

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

por

Alda Jorge Rodrigues Alvim

Curso de Ciências de Nutrição
Abril, 1992

MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

1 - INTRODUÇÃO	1
2 - COMPOSIÇÃO CORPORAL	3
2.1 - Composição do corpo humano	3
2.1.1 - Características dos compartimentos	4
2.2 - Alterações da composição corporal	6
3 - MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL	10
3.1 - Métodos antropométricos	10
3.1.1 - Medição das pregas cutâneas	11
3.1.2 - Cálculo da percentagem de gordura	16
3.1.3 - Vantagens e desvantagens do método	16
3.2 - Densimetria	18
3.2.1 - Pesagem dentro de água	18
3.2.2 - Pletismografia	20
3.2.3 - Determinação da composição corporal	21
3.2.4 - Vantagens e desvantagens do método	22
3.3 - Quantificação da água corporal	23
3.3.1 - Diluição isotópica	23
3.3.2 - Vantagens e desvantagens do método	26
3.4 - Condutibilidade eléctrica corporal	26
3.4.1 - Condutibilidade eléctrica total do corpo	27
3.4.2 - Bio-impedância	27
3.4.3 - Vantagens e desvantagens do método	30
3.5 - Potássio corporal	31
3.5.1 - Descrição da técnica	31
3.5.2 - Vantagens e desvantagens do método	32
3.6 - Outros métodos	32
4 - LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS	34
4.1 - Alterações na quantidade total de água corporal	34
4.2 - Alterações na massa muscular	37
4.3 - Alterações na distribuição da gordura sub-cutânea	39
5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	40

1 - INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, inúmeros investigadores têm debruçado o seu interesse em estudos relacionados com a composição corporal e com a metodologia utilizada na sua avaliação. A complexidade da fisiologia humana torna esta avaliação difícil e sofisticada. Os investigadores jogam com essa complexidade, tentando desenvolver métodos mais exactos e capazes de abranger um maior leque de situações.

No passado, a avaliação da gordura corporal era quase exclusivamente baseada nos desvios que cada indivíduo, apresentava em relação a valores de referência, estabelecidos para o peso corporal¹. O interesse pelos métodos a aplicar na avaliação da composição corporal ganhou ênfase nos anos 40 com o trabalho de Behnke², onde se demonstra que excesso de peso não significa simplesmente obesidade. A este trabalho seguiu-se uma fase de desenvolvimento de métodos, da qual Brozek³ faz uma completa menção de referências. Na sua opinião, flutuações cíclicas de aceitação-rejeição são usuais na história dos métodos científicos. Refere que é importante o modelo inicial ser suficientemente claro, de modo a permitir modificações parciais ou totais, estabelecidas por investigação posterior. O desenvolvimento e aperfeiçoamento da metodologia continua actualmente e testes relativos à sua validade e precisão são executados frequentemente. Mais recentemente, Lukaski⁴ sumarizou os métodos existentes. Classificou-os em tradicionais ou novos, consoante se trata de métodos já largamente aplicados ou de hipóteses ou técnicas actuais.

O grau de complexidade dos métodos varia do simples ao complexo. A escolha de um método depende sempre do fim a que a sua aplicação se destina e dos meios de que se dispõe. Garrow⁵ refere que o método ideal seria o que, para além de ser exacto,

implicasse baixos custos, exigisse pouco das pessoas em observação e não necessitasse de pessoal especializado na sua execução. Tal método não existe. O "ideal" é sempre subjectivo e dependente das características de cada estudo e população em particular. No entanto, para uma melhor escolha, para uma aproximação do "ideal", é importante ter conhecimentos teóricos e práticos dos métodos, tendo presente as suas vantagens, desvantagens e limitações.

A aplicação destes métodos, como base para o estudo da composição corporal, é vasta e inclui trabalho experimental, clínico e de campo. O valor deste trabalho reside na importância do conhecimento da composição corporal, claramente expressa por Durnin * :

"A composição do corpo humano tem importância fisiológica e médica. Pode influenciar morbidade e mortalidade, alterar a eficácia de medicamentos e anestésicos e pode afectar a capacidade para suportar a exposição ao frio e fome."

2 - COMPOSIÇÃO CORPORAL

2.1 - Composição do corpo humano

A composição do corpo humano, embora complexa, pode ser simplificada se a sua descrição for feita em termos dos constituintes mais importantes no funcionamento do corpo humano: água, gordura, proteína e minerais (Fig.1). Os cientistas que se dedicam ao estudo da metodologia para avaliação da composição corporal, baseiam-se numa imagem simples da composição do corpo humano. Consideram modelos corporais, constituídos por

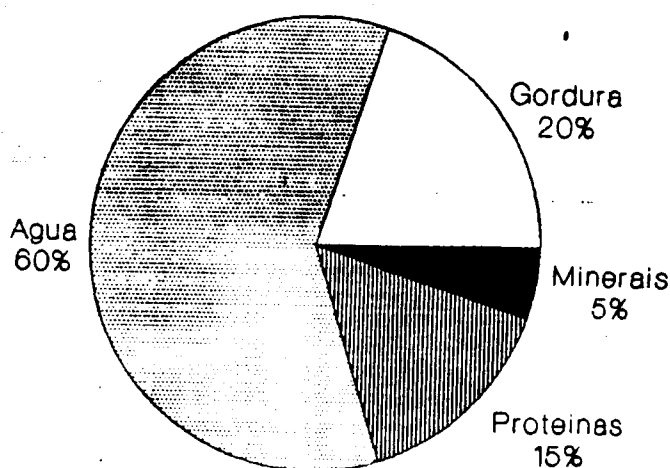


Figura 1 - Composição corporal

compartimentos. Para estes compartimentos, assumem determinadas características, nas quais vão assentar as bases para desenvolvimento dos métodos.

A grande maioria dos métodos existentes considera um modelo do corpo humano dividido em dois compartimentos⁷:

- 1 - gordura corporal
- 2 - massa sem gordura

Estes compartimentos apresentam características totalmente distintas e assume-se que, para o adulto saudável, têm uma composição relativamente constante. Alguns métodos, porém, baseiam-se num modelo de quatro compartimentos, formados pelos constituintes base: gordura, água, proteína e minerais.

2.1.1 - Características dos compartimentos

Gordura corporal:

A gordura corporal é a principal fonte de reserva de energia do corpo. Encontra-se reduzida nos estados de sub-nutrição aguda e aumentada nos estados de obesidade. Alterações nos depósitos de gordura podem fornecer, indirectamente, informações na variação do balanço energético.

