

## Parte I - Métodos em epidemiologia nutricional

### 8 - Composição corporal na avaliação do estado nutricional

Luiz Antonio dos Anjos  
Vivian Wahrlich

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

ANJOS, LA., and WAHRLICH, V. Composição corporal na avaliação do estado nutricional. In: KAC, G., SICHIERI, R., and GIGANTE, DP., orgs. *Epidemiologia nutricional* [online]. Rio de Janeiro: Editora FIOCRUZ/Atheneu, 2007, pp. 149-164. ISBN 978-85-7541-320-3. Available from SciELO Books <<http://books.scielo.org>>.

---



All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

# 8

## Composição Corporal na Avaliação do Estado Nutricional

Luiz Antonio dos Anjos e Vivian Wahrlich

A medição da composição corporal é útil em diversas áreas, mas tem sua aplicação mais visível na área da nutrição e das ciências do movimento humano com vistas à manutenção da saúde e à melhora no desempenho físico. Este capítulo enfoca o aspecto nutricional da avaliação da composição corporal, particularmente no que concerne à avaliação do estado nutricional. Para revisões mais profundas dos vários aspectos relativos à composição corporal, os leitores podem consultar excelentes livros-texto recentes sobre o assunto (Heymsfield et al., 2005; Heyward & Wagner, 2004).

A medição da composição corporal é importante não só para investigar o indivíduo em um exame clínico como também em estudos epidemiológicos (Buskirk, 1987). Do ponto de vista nutricional, a medição da composição corporal é importante na descrição do crescimento, desenvolvimento, maturação e envelhecimento normal e patológico; no monitoramento das mudanças que ocorrem durante a gravidez e o aleitamento; no fornecimento de bases de referência de variáveis fisiológicas; como guia para atletas antes, durante e após competições/temporadas; na identificação de padrões associados a doenças.

### Conceituação

Composição corporal pode ser definida como a expressão do Peso Corporal (PC) em dois ou mais componentes (Anjos, 1998) baseados em modelos anatômicos ou químicos obtidos por meio de análises de dissecação de cadáveres. No modelo anatômico, o corpo é dividido em tecidos dissecáveis, como pele, músculo, ossos e órgãos. O modelo químico, mais desenvolvido experimentalmente e, portanto, mais utilizado, é baseado na informação dos componentes químicos, como gordura, água e proteína dos tecidos, obtida por meio da dissecação de cadáveres (Clarys et al., 1999). Os componentes são seis: água, mineral ósseo (75% do total), mineral extra-ósseo, proteína, gordura e glicogênio (1% do PC). Tipicamente, esse modelo é simplificado para dois componentes somente: a gordura e o Peso Livre de Gordura (PLG), ou também, como é chamado, Peso Magro (PM). Tecnicamente, e como foi descrito originalmente por Behnke (1959), o PM é maior do que o PLG, pois aquele inclui uma certa quantidade (2-3%) de gordura essencial no organismo (Lohman, 1992). Entretanto, os dois termos são usados como sinônimos atualmente, apesar da diferença sutil (Lohman & Going, 1998).

Com o propósito de organizar o estudo da composição corporal, Wang, Pierson e Heymsfield (1992) propuseram um modelo no qual a composição do corpo humano é representada em cinco níveis com componen-

tes distintos, que somados correspondem ao PC total. Nesse modelo, os níveis são: atômico, molecular, celular, tecido-sistemas e corpo inteiro. O nível atômico inclui os elementos como oxigênio, carbono, hidrogênio, nitrogênio, cálcio e fósforo, que compõem mais de 98% do PC. No nível molecular, há seis componentes principais, como a água, lipídio, proteína, carboidrato, minerais ósseos e extra-ósseos (minerais do tecido mole). Com base nesses componentes, podem ser criados vários modelos que permitem incluir de dois até seis componentes. O modelo mais simples, e por isso o mais utilizado, inclui a expressão do PC em apenas dois componentes: o Peso de Gordura (PG) e o PM (ou peso, ou tecido, livre de gordura – PLG). A forma mais comum é expressar o PG em função do PC total (ou seja, percentual de gordura corporal – %GC), em vez do valor absoluto (kg) do PG ou do PLG.

O nível celular representa as células, o fluido extracelular e os sólidos extracelulares, e tem grande importância para o entendimento dos processos fisiopatológicos das doenças. No nível tecidual, os três componentes do nível celular são organizados em tecidos, órgãos e sistemas. Nesse nível, o PC é resultante do somatório do tecido muscular, tecido conectivo, tecido epitelial e tecido nervoso. O quinto e último nível representa o corpo inteiro e diz respeito ao formato, à dimensão e às características físicas que podem ser descritas tendo em vista as dimensões corporais como a estatura, o comprimento dos segmentos, as circunferências, as dobras cutâneas, o volume corporal e o PC. Assim, o PC é o somatório dos pesos referentes a cabeça, pescoço, tronco, membros superiores e inferiores.

Do ponto de vista teórico, os métodos de composição corporal *in vivo* podem ser baseados em propriedades, em componentes ou em combinação de ambos (Wang et al., 1995; Lohman & Going, 1998). No primeiro caso, parte-se de uma propriedade mensurável (por exemplo: volume corporal) para se chegar a um componente desconhecido (gordura corporal), por meio de relações matemáticas entre a propriedade e o componente. Nos métodos baseados em componentes, parte-se de um componente conhecido (estimado por meio de um método baseado em propriedade) para se chegar ao componente desconhecido. Por exemplo, o PLG pode ser estimado pela Água Corporal Total (ACT), assumindo-se que a hidratação do PLG de adultos é fixo e conhecido ( $\cong 73\%$ ). Nos métodos combinados, quantifica-se um componente desconhecido por meio tanto de uma propriedade mensurável quanto de um componente conhecido.

## Breve Histórico

O estudo da composição corporal na Idade Moderna inicia-se no século XIX, quando Liebig (1803-1873), químico alemão, constatou que substâncias contidas nos alimentos eram também encontradas no corpo humano e que os fluidos corporais continham mais sódio e menos potássio do que os tecidos (Shen et al., 2005). Até cerca de 1950, três áreas interdependentes do estudo da composição corporal foram desenvolvidas (Wang et al., 1999): 1) os pressupostos teóricos para a área; 2) as metodologias de avaliação; 3) os estudos das alterações da composição corporal na saúde e na doença.

