corporal real ³⁶.

Ao optar pela utilização de uma equação envolvendo medidas de espessura de dobras cutâneas para predição da quantidade de gordura corporal, deve-se observar o princípio de validação dessa mesma equação em amostras de indivíduos pertencentes à população que se pretende utilizar. A proposição de equações para esta finalidade, acompanhada por erros de estimativa de baixa magnitude, não significa necessariamente que estas possam ser utilizadas em todas as populações. Torna-se, pois, necessário submetê-las a um processo de validação para ajustar seus coeficientes preditivos e, quando preciso, estabelecer os novos erros de estimativas específicos para aquela população. Portanto, deve-se ter atenção especial ao processo de validação das equações antropométricas com intenção de estabelecer estimativas mais precisas sobre a quantidade de gordura corporal ^{3,36}.

Em estudos que procuraram validar equações proposta com base em amostras de indivíduos norte-americanos, japoneses e europeus verificou-

-se que estas produzem vieses acentuados quando comparadas com a utilização dos procedimentos densitométricos na análise da quantidade de gordura corporal de indivíduos pertencentes a segmentos da população brasileira³⁷. Neste sentido, procurou-se a proposição de equações para a população brasileira que melhor possam atender a essa realidade^{38,39}.

Ao contrário do que se observa em adultos, raras são as equações com medidas de espessura de dobras cutâneas propostas com o fim de estimar os parâmetros da composição corporal em populações jovens. Até certo ponto, essa situação apresenta alguma incoerência. Levando-se em conta que as dificuldades para persuadir crianças e adolescentes a cooperarem com os protocolos da técnica de BIA são significativamente maiores que em adultos, parece existir maior necessidade de utilizar as equações preditivas nesse segmento da população.

Dentre as poucas equações específicas para jovens apresentadas na literatura, as sugeridas por Slaughter e colaboradores são as que têm recebido maior aceitação⁴⁰. Em sua proposição, foi envolvida a proporção de gordura em relação ao peso corporal, obtida pelas informações provenientes de análise multicompartmental como variável dependente e pelo somatório das medidas de espessura das dobras cutâneas destacadas nas regiões tricípital e subescapular como variável independente. O erro de predição produzido pelas equações é estimado entre 3,6% e 3,9%. As equações foram propostas separadamente para jovens de etnia branca e negra, e de níveis de maturação biológica equivalentes a pré-púbere, púbere e pós-púbere.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dependendo do nível de exigência quanto à precisão, à exatidão e à validação das informações a serem tratadas, os procedimentos clínicos podem se caracterizar como opção aceitável e acessível para análise dos componentes associados à composição corporal. Neste sentido, as técnicas com características clínicas mais empregadas são a BIA e a antropometria através das medidas de espessura de dobras cutâneas. Contudo, apesar da maior exequibilidade frente aos procedimentos laboratoriais, os procedimentos clínicos apresentam limitações e especificidades quanto ao uso de seus protocolos que, necessariamente, devem ser consideradas quando de sua utilização.

Embora a relativa validação preditiva da técnica de medida de espessura de dobras cutâneas seja similar ao de BIA, se utilizada em condições clínicas controladas, a BIA parece ser mais atrativa porque não requer do avaliador habilidade técnica específica, o método é mais confortável e menos intrusivo para os avaliados e, além disso, pode ser utilizado para analisar a composição corporal em sujeitos com sobrepeso e/ou obesos. A técnica de medida de espessura de dobras cutâneas, apesar de seu menor custo operacional quanto ao equipamento empregado, em função de tratar-se da definição de um tecido mole e de mais difícil identificação anatômica, exige do avaliador elevado grau de treinamento para a exata

localização e destaque das dobras cutâneas. Ainda, o desenvolvimento muscular e a quantidade de gordura localizada especificamente na região anatômica em que a dobra cutânea é destacada pode alterar a consistência da tela subcutânea, o que potencializa o risco de ocorrer erros de medida.