A gordura corporal não contém água nem potássio e tem uma massa específica relativamente baixa de 900 Kg/m³ à temperatura do corpo⁹. Representa, em média, cerca de 26.9% do peso corporal total na mulher e 14.7% no homem⁹. A gordura corporal pode-se considerar dividida em lípidos essenciais e reservas de gordura. Os lípidos essenciais depositam-se na medula óssea, no sistema nervoso central, nas glândulas mamárias e outros órgãos. Estes lípidos são indispensáveis ao funcionamento fisiológico normal. Representam cerca de 9% do peso corporal total na mulher e 3% no homem. As reservas de gordura são formadas pelos depósitos situados à volta dos músculos, dos órgãos, do tracto gastro-intestinal e pela gordura sub-cutânea. Estes depósitos representam cerca de 15% do peso corporal total nas mulheres e 12% no homem.

Massa sem gordura:

Considerando o corpo dividido em sólidos e água, pode-se dizer que cerca de 60% do peso de um adulto é água. O restante (ou seja, os sólidos) divide-se em proteínas (15%), noutras substâncias orgânicas (hidratos de carbono), em minerais (5%) e em gordura (que aparece numa percentagem muito variável, sendo 20% um valor médio considerado aceitável¹⁰). Todos estes, à excepção da gordura, fazem parte da massa sem gordura. A massa sem gordura contém aproximadamente 72%¹¹ de água, possui

potássio (60 a 70 mmol/Kg no homem e 50 a 60 mmol/Kg na mulher ¹⁸), e a sua massa específica é aproximadamente igual a 1100 Kg/m³ à temperatura corporal ¹⁹. Consiste portanto numa mistura de água, proteínas e minerais.

As proteínas fazem parte do tecido muscular, importante componente da massa sem gordura. Este serve como indicador das reservas de proteína do corpo. Estas reservas, como resultado da deplecção muscular, encontram-se diminuídas nos estados de sub-nutrição crónica. A água corporal, como já foi referido, representa aproximadamente 72% do total da massa sem gordura. Inclui toda a água existente no corpo e divide-se em água intra-celular e água extra-celular. A água intra-celular encontra-se no interior das células. A água extra-celular subdivide-se em água no plasma (4% do peso corporal), água intersticial (12%), água na conexão dos tecidos (8%) e água transcelular (2%) ¹⁴.

Tecido adiposo e massa magra

É importante saber-se distinguir gordura corporal de tecido adiposo e massa sem gordura de massa magra, termos que são frequentemente confundidos. O tecido adiposo inclui a gordura corporal. No entanto possui proteína (2%) e água (15%) ¹⁸. Estas fracções de proteína e água, insignificantes em indivíduos muito magros, não devem ser ignoradas em obesos. A massa magra difere da massa sem gordura, pois a primeira não inclui a água e proteínas contidas no tecido adiposo, incluídas na segunda. Assim, quando se fala em compartimentos corporais, podem-se referir dois modelos (de dois compartimentos), um constituído pela gordura e massa sem gordura e outro constituído pelo tecido adiposo e pela massa magra.

2.2 - Alterações da composição corporal

As características acima mencionadas aplicam-se ao homem padrão, mas é bastante discutível até que ponto se aceitam numa situação considerada fora do normal. Geralmente, os estudos da composição corporal têm maior incidência e mesmo mais interesse em populações sob condições excepcionais de carência, excesso ou doença. É exactamente nestas que surge a necessidade de uma escolha cuidada do método que se vai aplicar, pois as bases a partir das quais este foi desenvolvido, podem não ser verdadeiras, ou seja, podem não se verificar para as condições e/ou características da população em questão.

É pouco provável que a densidade da gordura corporal apresente diferenças significativas entre indivíduos. Quaisquer que sejam as condições, tanto a quantidade de água como a de potássio, serão sempre aproximadamente iguais a zero neste compartimento. Porém, o mesmo não se pode dizer em relação à massa sem gordura. Visto esta ser uma mistura de água, proteína e mineral (cujas massas específicas são respectivamente 0.993, 1.34 e 3.00 g/cm³), a sua densidade irá depender da proporção em que estes componentes aparecem. Diferentes condições poderão implicar variações da proporção dos constituintes mencionados, originando assim a existência de indivíduos com diferentes características.

Diferenças na composição corporal acontecem inevitavelmente com o sexo, o crescimento e a idade. No entanto outros factores tais como aspectos relacionados com a saúde, a actividade física e o balanço energético, podem também influenciar a composição corporal, dando origem a variações responsáveis por alterações das características dos compartimentos. Estas alterações, se significativas, podem interferir com a validade dos métodos. Seguidamente aborda-se o modo como cada um dos factores mencionados influencia a composição corporal.

Sexo

A composição corporal é diferente no homem e na mulher. Estas diferenças existem na distribuição da gordura sub-cutânea, nas percentagens de água intra-celular e extra-celular (Tab.1) e na quantidade de potássio.

Crescimento

O crescimento tem influência na composição corporal implicando variações na percentagem da quantidade total de água corporal e na percentagem de gordura corporal, inclusive nos depósitos de gordura sub-cutânea. Na tabela 1 são dados valores da percentagem de água total, intra e extra celular e da percentagem de gordura em diferentes idades.

Idade

O envelhecimento tem influência na quantidade total de água corporal e na percentagem de gordura (Tab.1). A acumulação de gordura, interna e externa, acompanhada de um processo de desmineralização do esqueleto e uma diminuição da massa muscular, vão ser responsáveis por um decréscimo no total da densidade corporal. A desmineralização vai também provocar uma diminuição na quantidade de potássio do corpo.

Actividade física

Uma actividade física intensa leva a um aumento significativo da massa muscular o que implica um aumento no peso da massa sem gordura, acompanhado de um decréscimo na quantidade de gordura. Este decréscimo parece verificar-se, em parte, nas reservas sub-cutâneas.