A primeira área tinha como objetivo obter dados quantitativos dos componentes corporais obtidos por meio de necropsia, que era o único meio de obter os dados de composição corporal. Os achados desses estudos possibilitaram identificar o tamanho dos órgãos e seus conteúdos de água corporal, gordura, nitrogênio, minerais e minerais-traço. A segunda área tinha como objetivo a medição da composição corporal *in vivo*. Entre as metodologias desenvolvidas nesse período, destacam-se a estimativa do músculo esquelético por meio da excreção da creatinina urinária (Talbot, 1938), a medição da ACT com métodos de diluição (Wang et al., 1999), a medição do  $^{40}\text{K}$  (Forbes, 1987) e o desenvolvimento da técnica da pesagem hidrostática para estimar o PLG e a gordura corporal com base no princípio de Arquimedes (Behnke, Feen & Welham, 1942). Ainda é digna de nota a descrição de modelos antropométricos para se estimar a musculatura total corporal desenvolvidos por Matiegka (1921).

Os achados da terceira área do estudo da composição corporal dizem respeito aos efeitos do crescimento e nutrição nos componentes do corpo humano. Nesse período, destaca-se o conceito de maturidade química, proposto por Moulton (1923), segundo o qual os valores da composição dos componentes do corpo se alteram durante a infância e adolescência até atingirem os valores encontrados nos adultos. Em relação à nutrição, evidenciou-se que o jejum ou a ingestão alimentar reduzida induziam à perda de nitrogênio (Shen et al., 2005).

A partir da solidificação dos pressupostos teóricos e do desenvolvimento das metodologias, ocorreu um grande desenvolvimento de estudos, estimulados por diversos simpósios, particularmente os internacionais de estudos de composição corporal *in vivo*, dos quais o mais recente foi realizado em Roma, em outubro de 2002 (De Lorenzo, 2003). Esses avanços levaram um grupo de pesquisadores a iniciar, em 2003, uma publicação internacional devotada especificamente à área: *International Journal of Body Composition Research*.

As pesquisas publicadas mais recentemente evidenciam que o enfoque na área, além do aprimoramento das técnicas de medição, está concentrado na descrição das diferenças étnicas, na associação com patologias, no desenvolvimento de valores de referência/pontos de corte para o diagnóstico da obesidade e na validação de métodos clínicos de acompanhamento de intervenções em diversas doenças, particularmente da obesidade (De Lorenzo, 2003; Deurenberg & Deurenberg-Yap, 2003; Pierson, 2003).

## Métodos de Medição da Composição Corporal

### Técnicas Consideradas Padrão-Ouro

A evolução das metodologias de avaliação da composição corporal permitiu o desenvolvimento de modelos com cada vez mais compartimentos. O modelo mais simples (dois compartimentos) envolve a medição do PG; o de três componentes inclui, em geral, a medição adicional da ACT; e o de quatro inclui, ainda, a medição do mineral ósseo.

Os métodos considerados padrão para o modelo de dois compartimentos baseiam-se na medição: da densidade corporal (densitometria), avaliada por meio da pesagem hidrostática; do nível de hidratação do indivíduo, avaliado por meio da determinação da ACT; da quantidade de potássio corporal total, avaliado pela eliminação do  $^{40}\text{K}$ . Esses métodos são considerados padrão porque partem de princípios teóricos sólidos distintos e apresentam resultados bastante semelhantes entre si, o que permite que um método valide o outro.

### Densitometria Corporal

A densitometria corporal, ou peso hidrostático, é considerada o método principal da avaliação da composição corporal em laboratório, apesar de seus princípios serem criticados principalmente por se basearem em dissecação de cinco cadáveres (Martin & Drinkwater, 1991). O método determina a Densidade Corporal (DC) com base no princípio de Arquimedes, em que o volume de um corpo é igual ao deslocamento de água deste quando submerso. A proporção do PC submerso e fora d'água indicará, portanto, a DC total.

Recentemente, desenvolveu-se um método mais simples para medir a DC, sem a necessidade de pesar o indivíduo embaixo da água. O método, pletismografia de deslocamento de ar, ficou recentemente popularizado pelo Bod Pod, um sistema que consiste em uma câmara hermeticamente fechada em que cabe um indivíduo, na qual a relação pressão-volume é usada para estimar o volume do corpo (Going, 2005) com o indivíduo dentro da câmara em relação à câmara vazia. Esse sistema é particularmente útil em indivíduos que têm dificuldade de ser pesados embaixo da água (crianças, idosos, portadores de alguma deficiência), mas pode ser inconveniente para indivíduos claustrofóbicos.

Assumindo-se que os vários componentes têm densidades diferentes e que estas são conhecidas e constantes (densidade do PG e do PM como 0,9 e 1,1 kg/L, respectivamente) (Siri, 1956), pode-se estimar a proporção de gordura corporal (%GC) por meio de algumas equações, mais freqüentemente a de Siri (1956):  $\%GC = [(4,95/DC) - 4,50] \times 100$ , e a de Brožek e colaboradores (1963):  $\%GC = [(4,570/DC) - 4,142] \times 100$ . A crítica a esse método dirige-se aos pressupostos de que as proporções e as densidades dos componentes do PLG são constantes, o que não é verdadeiro para todos os indivíduos. Crianças, por exemplo, apresentam menor proporção quanto ao conteúdo mineral e maior quantidade de água (Lohman, Boileau & Slaughter, 1984). Já em idosos, há diminuição do peso ósseo, peso muscular e da água corporal (Heymsfield et al., 1989). Em ambas as situações, a aplicação das equações de Siri (Baumgartner et al., 1991; Deurenberg, Westrate & Van de Hooy, 1989) ou de Brožek (1956) tendem a superestimar o %GC.

## Hidrometria (ACT)

A medição da Água Corporal Total (ACT) é realizada pela diluição de isótopos da água, seja radioativa ou estável. Os isótopos estáveis são mais freqüentemente usados, pois não representam risco para os indivíduos e podem ser utilizados com segurança em crianças (Schoeller, 2005). Neste método, uma quantidade conhecida do isótopo é administrada por via oral ou intravenosa. Após um período de equilíbrio, dispersão do isótopo na água corporal, são coletadas amostras dos fluidos corporais (saliva, urina ou sangue) para medir o aparecimento do respectivo isótopo (Jebb & Elia, 1993). Para a estimativa da composição corporal é necessário assumir que a hidratação do PLG é constante, sendo que para adultos saudáveis, geralmente, equivale a 73,8% (Brožek et al., 1963). Sabendo-se a quantidade de ACT, pode-se estimar o PLG, e, por diferença, o PG.

## Potássio $^{40}\text{K}$ (potássio corporal total)

O  $^{40}\text{K}$  é um isótopo do potássio que ocorre naturalmente e é eliminado pelo organismo. Ao assumir-se que a eliminação de  $^{40}\text{K}$  é proporcional à quantidade de PLG, a medição da eliminação do  $^{40}\text{K}$  pode ser usada para determinar o PLG e, por diferença, o PG (Forbes, 1987). Os valores médios da razão entre potássio corporal total e o PLG equivalem a 59,6 mmol/kg para mulheres e 64,8 mmol/kg para homens (Ellis, 2005). Apesar de ser um método não invasivo, rápido e que não requer muito dos indivíduos em avaliação, há poucos contadores de  $^{40}\text{K}$  disponíveis devido ao seu alto custo e porque, geralmente, são restritos a laboratórios para pesquisas nucleares.