Grande quantidade de equações direcionadas à análise da composição corporal envolvendo técnicas de BIA e espessuras de dobras cutâneas é disponibilizada na literatura utilizando o modelo clássico de dois compartimentos (gordura e massa livre de gordura). Contudo, quando seus resultados são confrontados com métodos de referência tecnológico e biologicamente mais avançados e seguros, os erros de estimativas encontrados com essas equações podem alcançar valores acima do esperado no campo estatístico. Em vista disso, sugere-se que, quando da utilização de equações com essa finalidade, haja a preocupação de optar por equações derivadas baseando-se em conceitos provenientes de modelos multicompartimentais, conjuntamente com procedimentos laboratoriais como método de referência. Neste caso, infelizmente, até o momento, não são identificadas equações com essas características propostas e/ou validadas para uso na população brasileira, o que limita em muito a utilização de procedimentos clínicos para análise da composição corporal em nosso meio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Heymsfield SB, Lohman TG, Wang Z, Going BS. Human body composition. 2nd Edition. Champaign, IL: Human Kinetics. 2005.
2. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L, Melchior JC, Pirlich M, Scharfetter H, Schols AM, Pichard C, Composition of the ESPEN Working Group. Bioelectrical impedance analysis--part I: review of principles and methods. *Clin Nutr* 2004; 23:1226-43.
3. Wang J, Thomson JC, Kolesnik S, Pierson RN. Anthropometry in body composition: an overview. *Am NY Acad Sci* 2000; 904:317-26.
4. 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; 81:74-8.
5. Pateyjohns IR; Brinkworth GD; Buckley JD; Noakes M; Clifton PM. Comparison of three bioelectrical impedance methods with DXA in overweight and obese men. *Obesity (Silver Spring)* 2006; 14:2064-70.
6. Hoffer E, Meador C, Simpson D. Correlation of whole-body impedance with total body water volume. *J Appl Physiol* 1969; 27:531-4.
7. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *J Appl Physiol* 1986; 60:1327-32.
8. Sun SS; Chumlea WC; Heymsfield SB; Lukaski HC; Schoeller D; Friedl K; Kuczmarski RJ; Flegal KM; Johnson CL; Hubbard VS. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:331-40.
9. 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; 17:248-53.