Idade %	ACT %	AEC %	AIC %	Gord %
Feto:				
1 mês	94			
5 meses	87	62	25	1
8 meses	81	52	29	4
rec-nasc	77	44	33	10-15
1 mês	73	39	34	16
2 meses	70	33	37	20
4 meses	67	30	37	24
6 meses	63	28	35	26
9 meses	61	27	34	28
1 ano	60	26	34	29
2 anos	63	28	35	25
3 anos	63	27	36	24
6 anos	62	26	36	22
9 anos	62	26	36	20
12 anos	61	25	36	18
18 anos	65/54	26/25	39/29	15/28
25 anos	59/51	25/24	34/27	20/30
45 anos	56/49	25/24	31/25	24/33
65 anos	53/47	25/24	28/23	28/36
85 anos	50/45	26/24	24/21	32/40

Tabela 1 - Quantidades do total de água corporal (ACT), da água intra-celular (AIC), da água extra-celular (AEC) e da gordura, como percentagens do peso corporal, em diferentes idades (a partir dos 18 anos são dados os valores para ambos os sexos: masculino/feminino) (Friis-Hansen, 1965)¹⁰.

Saúde

Problemas de saúde podem levar à retenção de líquidos, atrofia muscular e desmineralizações. Casos de obesidade grave podem alterar a percentagem de água da massa sem gordura, pois um aumento da percentagem de gordura é acompanhado de um aumento de água extra-celular, que pode, nestes casos, ser significativo.

Perda e aumento de peso

Variações de peso corporal, em diferentes circunstâncias, podem associar-se à perda ou aumento de tecidos de diferente composição ³. Estudos recentes mostram uma variação desproporcionada entre água corporal e massa sem gordura durante uma perda de peso ^{16,17}.

Outros factores

Certos estados, como a gravidez e aleitamento, são acompanhados por alterações na composição corporal, nomeadamente retenções de água, capazes de interferir com a percentagem de água da massa sem gordura e alterações na distribuição dos depósitos de gordura sub-cutânea.

A interferência destes aspectos na validade dos métodos para avaliação da composição corporal será discutida no capítulo 4, referente às limitações dos métodos.

3 - MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL

A análise de cadáveres é o único método de aplicação directa na avaliação da composição corporal. Todos os outros constituem métodos indirectos. Dentro destes, existe uma grande variedade, com diferentes graus de complexidade, dificuldade, precisão e custo. Embora as origens e os princípios em que os métodos assentam sejam totalmente divergentes, as bases de desenvolvimento são, no geral, as mesmas. Estas bases, apoiam-se num modelo humano constituído por compartimentos que possuem determinadas características (Cap.2.1). Alguns destes métodos (os de aplicação menos restrita) são aqui descritos na sua teoria e aplicação prática.

3.1 - Métodos antropométricos

A procura de uma relação entre determinados índices antropométricos, tais como a altura o peso e certas circunferências corporais, e a composição corporal, não é novidade. No entanto, nunca foi formulada nenhuma relação suficientemente válida, que permitisse mais do que a sua utilização como indicador do estado nutricional.

O método antropométrico mais utilizado na avaliação da composição corporal é um método simples, baseado num modelo corporal de dois compartimentos distintos, a gordura e a massa sem gordura. As características destes dois compartimentos foram já referidas (Cap.2.1). Interessa relembrar que uma percentagem (variável com o grau de obesidade) da gordura total no homem (e mulher) é gordura sub-cutânea ¹⁸. A avaliação processa-se utilizando medições de pregas cutâneas, para o que são utilizadas técnicas standardizadas. O princípio deste método assenta no estabelecimento de uma relação entre a espessura das pregas cutâneas (que representam a gordura sub-cutânea) e a densidade corporal.

O estudo da composição corporal pode ser feito a partir de uma ou mais pregas cutâneas. Uma só prega cutânea é por vezes utilizada, o que poderá acarretar certos inconvenientes, pois torna-se difícil determinar qual o local mais representativo da gordura sub-cutânea, pois varia com o sexo, idade e etnia⁹. Certos estados, patológicos e outros (gravidez, aleitamento), podem também interferir com a distribuição desta camada de gordura¹⁰, o que já por si é motivo para desaconselhar a utilização de uma só prega. A soma de 4 pregas cutâneas (bicipital, tricipital, sub-escapular e supra-iliaca) é tida como sendo a combinação mais adequada⁶.

A relação entre a espessura da(s) prega(s) cutâneas e a gordura corporal, é conseguida através de equações, das quais falaremos mais adiante.

3.1.1 - Medição das pregas cutâneas

Embora de fácil execução, a medição das pregas cutâneas envolve a necessidade de treino adequado. De modo a evitar erros, o local de medição deve ser cautelosamente escolhido e a técnica meticulosamente aplicada. Deve-se ter o cuidado de verificar se o indivíduo em estudo se encontra devidamente posicionado e numa posição confortável. Os instrumentos devem ser periodicamente testados e calibrados.

As pregas cutâneas são medidas utilizando lipo-calibradores. Estes aparelhos determinam a espessura dum a prega dupla de gordura e pele comprimida (duas camadas de pele e duas camadas de gordura), através de um processo de compressão.

Existem vários modelos de lipo-calibradores (Fig.2 e Tab.2)⁹. Todos eles são projectados para exercer uma pressão constante de 10 gramas por milímetro quadrado qualquer que seja a prega cutânea a medir e de modo a possuírem uma área de contacto

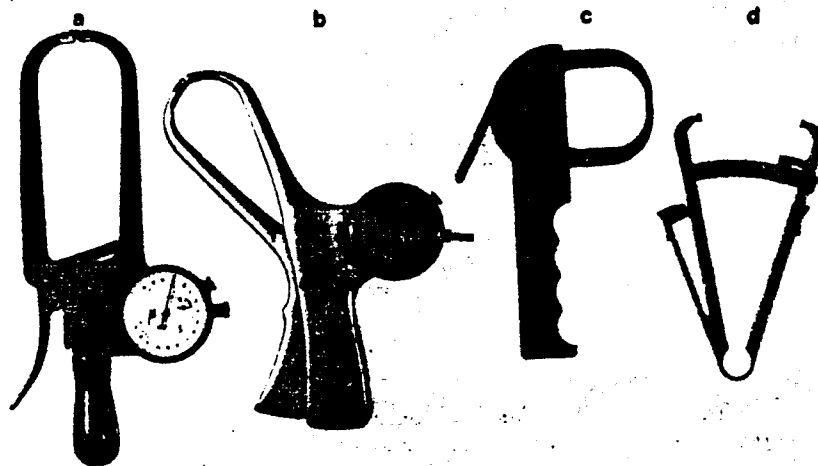


Figura 2 - Modelos de lipo-calibradores: (a) Harpenden, (b) Holtain, (c) Lange, (d) McGraw

com a prega entre 20 e 40 milímetros quadrados². Devem ler num intervalo entre 2 e 40 mm, com uma graduação de 1mm ou menos. Os lipo-calibradores devem ser recalibrados periodicamente, utilizando para isso um peso de calibração. O mostrador deve ser regulado para o zero no início de cada dia de trabalho.