## Técnica com Potencial de se Tornar Padrão-ouro:

### Dexa (absorptiometria de raios X de dupla energia)

Métodos que incorporam outros compartimentos estão sendo desenvolvidos, mas em sua maior parte estão em fase de pesquisa e ainda com pouco uso na prática. Entre esses, o mais promissor é a medição do compartimento mineral por meio da absorptiometria de raios X de dupla energia (Dexa), que apresenta potencial de tornar-se um método-ouro (Mazess et al., 1990).

A Dexa, além de avaliar o conteúdo mineral ósseo, também avalia a gordura e o tecido mole magro. Geralmente, a informação do conteúdo mineral ósseo é utilizada em modelos de compartimentos para a determinação da composição corporal. O princípio do método consiste no escaneamento transversal do corpo inteiro em feixes de raios X (baixa e alta energia) em fatias de aproximadamente um centímetro. Como a atenuação da radiação da gordura pura e do tecido magro sem mineral diferem, é possível, a cada pixel da fatia do corpo escaneada, determinar a gordura e o tecido magro (Lohman & Chen, 2005).

A maior vantagem do método é que ele pode ser utilizado em indivíduos de qualquer idade, devido à baixa exposição à radiação. Porém, é conveniente que não seja aplicado em gestantes. Em mulheres em idade fértil, é recomendado fazer um teste para verificar uma possível gravidez antes de realizar a medição no DEXA. A desvantagem do método é que indivíduos muito altos ou obesos podem não caber na área de escaneamento. Além disso, para as pessoas com peso superior a 100 kg ou as que apresentem a raiz quadrada da razão entre peso e estatura maior do que 0,72, a estimativa da composição corporal tem menor acurácia, porque os coeficientes de atenuação para o tecido mole e mineral ósseo dependem da espessura do indivíduo (Lohman & Chen, 2005).

## Técnicas Utilizadas em Campo

É evidente que os métodos-padrão não podem ser utilizados em grande número de indivíduos. Assim, as estimativas de composição corporal são realizadas por meio de métodos mais simples (por exemplo, antropometria e bioimpedância), considerados métodos duplamente indiretos, por precisarem ser validados contra um outro método indireto, os métodos considerados padrão-ouro, ou seja, a densitometria corporal, ACT e medição do  $^{40}\text{K}$  (Clarys et al., 1999).

## Antropometria

À utilização das informações antropométricas para o diagnóstico nutricional tem-se chamado antropometria nutricional (Brožek, 1956). A antropometria nutricional em grupos de crianças é baseada, principalmente, na avaliação do crescimento, ao passo que em adultos ela se faz na estimativa da composição corporal, por meio, principalmente, de medições de dobras cutâneas, perímetros e das medidas de dimensão corporal, como peso e estatura (Lohman, 1991).

Para avaliar o grau de acurácia na predição do %GC ou do PLG, por qualquer método que seja, Lohman (1992) propôs um sistema arbitrário baseado no Erro-Padrão da Estimativa (EPE). Nesse sistema, há uma escala progressiva que vai desde o método ideal, que tem um EPE = 2% para a estimativa do %GC em homens e mulheres, até o método que não seria recomendado quando o EPE fica em 5%. Um método que dê estimativas de %GC com EPE entre 3 e 3,5% seria considerado de bom a muito bom.

Em geral, a estimativa do %GC pelo PC e estatura, medidas que podem ser usadas isoladamente ou em conjunto, fornece EPE entre 3,5 e 5% (Bellisari & Roche, 2005), o que demonstra que se deve ter cautela no seu uso em estudos de composição corporal. Em geral, as estimativas de %GC por meio de dobras cutâneas e bioimpedância apresentam menor EPE (entre 3 e 3,5%), mas deve-se sempre tentar usar as equações apropriadas para a população em estudo.

## Dobras Cutâneas

A utilização de dobras cutâneas parte do pressuposto de que: 1) elas fornecem uma boa estimativa da gordura subcutânea; 2) a distribuição da gordura subcutânea e a gordura corporal interna são semelhantes em todos os indivíduos do mesmo sexo; e 3) as medidas de gordura subcutânea em vários locais podem ser usadas para estimar a gordura corporal total (Heyward & Stolarczyk, 1996).

Assim, sítios são escolhidos, as medidas de dobras cutâneas realizadas e aplicadas em uma equação previamente estabelecida em grupos de indivíduos para estimar inicialmente a DC, para então, utilizando-se da equação de Siri ou Brožek, se estimar o %GC (Lohman, 1981). Embora existam dezenas de equações, as mais utilizadas internacionalmente são as de Durnin e Womersley (1974) na área de nutrição e as de Jackson e Pollock (1978),

para homens, e Jackson, Pollock e Ward (1980) para mulheres, na área de ciências do movimento, por elas serem consideradas, em princípio, equações generalizáveis.

Entretanto, validações conduzidas em amostras da população brasileira indicaram que nem todas as equações são apropriadas (Petroski & Pires-Neto, 1995, 1996). Por exemplo, a equação de Jackson, Pollock e Ward (1980) mostrou-se adequada na estimação tanto da DC quanto do %GC em uma amostra de 281 mulheres jovens (média de 27,5 anos de idade), de Santa Maria (RS) e Florianópolis (SC). Da mesma forma, a equação de Jackson e Pollock (1978) mostrou-se adequada para a estimação do %GC na amostra de 304 homens (média de 30,2 anos de idade) das mesmas regiões. No entanto, as equações de Durnin e Womersley (1974) superestimaram o %GC tanto em mulheres quanto em homens das duas amostras de brasileiros. Essa discrepância pode ser explicada, em parte, pelo fato de as amostras dos estudos brasileiros serem de universitários e, assim, mais parecidas com a amostra que originou as equações de Jackson e Pollock (1978) e Jackson, Pollock e Ward (1980). Na verdade, das dez equações para mulheres e das 13 equações para homens 'generalizáveis', testadas na amostra de Santa Maria e Florianópolis, apenas três (tanto em homens quanto em mulheres) não mostraram valores de DC estimados significativamente diferentes do valor medido, o que indica adequação das equações.

De fato, há consenso de que se deve escolher uma equação de predição de DC que tenha sido desenvolvida em uma população que se assemelhe com a população para a qual se deseja estimar a composição corporal. Quanto a este aspecto, Heyward e Stolarczyk (1996) apresentam uma revisão extensa que pode servir como guia para a escolha das equações mais apropriadas para diferentes grupos etários, étnicos e que tenham características de atividade física diferenciada.