10. Hannan WJ, Cowen SJ, Fearon KC, Plester CE, Falconer JS, Richardson RA. Evaluation of multi-frequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clin Sci* 1994; 86:479-85.
11. Hannan WJ, Cowen SJ, Plester CE, Fearon KC, De Beau A. Comparison of bio-impedance spectroscopy and multi-frequency bio-impedance analysis for the assessment of extracellular and total body water in surgical patients. *Clin Sci* 1995; 89:651-8.
12. Dittmar M. Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *Am J Hum Biol* 2004; 16:593-7.
13. Ellis KJ; Bell SJ; Chertow GM; Chumlea WC; Knox TA; Kotler DP; Lukaski HC; Schoeller DA. Bioelectric impedance methods in clinical research: a follow-up to the NIH Technology Assessment Conference. *Nutrition* 1999; 15:874-80.
14. Deurenberg P, Van der Kooy K, Leenen R. Differences in body impedance when measured with different instruments *Eur J Clin Nutr* 1989; 43:885-6.
15. Kushner RF, Gudivaka R, Schoeller DA. Clinical characteristics influencing bioelectrical impedance analysis measurements. *Am J Clin Nutr* 1996; 64:S423-7.
16. Heitmann B. Impedance: a valid method in assessment of body composition. *Eur J Clin Nutr* 1994; 48:228-40.
17. Roos AN, Westendorp RG, Frölich M, Meinders AE. Tetrapolar body impedance is influenced by posture and plasma sodium concentration. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46:53-60.
18. Buono MJ; Burke S; Endemann S; Graham H; Gressard C; Griswold L; Michalewicz B. The effect of ambient air temperature on whole-body bioelectrical impedance. *Physiol Meas* 2004; 25:119-23.
19. Machado RB, Tachotti F, Cavenague G, Maia E. Effects of two different oral contraceptives on total body water: a randomized study. *Contraception* 2006; 73:344-7.
20. O'Brien C, Young AJ, Sawka MM. Bioelectrical impedance to estimate changes in hydration status. *Int J Sports Med* 2002; 23:361-6.
21. Houtkooper LB; Going SB; Lohman TG; Roche AF; Van Loan M. Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. *J Appl Physiol* 1992; 72:366-73.
22. Van der Ploeg GE, Gunn SM, Withers RT, Modra AC. Use of anthropometric variables to predict relative body fat determined by a four-compartment body composition model. *Eur J Clin Nutr* 2003; 57:1009-16.
23. Peterson MJ, Czerwinski SA, Siervogel RM. Development and validation of skinfold-thickness prediction equations with a 4-compartment model. *Am J Clin Nutr* 2003; 77:1186-91.
24. Garcia AL, Wagner K, Hothom T, Koebnick C, Zunft HJ, Trippo U. Improved prediction of body fat by measuring skinfold thickness, circumferences, and bone breadths. *Obes Res* 2005; 13:626-34.
25. 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; 65:105-14.
26. Jackson AS, Ellis KJ, McFarlin BK, Sailors MH, Bray MS. Body mass index bias in defining obesity of diverse young adults: the Training Intervention and Genetics of Exercise Response (TIGER) study. *Br J Nutr* 2009; 102:1084-90.
27. Clarys JP, Provyn S, Marfell-Jones MJ. Cadaver studies and their impact on the understanding of human adiposity. *Ergonomics* 2005; 48:1445-61.
28. Clarys JP, Martin AD, Drinkwater DT, Marfell-Jones MJ. The skinfold: myth and reality. *J Sport Sci* 1987; 5:3-33.
29. Gruber JJ, Pollock ML, Graves JE, Colvin AB, Braith RW. Comparison of Harpenden and Lange calipers in predicting body composition. *Res Q Exerc Sport* 1990; 61:184-90.
30. Gore CJ, Carlyon RG, Franks SW, Woolford SM. Skinfold thickness varies directly with spring coefficient and inversely with jaw pressure. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32:540-6.

31. Ulijaszek SJ, Kerr DA. Anthropometric measurement error and the assessment of nutritional status. *Br J Nutr* 1999; 82:165-77.
32. Schmidt PK, Carter JE. Static and dynamic differences among Five types of skinfold calipers. *Hum Biol* 1990; 62:369-88.
33. Pou KM, Massaro JM, Hoffmann V, Lieb K, Vasar RS, O'Donnell CL, Fox CS. Patterns of abdominal fat distribution: the Framingham Heart Study. *Diabetes Care* 2009; 32:481-5.
34. Björntorp P. The association between obesity, adipose tissue distribution and disease. *Acta Med Scand* 1988; 723:121-34.
35. Ashwell M, Gunn P, Gibson S. Waist-to-height ratio is a better screening tool than waist circumference and BMI for adult cardiometabolic risk factors: systematic review and meta-analysis. *Obes Rev* 2012; 13:275-86.
36. Lohman TG. *Advances in body composition assessment*. Champaign, IL: Human Kinetics. 1992.
37. Guedes DP. Tentativa de validação de equações para predição dos valores de densidade corporal com base nas espessuras de dobras cutâneas em universitários. *Rev Bras Cien Esporte* 1985; 6:182-91.
38. Guedes DP, Guedes JERP. Proposição de equações para predição da quantidade de gordura corporal em adultos jovens. *Semina* 1991; 12:61-70.
39. Petroski EL. Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da densidade corporal em adultos. *Rev Bras Atividade Física & Saúde* 1995; 1:89-91.
40. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, Bembien DA. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol* 1988; 60:709-23.

Endereço para correspondência

Dartagnan Pinto Guedes
Rua Ildefonso Werner 177
Condomínio Royal Golf
CEP 86055-545 – Londrina, PR, Brasil
E-mail: darta@sercomtel.com.br