A técnica de medição deve ser cuidadosamente aplicada. Inicialmente o antropometrista deve sentir os tecidos do local de medição, de modo a tornar-se familiar com estes. Seguidamente, a prega é firmemente agarrada entre o polegar e o indicador da mão esquerda. Esta prega deve constar de pele e gordura e deve ser ligeiramente puxada de modo a ser separada do músculo subjacente. A quantidade de tecido elevada terá de ser a suficiente para formar uma prega com lados aproximadamente paralelos. Quanto mais fina for a camada de gordura, mais separados terão de ser colocados os dedos do antropometrista, ao elevar a prega. Estas operações são dificultadas com o aumento de obesidade. O lipo-calibrador é colocado 1 cm abaixo do local de compressão da prega mantendo a mesma profundidade da dos dedos do examinador. A prega

deve-se manter segura até estar concluída a medição. São feitas três leituras numa sucessão rápida e considera-se a média das leituras como valor da prega. A leitura deve ser feita de imediato, logo que as pinças do lipo-calibrador tocam a pele e o ponteiro estabiliza, evitando a descida rápida que se verifica inicialmente. Deve ser mantido, tanto quanto possível, um intervalo constante entre o tempo de leitura e o momento de pressionamento da prega pelo aparelho.

u 2
t

Harpenden	Skinfold	Caliper.
Hemco Corporation, 455 Douglas Ave, Holland, Michigan 49423, EUA, ou		
CMS Weighing Equipment Ltd., 18 Camden High Street, London, Inglaterra		
Lange	Skinfold	Caliper.
Cambridge Scientific Industries Inc., P.O.Box 265, Cambridge, Maryland 21613, EUA		
Holtain	Skinfold	Caliper.
Holtain Ltd., Crosswell, Crymych, DYFED SA41 3UF, Inglaterra		
McGraw	Skinfold	Caliper.
Ross Laboratories, Div. of Abbott Lab., Columbus, Ohio 43216, EUA		

Tabela 2 - Comercialização de lipo-calibradores

Existe certa controvérsia em relação ao lado (direito ou esquerdo) do indivíduo, no qual devem ser efectuadas as medições das pregas. No entanto, estudos mostram que ambos os lados podem ser utilizados indiferentemente, mesmo quando existem diferenças significativas de desenvolvimento muscular entre os dois lados, como acontece, por exemplo, entre os braços de tenistas*. Nas descrições da técnica que aqui serão apresentadas, toma-se como referência o lado direito.

Durante a medição das pregas cutâneas, o indivíduo deve permanecer de pé, pés juntos e braços caídos ao longo do corpo. No entanto, existem também técnicas de medição em posição deitada, muito convenientes quando se procede a determinações em pacientes acamados.

Prega cutânea tricipital

Para medir a prega cutânea tricipital deve-se primeiro proceder à marcação do ponto médio do braço (Fig.3) ²¹, onde a medição vai ser efectuada. Para isso, mantém-se o braço do individuo paralelo ao lado do corpo, dobrado pelo cotovelo num ângulo de 90 graus. Utilizando uma fita métrica, mede-se a distância entre o acrómio (apófise terminal da omoplata) e o olecrânio (apófise da extremidade superior do cúbito), e marca-se

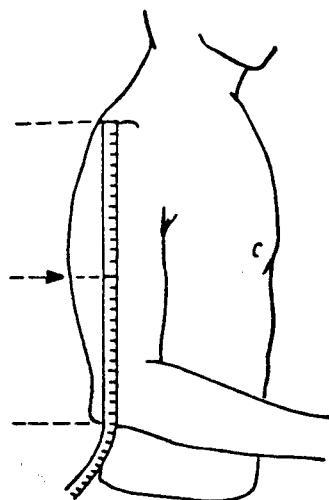


Figura 3 - Medição do ponto médio do braço

levemente o ponto médio desta distância. Seguidamente, o braço é relaxado e mantém-se livremente suspenso ao longo do corpo. O antropometrista pode então proceder à medição. A prega deve ser agarrada longitudinalmente (Fig.4a), um centímetro acima do ponto médio no qual é posicionado o lipo-calibrador.

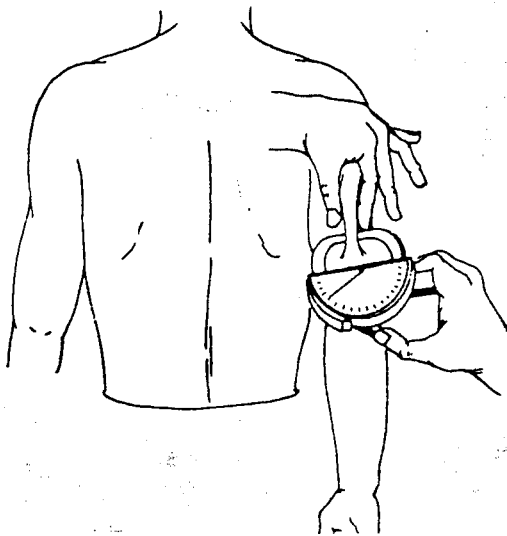
Prega cutânea bicipital

A prega bicipital é medida na parte frontal do braço, ao mesmo nível que a prega tricipital. Os tecidos são apanhados na vertical. A posição do individuo é a mesma, assim como o procedimento para a medição.

Prega cutânea sub-escapular

A prega sub-escapular é apanhada na diagonal (Fig.4b), formando um ângulo de 45 graus com a horizontal, seguindo a clivagem natural das linhas da pele. É medida imediatamente abaixo do ângulo inferior da escápula. O individuo mantém-se de pé, numa posição confortável, com os braços suspensos ao lado do

a



b

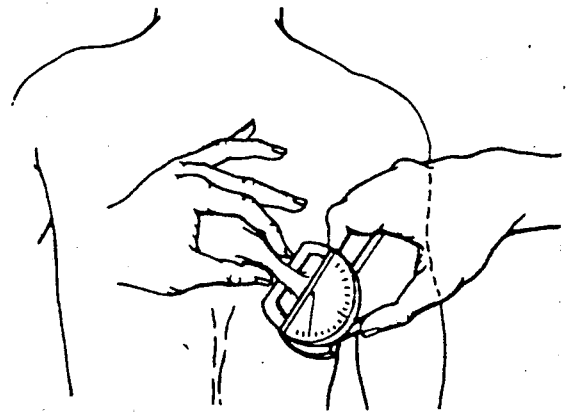


Figura 4 - Medição da prega tricipital (esq.); Medição da prega sub-escapular (dir.).

corpo. A prega é agarrada um centímetro abaixo do ângulo inferior da escápula direita. Para melhor identificação do local, o braço direito pode ser dobrado atrás das costas. O contacto com o lipo-calibrador é feito um centímetro abaixo (e lateralmente) dos dedos do examinador. O procedimento da medição é o anteriormente referido.