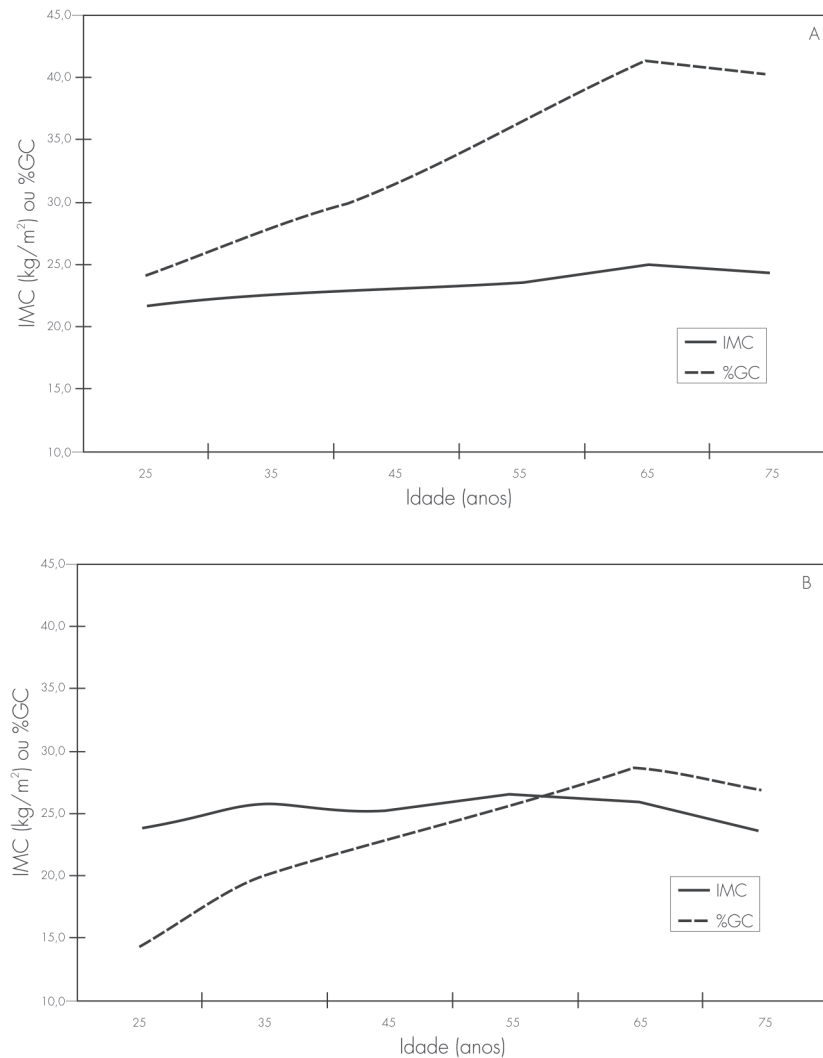
## Peso Corporal e Estatura

Os valores de Peso Corporal (PC) e Estatura (EST) são normalmente expressos como índices, mais frequentemente como o Índice de Massa Corporal (IMC) calculado como  $PC/EST^2$ , com o PC em quilogramas e a EST em metros (Anjos, 1992). O IMC é utilizado por apresentar correlação alta com indicadores de adiposidade (Cronk & Roche, 1982; Micozzi et al., 1986); associação com morbi-mortalidade (Anjos, 1992) e correlação alta com massa corporal (geralmente superior a 0,80) e baixa com estatura (geralmente inferior a 0,10, sendo algumas vezes negativa (Anjos, 1998). Para sobrepeso, utiliza-se normalmente o ponto de corte de  $IMC \geq 25 \text{ kg/m}^2$  e  $IMC \geq 30 \text{ kg/m}^2$  para obesidade (WHO, 2000). Para baixo peso, utiliza-se o valor de  $18,5 \text{ kg/m}^2$ , sendo considerado adequado o valor entre 18,5 e  $25 \text{ kg/m}^2$ . Esses pontos de corte devem ser usados apenas em indivíduos com 20 anos ou mais de idade (Anjos, 1994).

É fundamental lembrar que o IMC não expressa a composição corporal dos indivíduos e que, na verdade, com o avanço da idade, a relação entre o IMC e indicadores da composição corporal, como, por exemplo, o %GC, varia bastante (Anjos, Boileau & Geeseman, 1991). Para um mesmo IMC, os valores de %GC são bastante inferiores nos indivíduos jovens em comparação aos indivíduos mais idosos (Figura 1). Esse fato desautoriza a utilização de valores de IMC maiores para definir adequação em indivíduos idosos, como já sugerido na literatura (Anjos, 1992).



Figura 1 – Valores médios de %GC e IMC ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) em função da idade de uma amostra de mulheres (A) e homens (B) norte-americanos



Fonte: desenhada com base em dados gentilmente cedidos pelo prof. Richard A. Boileau, do Laboratório de Pesquisa em Aptidão Física, Departamento de Cinesiologia, Universidade de Illinois.

## Bioimpedância

Impedância é a oposição à passagem de corrente elétrica, sendo função da resistência e reatância, mas, como a resistência é muito maior do que a reatância (oposição à passagem da corrente causada pela capacitância da membrana celular) a 50 kHz, utiliza-se o valor da resistência na estimação da composição corporal (Lukaski et al., 1986).

O uso da impedância na avaliação da composição corporal parte do pressuposto de que o corpo humano é um cilindro perfeito com comprimento e área transversal uniformes, o que não é totalmente verdade. Assume-se, então, que o corpo humano seja composto por cinco cilindros conectados em série, e não por um cilindro único.



Assumindo-se um cilindro perfeito, a impedância ( $Z$ ) à corrente é relacionada diretamente ao comprimento do condutor e inversamente à sua área transversal (Diaz et al., 1989). Tipicamente, utiliza-se a frequência de sinal de 50 kHz na medição e a estatura ao quadrado dividida pela resistência como estimador da composição corporal (Lukaski, 1987). Contudo, há várias equações na literatura e muitas desenvolvidas em modelos de apenas dois componentes. Utilizando dados de composição corporal com vários componentes de vários laboratórios, Sun e colaboradores (2003) propuseram equações específicas para serem usadas em estudos epidemiológicos, particularmente com os dados do terceiro NHANES (sigla em inglês para o Inquérito Nacional de Saúde e Nutrição norte-americano).

O método da bioimpedância parte do princípio de que a condutividade elétrica é diferente entre o tecido magro e gordo, ou seja, os tecidos podem agir como condutores ou condensadores, e de que a corrente caminha em direção à menor resistência. Usando frequências baixas ( $\sim 1$  kHz), a corrente só passa pelo fluido extracelular. Quando se usam frequências mais altas (500 a 800 kHz), a corrente penetra na célula e passa pelo fluido intracelular. Já que a gordura é um fraco condutor, então a impedância do corpo todo (a 50 kHz) reflete o volume dos compartimentos de água e músculo do PLG e do volume de água extracelular.

O método é seguro, mas não deve ser utilizado em indivíduos com marca-passo. Até recentemente, só havia disponíveis aparelhos com quatro eletrodos, os quais eram ligados no punho e tornozelo dos indivíduos em avaliação, que precisavam ficar deitados. Atualmente, já há evoluções que permitem que a medição possa ser realizada com o indivíduo em pé numa balança (Wahrlich et al., 2005) ou um método mais simples, em que o indivíduo segura os eletrodos com as mãos esticadas (Lintsi, Kaarma & Kull, 2004), tornando a medida muito mais simples de realizar. Devido a críticas segundo as quais esses sistemas mediam apenas a impedância dos membros inferiores, caso da balança, ou superiores, no outro caso, várias empresas desenvolveram uma balança em que o indivíduo também segura os eletrodos com as duas mãos quando se faz a medição, um sistema com oito eletrodos (Pietrobelli et al., 2004; Oshima & Shiga, 2006).

Para a medição, devem-se observar os seguintes aspectos de padronização: não se alimentar ou beber quatro horas antes; urinar até trinta minutos antes; não realizar exercício intenso até 12 horas antes; não consumir álcool até 48 horas antes; não usar diurético até sete dias antes e manter a temperatura ambiental  $\cong 35^{\circ}\text{C}$ .

Além da medição da resistência e reatância, alguns aparelhos fornecem o ângulo de fase, medida que parece promissora na avaliação, monitoramento e prognóstico de várias condições clínicas (Barbosa-Silva et al., 2005).

A comparação entre as vantagens e desvantagens de cada um dos métodos é resumida no Quadro 1.

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos métodos para estimativa da composição corporal

Componente/Propriedade	Método/Técnica	Medida/Vantagem	Desvantagem
Densidade	Pesagem hidrostática BodPod	Mede a gordura corporal e peso livre de gordura simultaneamente.  Baixo custo comparado a outros métodos (exceto BodPod).  Pode ser repetido com frequência.  Mais fácil de realizar em crianças e idosos (BodPod).  Não oferece risco.	Assume que a composição do peso livre de gordura é constante.  Difícil de medir em crianças e idosos.  Claustrofobia (BodPod).
Água Corporal Total (ACT)	Técnicas de diluição	Estima os volumes de fluido corporal.  Exame de sangue em alguns métodos.  São necessários fatores de correção para espaços de água por $^2\text{H}_2\text{O}$ e $^3\text{H}_2\text{O}$ .	Exposição à radiação (trítio).

Quadro 1 – Vantagens e desvantagens dos métodos para estimativa da composição corporal (continuação)

Componente/Propriedade	Método/Técnica	Medida/Vantagem	Desvantagem
Isótopo	Contagem de $^{40}\text{K}$	Não oferece risco. Pode ser repetido com frequência.	Equipamento caro e de uso restrito. Calibração necessária para tamanho e geometria corporal. Variações do conteúdo de K nos tecidos. Tempo de medição longo.
Atenuação dos raios X	Dexa (Absorptiometria de raios X de dupla energia)	Estima o conteúdo mineral ósseo, gordura e tecido mole livre de gordura do corpo inteiro ou de regiões do corpo. Pequena exposição à radiação. Necessita de pouca cooperação do indivíduo.	Caro. Difícil de medir em indivíduos muito obesos.
Impedância	Bioimpedância	Rápido, barato e menor erro intra-observador.	Certos modelos requerem que a medida seja feita com o indivíduo deitado. Cuidados prévios como hidratação adequada.
Gordura subcutânea	Antropometria (Dobra cutânea)	Baixo custo. Pode ser utilizado em estudos de campo.	Necessidade de muito treinamento. Baixa precisão em obesos. Em idosos há maior compressibilidade.

## Modificações da Composição Corporal no Ciclo de Vida

A estimativa da composição corporal por métodos considerados padrão-ouro (hidrometria, densitometria e  $^{40}\text{K}$ ) baseia-se no pressuposto de que a composição do PLG é constante não só em seres humanos adultos como em outros mamíferos adultos (Wang et al., 1999). Porém, esse princípio pode ser violado quando aplicado a crianças, adolescentes e idosos, uma vez que a composição do PLG sofre alterações durante os processos de maturação (Fomon et al., 1982; Forbes, 1987) e envelhecimento (Deurenberg, Westrate & Van de Hooy, 1989; Visser, 2003).

A partir da infância, a composição do PLG varia, chegando à maturação química que, segundo alguns autores, ocorre na adolescência (Forbes, 1987). Mas, para outros, isso só ocorre na vida adulta (Boileau et al., 1984). No decorrer do primeiro ano de vida até 10 anos, verificam-se diminuição entre a razão do fluido extracelular e da ACT e aumento da contribuição do músculo e da massa óssea no PLG (Fomon et al., 1982). O aumento da proporção de massa muscular e conteúdo mineral ósseo modifica a densidade do PLG, assim como a água corporal, que está quase que exclusivamente associada a este componente. A água, por sua vez, é o principal componente a exercer influência na densidade do PLG, ou seja, quanto maior a quantidade de água menor será a densidade, já que a densidade da água é muito mais baixa que a das proteínas e minerais (Boileau et al., 1984). Do nascimento até a pré-adolescência, verifica-se diminuição da hidratação do PLG com o respectivo aumento da DC (Fomon et al., 1982), porém os valores não equivalem àqueles estabelecidos para adultos. Lohman (1992) verificou que pré-adolescentes apresentavam maior proporção de água no PLG (76,6%) e menor conteúdo de mineral (5,8%) quando comparados com os valores estabelecidos para adultos (73,8 e 6,8%, respectivamente). Portanto, a densidade do PLG será menor do que em adultos, e a aplicação do modelo adulto em crianças levará a uma superestimativa da quantidade de gordura corporal.

Já no envelhecimento, ocorre a alteração da composição do PLG devido, em grande parte, à diminuição da massa muscular e, principalmente, à perda do conteúdo mineral ósseo, que é mais acentuada em mulheres (Deurenberg, Westrate & Van de Hooy, 1989; Visser et al., 2003), fazendo com que a densidade do PLG seja menor do que a encontrada no adulto jovem. Além desses fatores, parece que a quantidade e a distribuição de ACT pode modificar-se no processo do envelhecimento (Forbes, 1987). Sabe-se que a diminuição da musculatura é acompanhada pela diminuição proporcional da água corporal. Entretanto, a questão da influência do envelhecimento na hidratação do PLG ainda é objeto de controvérsia, pois há estudos demonstrando alterações significativas da proporção de água no PLG em indivíduos mais idosos (Hewitt et al., 1993; Virgili, D'Amicis & Ferroluzzi, 1992), ao passo que outros evidenciam pouca alteração na hidratação do PLG com o avançar da idade (Schoeller, 1989). Assim, recomenda-se cautela na aplicação do modelo de dois compartimentos em idosos, pois fatores como a diminuição da massa muscular, dúvidas quanto à hidratação da PLG e a diminuição do conteúdo ósseo comprometem os pressupostos teóricos desse modelo. Devido a isso, o modelo de quatro compartimentos é o mais recomendado para utilização em idosos, por levar em consideração a variabilidade da composição do PLG (Baumgartner et al., 1991).