Prega cutânea supra-iliaca

A prega supra-iliaca é medida na linha média axilar, imediatamente acima da crista ilíaca. A prega é apanhada obliquamente, para trás da linha média axilar, paralelamente às linhas de clivagem da pele (Fig.5). O procedimento da medição e posicionamento do indivíduo são os já referidos.

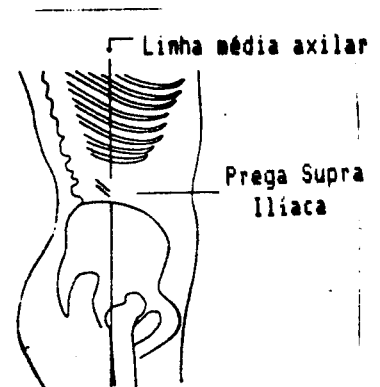


Figura 5 - Localização do local de medição da prega cutânea supra-iliaca

3.1.2 - Cálculo da percentagem de gordura

O relacionamento entre a espessura de uma ou mais pregas cutâneas e a densidade corporal, objecto de vários estudos, é conseguido através de equações que as quantificam. Vários desses estudos dizem respeito a populações pequenas e com características particulares, pelo que a sua aplicação é restrita²². No entanto, estudos abrangendo uma amostra numerosa e heterogénea, permitindo o cálculo da densidade corporal em diferentes grupos com características específicas (idade, sexo), levaram ao desenvolvimento de equações generalizadas^{6,23,24}. Um exemplo destas é a equação de Durnin e Womersley:

$$\text{densidade} = c - mx \log(pc)$$

A densidade é dada em Kg/m³ e os parâmetros c e m dependem do sexo, idade e prega(s) cutânea(s) (pc) utilizada(s). Por exemplo, para a soma das 4 pregas cutâneas, numa faixa etária entre os 20 e os 29, os parâmetros c e m são respectivamente 1.1631 e 0.0632 para o sexo masculino e 1.1599 e 0.0717 para o sexo feminino.

A partir da densidade corporal, a composição do corpo pode ser determinada, utilizando para isso equações que relacionam a densidade corporal com a percentagem de gordura, tal como será descrito no Cap.4.

3.1.3 - Vantagens e desvantagens do método

O estudo da composição corporal através da medição das pregas cutâneas, apresenta uma grande vantagem sobre os outros métodos. Trata-se da sua fácil aplicação em trabalhos de campo. O equipamento exigido é reduzido (lipo-calibrador, fita métrica), de fácil transporte e económico. Por outro lado, o método é no geral bem aceite pelas populações em estudo, dado ser pouco intrusivo. A medição das pregas cutâneas é uma tarefa de fácil execução (não é exigido ao técnico qualificação especial), o

Luiz O. B. de M. R. P.

procedimento é rápido, sendo o treino facilmente adquirido. Estas vantagens fazem deste método um dos mais utilizados.

Apresenta, no entanto, algumas desvantagens. O método não é suficientemente preciso para aplicação individual²², devendo ser somente aplicado para cálculo de médias de grupos. Uma outra desvantagem é a fácil ocorrência de vários erros, capazes de afectar a precisão do método. Incluem-se nestes, os erros de medição, as alterações na composição e propriedades físicas de certos tecidos e a utilização de suposições erradas na determinação da composição corporal.

Os erros de medição podem ser aleatórios ou sistemáticos e podem ter origem em falhas por parte do observador ou dos instrumentos. Os erros por parte do observador, podem incluir uma escolha do lugar de medição errada, uma aplicação da técnica inadequada, erros na leitura da medição, uma orientação do posicionamento do indivíduo errada, etc. Por sua vez, os instrumentos podem-se encontrar mal calibrados, ou possuírem fraca qualidade. Outro aspecto relacionado com os erros de medição, é a dificuldade que pode surgir na sua execução. A dificuldade em apanhar a prega cutânea varia entre indivíduos, podendo mesmo, em alguns, ser impossível de obter.

As diferenças existentes nos valores encontrados quando diferentes observadores medem a mesma prega cutânea, podem ser significativas. Isto torna-se particularmente importante em estudos longitudinais, quando se tenta olhar a variações na composição corporal. Nestes casos, deve ser dada especial atenção para que o mesmo grupo de indivíduos seja sempre medido pelo mesmo observador.

A influência das alterações da composição e propriedades físicas dos tecidos é também desvantagem e limitação na aplicação do método. Variações na compressibilidade e turgência dos tecidos

e na distribuição da gordura corporal sub cutânea podem-se verificar tanto em indivíduos saudáveis como doentes. São exemplo variações no estado de hidratação (provocando edema ou desidratação grave), gravidez e aleitamento. Em casos como estes, o valor da(s) prega(s) cutânea(s) pode-se encontrar alterado, implicando erros na determinação da composição corporal. Por último, existem os erros com origem em suposições erradas. Ao determinar a composição corporal a partir das pregas cutâneas, é considerada a existência duma relação entre gordura sub-cutânea e interna. Esta relação varia com peso, idade, raça e poder-se-á encontrar alterada em certas circunstâncias patológicas ou outras. Estes aspectos serão discutidos mais pormenorizadamente no Cap.4.

3.2 - Densimetria

A densimetria é um método há muito utilizado no estudo da composição corporal. Consiste na determinação da densidade do corpo, o que geralmente é efectuado através da pesagem do indivíduo fora e dentro de água. Conhecida a densidade corporal, torna-se possível calcular a percentagem dos diferentes compartimentos corporais (gordura e massa sem gordura), tendo como base o valor da densidade de cada um deles (ver Cap.2).

3.2.1 - Pesagem dentro de água

Um dos métodos utilizados na densimetria é a medição da densidade corporal a partir da pesagem do corpo dentro de água. Este método, aplicado para determinação da gordura corporal, foi inicialmente descrito por Behnke et al²⁴. O método baseia-se no princípio de Arquimedes. Segundo este princípio, o peso dum corpo submerso em água iguala a diferença entre o peso do corpo e do da água deslocada (correspondente ao volume do corpo), que vulgarmente se denomina por impulsão (força dirigida de baixo para cima). Medindo o peso dum corpo fora e dentro de água, pode-

se calcular a sua densidade (razão entre os pesos do corpo e da água, ocupando o mesmo volume). Para tal utiliza-se um tanque de água, que por razões de conforto, é mantida à temperatura

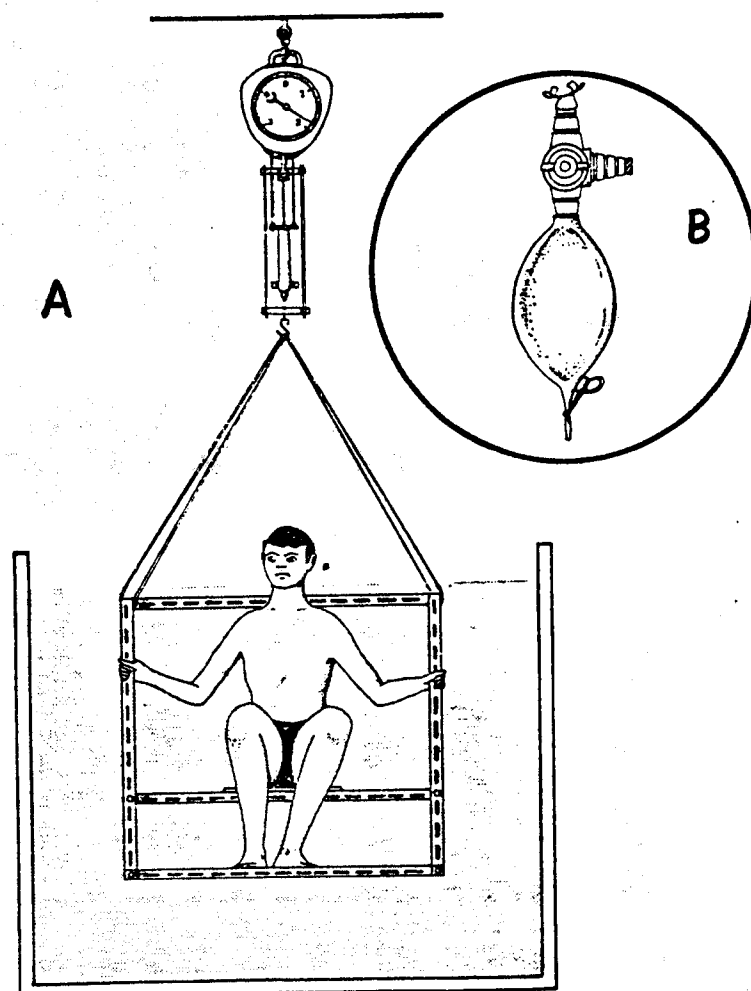


Figura 6 - Pesagem debaixo de água: esquema do equipamento necessário.

corporal. O indivíduo senta-se numa cadeira (ligada a uma balança dinamométrica) que é imersa no tanque (Fig.6 A). O indivíduo terá que ficar totalmente imerso e imóvel durante uns instantes⁸⁷.

Nos cálculos a realizar, ter-se-á que entrar com o peso da cadeira, com o factor de correcção da temperatura da água e com o

ar retido nos pulmões. Outros factores, tais como o efeito de refeições recentes e a quantidade de gás no canal alimentar, parecem ser de importância insignificante²⁸. O ar existente nos pulmões é o termo mais significativo dos referidos, pelo que deverá ser calculado com a maior precisão possível. O indivíduo a testar deve ser instruído para expirar o máximo possível antes de imergir. O volume residual de ar nos pulmões pode ser calculado no momento da pesagem, utilizando a técnica de Rahn, Fenn e Otis²⁹. Logo que emerge, o indivíduo terá de respirar (3 vezes) para uma aparelhagem de controlo (Fig.6 B), permitindo assim medir a quantidade de dióxido de carbono expirado e, a partir deste, calcular a massa total de ar existente nos pulmões durante a medição.

Conhecida a densidade corporal, o cálculo da percentagem de gordura pode ser efectuado utilizando equações que relacionam ambas. Estas equações serão apresentadas no sub-capítulo 3.2.2.

3.2.2 - Pletismografia

Mais recentemente foi desenvolvido outro método³⁰ que, embora exija aparelhagem mais sofisticada, tem a vantagem de não ser necessária a total imersão do indivíduo em água. Esta método utiliza um pletismógrafo. Este aparelho consiste num recipiente fechado (Fig.7), dentro do qual o indivíduo permanece de pé com água até ao pescoço. A medição inicia-se com a calibração

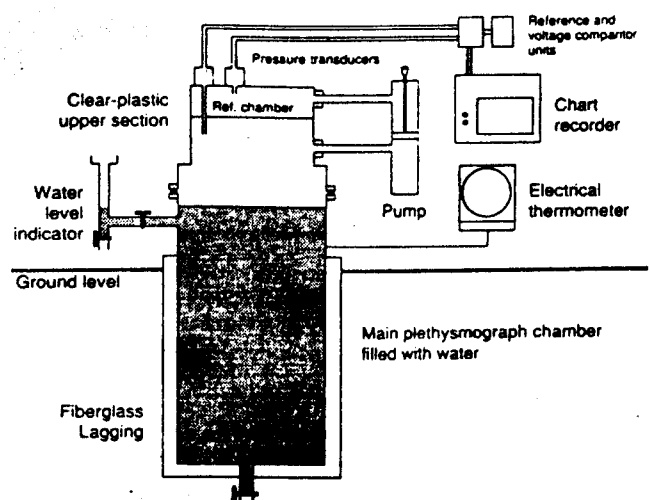


Figura 7 - Esquema de um pletismógrafo

do aparelho, com o seu enchimento e com a pesagem prévia do indivíduo. Uma massa de água de valor igual ao peso do indivíduo, é retirada do aparelho. Em seguida, este entra para o aparelho (água pelo pescoço) e a cabeça é coberta com uma cúpula de plástico transparente. O ar, à volta da cabeça e no interior dos pulmões, é medido observando as variações de pressão produzidas por uma bomba de débito e frequência conhecidos.