## Aplicação da Composição Corporal no Diagnóstico Nutricional de Populações

### Pontos de Corte Utilizados para Diagnóstico Nutricional

Apesar do desenvolvimento e aprimoramento das técnicas de medição da composição corporal, ainda permanecem dúvidas quanto ao estabelecimento de pontos de corte da quantidade de GC associada a riscos de doenças a serem usados clinicamente. Isso se deve, em parte, à carência de dados acurados da composição corporal em grandes estudos populacionais (Lohman & Going, 1998). Tal aspecto é particularmente importante na definição da obesidade, visto esta condição ser, em geral, associada a um excesso de GC que traga repercussões ao indivíduo. Tipicamente, usam-se valores de gordura corporal em torno de 10-20% para homens e 20-30% para mulheres, por serem os valores encontrados, em média, em estudos conduzidos em amostras de conveniência, tipicamente adultos jovens (Lohman, 1992; Lohman, Houtkooper & Going, 1997), em laboratórios de avaliação da composição corporal no hemisfério Norte.

Em 1993, um grupo de especialistas da Associação Dietética Americana e Canadense sugeriu valores de %GC considerados aceitáveis (ADA/CDA, 1993): 20-25% para mulheres e entre 15 e 18% para homens. A obesidade seria diagnosticada quando o %GC fosse maior do que 30 e 25% para homens e mulheres, respectivamente. A definição desses valores baseou-se em experiência de especialistas, e não em dados epidemiológicos sólidos.

Usando os pontos de corte de IMC de 19 e 25 kg/m<sup>2</sup> para a menor morbi-mortalidade, Abernathy e Black (1996) propuseram os valores de peso saudável iguais a percentuais de GC entre 12 e 20% para homens e 20 e 30% para mulheres.

Em uma amostra grande de indivíduos da Suíça (2.735 homens e 2.490 mulheres entre 15 e 98 anos de idade), Kyle e colaboradores (2001) forneceram dados de referência de composição corporal (%GC, PG e PLG) em percentis selecionados, usando a bioimpedância como método de avaliação. Os valores do percentil 95 do %GC aumentaram com o passar da idade, saindo de 24,4% nos mais jovens (15-24 anos) e chegando a 33,4% nos homens mais idosos (85 anos ou mais). Os valores para as mulheres das mesmas faixas etárias variaram de 34,9 a 46,9%.

Baseando-se na conversão dos dados de dobras cutâneas em %GC na amostra representativa da população americana (NHANES), Lohman, Houtkooper e Going (1997) propuseram pontos de corte diferenciados segundo

a faixa etária e sexo para a obesidade: 22% em homens adultos jovens; 25% para os homens de meia-idade; 23% para os idosos. Os valores para as mulheres foram, respectivamente, 35, 38 e 35%.

Outros autores usam alternativas diferentes para estabelecer esses pontos. A mais prática parece ser encontrar o valor de %GC relativo a pontos de corte de outras medidas antropométricas bem estabelecidas, como, por exemplo, o IMC. Usando essa estratégia, Lohman (1992) sugeriu o uso dos valores de 25% e 32% de GC para homens e mulheres, tomando como base os valores de 27,8 e 27,3 kg/m<sup>2</sup> de IMC, critério usado para sobrepeso na população americana à época (Kuczmarski & Flegal, 2000). Usando os pontos de corte de IMC atualmente recomendados (WHO, 2000) para baixo peso (< 18,5 kg/m<sup>2</sup>), sobrepeso ( $\geq$  25 kg/m<sup>2</sup>) e obesidade ( $\geq$  30 kg/m<sup>2</sup>), Gallagher e colaboradores (2000) estabeleceram valores de %GC para norte-americanos e asiáticos em função da idade. Por exemplo, para mulheres norte-americanas, os valores variaram de 39 a 42% de GC, e entre 25 e 30% para os homens em função da faixa etária. No estabelecimento dessa relação, a etnia parece ser um importante fator (Fernández et al., 2003; Gurríci et al., 1998; He et al., 2001), o que, aliás, vem fazendo com que se questione a prática, atual, de basear-se nos valores universais de IMC para a classificação do estado nutricional (Blew et al., 2002; Evans et al., 2006) ou mesmo o uso isolado de IMC (De Lorenzo et al., 2003).

De fato, análise preliminar de dados sobre a relação entre IMC e %GC em amostra probabilística de adultos de Niterói indicou valores sempre maiores do que os propostos por Gallagher e colaboradores (2000) tanto para homens quanto para mulheres e todos os pontos de corte de IMC (Anjos, Wahrlich & Vasconcelos, 2006).

Williams e colaboradores (1992), por sua vez, analisando os dados do estudo Bogalusa, observaram que valores de %GC iguais a 25 e 30 para meninos e meninas, respectivamente, estimados por dobras cutâneas, estavam associados com maior risco de doenças cardiovasculares (pressão arterial, colesterol total e lipoproteína de baixa densidade), mesmo quando controlados pela idade, raça e gordura no tronco, o que fez os autores recomendarem esses pontos de corte como critério para crianças e adolescentes.

Recentemente, McCarthy e colaboradores (2006) desenvolveram curvas de referência de gordura corporal (%GC), baseadas em dados obtidos por bioimpedância em uma amostra grande de crianças e adolescentes (5-18 anos) inglesas. Baseando-se nos valores de IMC para idade sugeridos para diagnóstico de obesidade em crianças da IOTF (sigla em inglês para a Força-Tarefa Internacional de Obesidade), Cole e colaboradores (2000) encontraram valores de %GC mais próximos e estabeleceram nomenclaturas para tal: baixa gordura (< 2 percentil); normal (entre o percentil 2 e o 85); excesso de gordura (entre o percentil 85 e 95) e obesidade (acima do percentil 95).