A medição do volume de ar é possível dada a existência de um outro compartimento, contíguo ao primeiro e também fechado, contendo um volume de ar conhecido. A bomba, alternadamente, envia uma dada quantidade de ar de um para outro compartimento, a uma dada frequência. A relação entre as variações de pressão nos dois compartimentos, permite calcular a relação entre os seus volumes. Determina-se assim o volume de ar à volta da cabeça do indivíduo (e nos pulmões), o que permite que o volume total do indivíduo seja calculado ⁵⁹. A partir deste volume e do seu peso corporal chega-se à densidade. O método de cálculo baseia-se na hipótese do ar se comportar como gás ideal, para o qual existe uma relação directa entre pressão (p), volume (V) e temperatura (T): $p.V=R.T$, sendo R uma constante.

3.2.3 - Determinação da composição corporal

Conhecida a densidade do corpo, pode ser calculada a percentagem de gordura corporal. Para isso existem várias equações que, embora desenvolvidas por diferentes investigadores, são semelhantes e assentam nos mesmos princípios. Estas equações relacionam a densidade corporal com a percentagem de gordura, baseando-se nas seguintes suposições:

- a) a massa específica da massa sem gordura é relativamente constante e aproximadamente igual a 1.1 g/cm^3 ;
- b) a densidade da gordura é também relativamente constante e igual a 0.9 g/cm^3 .

As equações são as seguintes:

$$\% \text{ gordura} = (4.95 / \text{densidade} - 4.5) \times 100 \quad (\text{Siri}^{31})$$

$$\% \text{ gordura} = (4.570 / \text{densidade} - 4.142) \times 100 \quad (\text{Brozek et al.}^{32})$$

$$\% \text{ gordura} = (5.548 / \text{densidade} - 5.044) \times 100 \quad (\text{Rathburn e Pace}^{33})$$

Determinada a percentagem de gordura corporal, pode também ser calculada a massa sem gordura, desde que conhecido o peso corporal do indivíduo em questão:

$$\text{Gordura (kg)} = \text{Peso (Kg)} * \% \text{ gordura} / 100$$

$$\text{Massa sem gordura (Kg)} = \text{Peso (kg)} - \text{Gordura (Kg)}$$

3.2.4 - Vantagens e desvantagens do método

A densimetria é considerado um método que, quando aplicável, é capaz de dar resultados com um grau de precisão e confiança elevado. Apresenta, no entanto, várias desvantagens. Incluem-se entre estas a necessidade de aparelhagem sofisticada (de custo elevado) e a obrigatoriedade de execução em laboratório, o que logo limita a sua utilização.

Uma outra desvantagem é o elevado grau de colaboração exigido pelo método, especialmente na pesagem debaixo de água. A necessidade de imersão total limita enormemente a aplicação da método, principalmente a pessoas idosas, crianças e obesos, dada a dificuldade que muitos têm de o fazer. Também por este motivo, a necessidade de treino prévio é importante para a obtenção de bons resultados. Durnin²⁷ refere um desvio padrão de 8 Kg/m³ numa série de medições efectuadas em 3 indivíduos durante o período de um ano.

O facto de, no cálculo da percentagem de gordura ser considerada uma densidade constante para a massa sem gordura,

limita a aplicação do método. Na verdade, vários factores contribuem para variações da densidade da massa sem gordura, tais como crescimento, envelhecimento, desenvolvimento dos tecidos musculares e desnutrições graves (ver Cap.4).

3.3 - Quantificação da água corporal

A gordura corporal é anídrica. Toda a água existente no corpo está presente na massa sem gordura, ocupando uma porção relativamente constante (72%) deste compartimento (Cap.2). Assim, a determinação da massa total de água corporal, pode ser utilizada na análise da composição corporal.

O volume de água corporal pode ser determinado a partir de um método de diluição isotópica ^{3H}, assumindo que o isótopo tem o mesmo volume de distribuição da água. Os isótopos normalmente utilizados nestas medições são o deutério (²H), o oxigénio dezoito (¹⁸O) e o trítio (³H).

3.3.1 - Diluição isotópica

Descrição da técnica

Uma dose previamente determinada (D) de isótopo é dada ao indivíduo em estudo por via oral (ou venosa). O corpo do indivíduo é aqui visto como um tanque, contendo um determinado volume (V) de água (Fig.8). O isótopo depressa se dilui na água, de modo uniforme, atingindo um estado de equilíbrio ao fim de um certo intervalo de tempo (aproximadamente 2 a 3 horas). A esse estado de equilíbrio corresponde uma concentração (C) do isótopo na água corporal, dependente da quantidade administrada e do volume de água do corpo. Conhecendo-se a dose administrada (D) e medindo a concentração da substância (C) no corpo humano (na saliva, urina ou outro fluido), pode-se calcular o volume de água

(V) existente, com base na equação $V = D / C$. Deve-se ter em consideração, a presença natural do isótopo no corpo. O indivíduo, na altura da medição, deve-se encontrar em equilíbrio hídrico, pelo que idealmente esta deverá ser efectuada de manhã, em jejum, e após esvaziamento da bexiga. Durante o tempo de equilíbrio, deve-se manter abstinência de sólidos e líquidos.

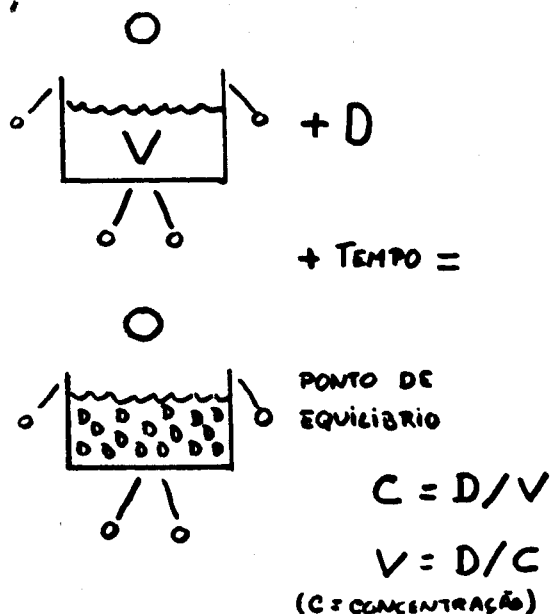


Figura 8 - Medição da água corporal através de diluição isotópica: esquematização do princípio do método

A concentração do isótopo, após atingido o equilíbrio, vai diminuindo à medida

que o indivíduo substitui a sua água corporal, por eliminação de fluidos (urina, suor, etc.) e por ingestão de água ou alimentos (Fig.8). Fazendo medições consecutivas (ao fim de várias horas e ao fim de vários dias) da diluição da substância no corpo, pode-se determinar a curva de diminuição de concentração e com ela calcular com maior precisão a concentração inicial. Para isso terá de se proceder à recolha de amostras de água corporal periódicas, de modo a analisar a diminuição da concentração da substância em questão.