## Considerações Finais

Foram apresentados, aqui, os métodos tradicionais utilizados como referência na medição da composição corporal, o Dexa – atualmente cogitado como o novo método padrão-ouro, apesar de haver necessidade de mais estudos para validá-lo – e os métodos de campo mais usados. Sem dúvida, o estudo da composição corporal teve grandes avanços nas últimas décadas, com o desenvolvimento de modelos de multicomponentes melhorando as estimativas dos componentes corporais. Entretanto, permanece o desafio de desenvolver técnicas com mais acurácia aplicáveis em estudos epidemiológicos no intuito de melhor diagnosticar alterações nutricionais como a obesidade, hoje baseada principalmente no IMC, que não reflete a composição corporal dos indivíduos. Também, na perspectiva da saúde pública, a determinação da composição corporal em grupos específicos, como os idosos, pode ser importante na identificação e na prevenção da osteoporose, doença que compromete a autonomia desses indivíduos.

## Referências

- ABERNATHY, R. P. & BLACK, D. R. Healthy body weights: an alternative perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 63: 448S-451S, 1996.
- AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION (ADA)/CANADIAN DIETETIC ASSOCIATION (CDA). Position of the American Dietetic Association and the Canadian Dietetic Association: nutrition for physical fitness and athletic performance for adults. *Journal of the American Dietetic Association*, 93: 691-696, 1993.
- ANJOS, L. A. Índice de massa corporal (kg.m<sup>-2</sup>) como indicador do estado nutricional de adultos: uma revisão da literatura. *Revista de Saúde Pública*, 26: 431-436, 1992.
- ANJOS, L. A. O índice de massa corporal só deve ser usado em indivíduos com mais de 20 anos de idade. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CIÊNCIAS DO ESPORTE, XIX, 1994, São Paulo. *Anais... São Caetano do Sul: Celafiscs*, 1994.
- ANJOS, L. A. Avaliação nutricional de adultos em estudos epidemiológicos. In: VERAS, R. P. et al. (Orgs.) *Epidemiologia: contexto e pluralidade*. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 1998.
- ANJOS, L. A.; BOILEAU, R. A. & GEESEMAN, R. Uso do índice de massa corporal (IMC) como indicador do estado nutricional de população idosa. In: CONGRESSO BRASILEIRO, IX, JORNADA PAULISTA, III, CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GERIATRIA E GERONTOLOGIA, VII E CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE GERONTOLOGIA, I, 1991, São Paulo.
- ANJOS, L. A.; WAHRLICH, V. & VASCONCELLOS, M. T. L. Association between body mass index and percent body fat in a household survey in Niterói, Rio de Janeiro, Brazil. *Obesity Reviews*, 7, suppl. 2: 60, 2006.
- BARBOSA SILVA, M. C. G. et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *American Journal of Clinical Nutrition*, 82: 49-52, 2005.
- BAUMGARTNER, R. N. et al. Body composition in elderly people: effect of criterion estimates on predictive equations. *American Journal of Clinical Nutrition*, 53: 1-9, 1991.
- BEHNKE, A. R. The estimation of lean body weight from skeletal measurement. *Human Biology*, 31: 295-315, 1959.
- BEHNKE, A. R.; FEEN, B. G. & WELHAM, W. C. The specific gravity of healthy men. *Journal of the American Medical Association*, 118: 495-498, 1942.
- BELLISARI, A. & ROCHE, A. F. Anthropometry and ultrasound. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- BLEW, R. M. et al. Assessing the validity of body mass index standards in early postmenopausal women. *Obesity Research*, 10: 799-808, 2002.
- BOILEAU, R. A. et al. Hydration of the fat-free body in children during maturation. *Human Biology*, 56: 651-666, 1984.
- BROŽEK, J. *Body Measurements and Human Nutrition*. Detroit: Wayne State University Press, 1956.
- BROŽEK, J. et al. Densitometric analysis of body composition: revision of some quantitative assumptions. *Annals of the New York Academy of Science*, 110(Part I): 113-140, 1963.

- BUSKIRK, E. R. Body composition analysis: the past, present and future. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 58: 1-10, 1987.
- CLARYS, J. P. et al. Human body composition: a review of adult dissection data. *American Journal of Human Biology*, 11: 167-174, 1999.
- COLE, T. J. et al. Establishing a standard definition for child overweight and obesity: international survey. *British Medical Journal*, 320: 1.240-1.243, 2000.
- CRONK, C. E. & ROCHE, A. F. Race and sex-specific reference data for triceps and subscapular skinfold and weight/stature. *American Journal of Clinical Nutrition*, 35: 347-354, 1982.
- DE LORENZO, A. Preface. *Acta Diabetologica*, 40: S1-S2, 2003.
- DE LORENZO, A. et al. How fat is obese? *Acta Diabetologica*, 40: S254-S257, 2003.
- DEURENBERG, P. & DEURENBERG-YAP, M. Validity of body composition methods across ethnic population groups. *Acta Diabetologica*, 40: S246-S249, 2003.
- DEURENBERG, P.; WESTRATE, J. A. & VAN DE HOOY, K. Is an adaptation of Siri's formula for the calculation of body fat percentage from body density in the elderly necessary? *European Journal of Clinical Nutrition*, 49: 401-403, 1989.
- DIAZ, E. O. et al. Bioimpedance or anthropometry? *European Journal of Clinical Nutrition*, 43: 129-137, 1989.
- DURNIN, J. V. G. A. & WOMERSLEY, J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness measurements on 481 men and women age from 16 to 72 years. *British Journal of Nutrition*, 32: 77-92, 1974.
- ELLIS, K. J. Whole-body counting and neutron activation analysis. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- EVANS, E. M. et al. Is the current BMI obesity classification appropriate for black and white postmenopausal women? *International Journal of Obesity*, 30: 837-843, 2006.
- FERNÁNDEZ, J. R. et al. Is percentage body fat differentially related to body mass index in Hispanic Americans, African Americans, and European Americans? *American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 71-75, 2003.
- FOMON, S. J. et al. Body composition of reference children from birth to age 10 years. *American Journal of Clinical Nutrition*, 35: 1.169-1.175, 1982.
- FORBES, G. B. *Human Body Composition*. New York: Springer-Verlag, 1987.
- GALLAGHER, D. et al. Healthy percentage body fat ranges: an approach for developing guidelines based on body mass index. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 694-701, 2000.
- GOING, S. B. Hydrodensitometry and air displacement plethysmography. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- GURRICI, S. et al. Relationship between body fat and body mass index: differences between Indonesians and Dutch Caucasians. *European Journal of Clinical Nutrition*, 52: 779-783, 1998.
- HE, M. et al. Body fat determination by dual energy X-ray absorptiometry and its relation to body mass index and waist circumference in Hong Kong Chinese. *International Journal of Obesity*, 25: 748-752, 2001.



- HEWITT, M. J. et al. Hydration of the fat-free body mass in children and adults: implications for body composition assessment. *American Journal of Physiology*, 265: E88-95, 1993.
- HEYMSFIELD, S. B. et al. Body composition in elderly subjects: a critical appraisal of clinical methodology. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50: 1.167-1.175, 1989.
- HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- HEYWARD, V. & STOLARCZYK, L. M. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign: Human Kinetics, 1996.
- HEYWARD, V. & WAGNER, D. *Applied Body Composition Assessment*. Champaign: Human Kinetics, 2004.
- JACKSON, A. S. & POLLOCK, M. L. Generalized equations for predicting body density of men. *British Journal of Nutrition*, 40: 497-504, 1978.
- JACKSON, A. S.; POLLOCK, M. L. & WARD, A. Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 12: 175-182, 1980.
- JEBB, S. A. & ELIA, M. Techniques for the measurement of body composition: a practical guide. *International Journal of Obesity*, 17: 611-621, 1993.
- KUCZMARSKI, R. J. & FLEGAL, K. M. Criteria for definition of overweight in transition: background and recommendations for the United States. *American Journal of Clinical Nutrition*, 72: 1.074-1.081, 2000.
- KYLE, U. G. et al. Fat-Free and fat mass percentiles in 5225 healthy subjects aged 15 to 98 years. *Nutrition*, 17: 534-541, 2001.
- LINTSI, M.; KAARMA, H. & KULL, I. Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old conscripts. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 24: 85-90, 2004.
- LOHMAN, T. G. Skinfold and body density and their relation to body fatness. A review. *Human Biology*, 53: 181-225, 1981.
- LOHMAN, T. G. Anthropometric assessment of fat-free body mass. In: HIMES, J. H. *Anthropometric Assessment of Nutritional Status*. New York: Wiley-Liss, 1991.
- LOHMAN, T. G. *Advances in Body Composition Assessment: current issues in exercise science*. Champaign: Human Kinetics Publishers, 1992. (Monograph, 3)
- LOHMAN, T. G. & CHEN, Z. Dual-energy x-ray absorptiometry. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- LOHMAN, T. G. & GOING, S. B. Assessment of body composition and energy balance. In: LAMB, D. R. & MURRAY, R. Exercise, nutrition, and weight control. *Perspective in Exercise Science and Sports Medicine*, 11: 61-105, 1998.
- LOHMAN, T. G.; BOILEAU, R. A. & SLAUGHTER, M. H. Body composition in children and youth. In: BOILEAU, R. A. *Advances in Pediatric Sport Sciences*. Champaign: Human Kinetics, 1984.
- LOHMAN, T. G.; HOUTKOOPEL, L. B. & GOING, S. B. Body fat measurement goes high tech: not all are created equal. *ACSM Health & Fitness Journal*, 1: 30-35, 1997.



- LUKASKI, H. C. Methods for the assessment of human body composition: traditional and new. *American Journal of Clinical Nutrition*, 46: 537-556, 1987.
- LUKASKI, H. C. et al. Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition. *Journal of Applied Physiology*, 60: 1.327-1.332, 1986.
- MARTIN, A. D. & DRINKWATER, D. T. Variability in the measures of body fat: assumptions or technique? *Sports Medicine*, 11: 277-288, 1991.
- MATIEGKA, J. The testing of physical efficiency. *American Journal of Physical Anthropology*, 4: 223-230, 1921.
- MAZESS, R. B. et al. Dual-energy x-ray absorptiometry for total-body regional bone-mineral and soft-tissue composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, 51: 1.106-1.112, 1990.
- MCCARTHY, H. D. et al. Body fat reference curves for children. *International Journal of Obesity*, 30: 598-602, 2006.
- MICOZZI, M. S. et al. Correlations of body mass indices with weight, stature, and body composition in men and women in NHANES I and II. *American Journal of Clinical Nutrition*, 44: 725-731, 1986.
- MOULTON, C. R. Age and chemical development in mammals. *Journal of Biological Chemistry*, 57: 79-97, 1923.
- OSHIMA, Y. & SHIGA, T. Within-day variability of whole-body and segmental bioelectrical impedance in a standing position. *European Journal of Clinical Nutrition*, 60: 938-941, 2006.
- PETROSKI, E. L. & PIRES-NETO, C. S. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em mulheres. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, 1(2): 65-73, 1995.
- PETROSKI, E. L. & PIRES-NETO, C. S. Validação de equações antropométricas para a estimativa da densidade corporal em homens. *Revista Brasileira de Atividade Física e Saúde*, 1(3): 5-14, 1996.
- PIERSON, R. N. A brief history of body composition: from F. D. Moore to the new Reference Man. *Acta Diabetologica*, 40: S114-S116, 2003.
- PIETROBELLI, A. et al. New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58: 1.479-1.484, 2004.
- SCHOELLER, D. A. Changes in total body water with age. *American Journal of Clinical Nutrition*, 50: 1.176S-1.181S, 1989.
- SCHOELLER, D. A. Hydrometry. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- SHEN, W. et al. Study of body composition: an overview. In: HEYMSFIELD, S. B. et al. *Human Body Composition*. 2. ed. Champaign: Human Kinetics, 2005.
- SIRI, W. E. The gross composition of the body. *Advances in Biological and Medical Physics*, 4: 239-280, 1956.
- SUN, S. S. et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *American Journal of Clinical Nutrition*, 77: 331-340, 2003.
- TALBOT, N. B. Measurement of obesity by the creatinine coefficient. *American Journal of Diseases of Children*, 55: 42-50, 1938.

- VIRGILI, F.; D'AMICIS, A. & FERRO-LUZZI, A. Body composition and body hydration in old age estimated by means of skinfold thickness and deuterium dilution. *Annals of Human Biology*, 56: 19-28, 1992.
- VISSER, M. et al. One-and two-year change in body composition as measured by DXA in a population-based cohort of older men and women. *Journal of Applied Physiology*, 94: 2.368-2.374, 2003.
- WAHRLICH, V. et al. Comparison of estimated percentage body fat and fat-free mass in adults by a leg-to-leg bioimpedance with dual-energy X-ray absorptiometry. *International Journal of Body Composition Research*, 3: 147-152, 2005.
- WANG, Z. M.; PIERSON, R. N. & HEYMSFIELD, S. B. The five-level model: a new approach to organizing body-composition research. *American Journal of Clinical Nutrition*, 56: 19-28, 1992.
- WANG, Z. M. et al. Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on component-based methods. *American Journal of Clinical Nutrition*, 61: 457-465, 1995.
- WANG, Z. M. et al. Hydration of fat-free body mass: review and critique of a classic body-composition constant. *American Journal of Clinical Nutrition*, 69: 833-841, 1999.
- WILLIAMS, D. P. et al. Body fatness and risk for elevated blood pressure, total cholesterol, and serum lipoprotein ratios in children and adolescents. *American Journal of Public Health*, 82: 358-363, 1992.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Geneva: WHO, 2000. (WHO Technical Report Series, 894)