A quantidade de isótopo utilizada nas medições deve ser a mais pequena que permita obter resultados correctos e precisos e que não implique qualquer risco para o indivíduo em questão. Esta dose vai depender do tipo de isótopo, do sistema de análise, dos fins a que se destinam as determinações e do indivíduo a ser estudado.

Análise das amostras

Para análise das concentrações do isótopo presente na água corporal, podem ser utilizadas amostras de saliva, urina, soro, e leite. A recolha das amostras terá de ser feita em períodos determinados e sob condições estabelecidas, variando com o tipo de isótopo, número de recolhas e tipo de amostra. Após recolhidas, as amostras devem ser devidamente acondicionadas, e preferencialmente refrigeradas, até se proceder à sua análise.

A análise das amostras terá de ser efectuada em laboratório. São exemplos de métodos possíveis de aplicar na execução destas análises, a espectrometria de infravermelhos, cromatografia de gás, espectrometria de massa, contador de radiações, etc.

O trítio, embora apresentando a desvantagem de ser radioactivo, é fácil de medir através de um contador de radiações. O deutério embora possa ser determinado com grande precisão através de espectrometria de massa, apresentava a desvantagem de ser necessária a redução das amostras de água a hidrogénio gasoso, operação morosa e maçadora. No entanto, as recentes evoluções verificadas nas técnicas de análise e nos métodos espectrométricos, vieram facilitar esta operação²⁶, o que tornou este isótopo num de primeira escolha.

Determinação da composição corporal

Como já foi referido, é considerado que a água ocupa uma fracção relativamente fixa de aproximadamente 72% do total da massa magra. Assim, pode-se calcular, a partir da quantidade de água, o total de massa sem gordura e partindo desta, a quantidade de gordura, utilizando as seguintes equações:

$$\text{Massa sem gordura (Kg)} = \text{água (Kg)} \times 100 / 72$$

$$\text{Gordura (Kg)} = \text{Peso (Kg)} - \text{Massa sem gordura (Kg)}$$

3.3.2 - Vantagens e desvantagens do método

A determinação da quantidade de água corporal através de diluição isotópica, apresenta a vantagem de ser um método aplicável em trabalho de campo. As doses a administrar são preparadas em laboratório, dada a necessidade de pesagens rigorosas em balança de precisão. Após a preparação, podem ser transportadas e a sua administração pode ser feita em campo, assim como a recolha das amostras para análise. Visto que as amostras, desde que bem acondicionadas, podem permanecer guardadas até ocasião oportuna para a sua análise, esta última etapa, não constitui entrave para a sua utilização fora do laboratório. O método é também pouco intrusivo, sendo o grau de colaboração baixo, especialmente se a administração do isótopo é feita por via oral e se são utilizadas, para análise, amostras de saliva, mais fáceis de recolher.

Apresenta, no entanto, algumas desvantagens. A utilização de trítio não é aconselhada, visto ser um isótopo radioactivo. Os outros isótopos são estáveis, sendo a sua administração inócua, nas doses administradas. O oxigénio dezoito é, no entanto, extremamente caro. O deutério não apresenta nenhuma destas desvantagens e é comercializado na forma de óxido de deutério ($^2\text{H}_2\text{O}$), o que facilita a preparação das doses para administração. A análise das amostras envolve aparelhagem sofisticada e cara.

As limitações do método serão discutidas no Cap.4.

3.4 - Condutibilidade eléctrica corporal

A massa sem gordura, ao contrário da gordura, é um tecido condutor. Esta característica dos compartimentos é utilizada como princípio para a determinação da composição corporal.

3.4.1 - Condutibilidade eléctrica total do corpo

Este método, normalmente designado por TOBEC ("total body electrical conductivity"), baseia-se na troca da condutibilidade eléctrica que se verifica ao colocar o indivíduo sob acção de um campo magnético. Este método foi revisto por Harrison ²⁷ e tem vindo a ser aperfeiçoado ao longo dos anos ^{28,29}.

O aparelho utilizado consiste num túnel electro-magnético, construído de modo a que caiba um corpo no seu interior (Fig.9).

Durante a medição o indivíduo mantém-se deitado de costas, numa maca que é

colocada no interior do túnel. Faz-se então passar uma corrente de 5 MHz (2.5 MHz na segunda versão do TOBEC) através do túnel, durante alguns segundos. A magnitude da corrente induzida no indivíduo vai depender da sua condutibilidade e, portanto, da sua massa sem gordura. A medição é repetida com o aparelho vazio, sendo a diferença entre estas medições proporcional à condutibilidade eléctrica do indivíduo.

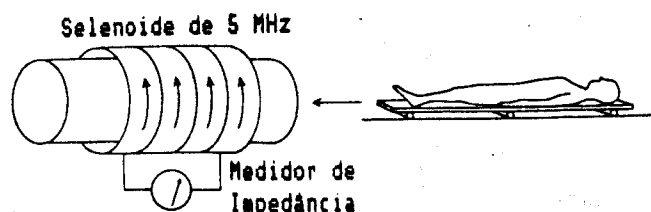


Figura 9 - Medição da composição corporal através da condutibilidade corporal eléctrica total (TOBEC).

3.4.2 - Bio-impedância

O estudo da composição corporal através de medições da impedância bio-eléctrica tem-se destacado nos últimos anos, tanto no que diz respeito à sua evolução, como na sua aplicação

prática. Este método baseia-se no princípio de que a impedância¹ de um sistema geométrico está relacionada com o comprimento e configuração do condutor, com a sua área transversal e com o sinal da frequência. Em organismos vivos, a condução eléctrica dá-se através da água e electrólitos no condutor. Estes componentes do organismo fazem parte exclusiva da massa sem gordura (Cap.2), pelo que a impedância corporal está relacionada com este compartimento. Uma relação entre a impedância total do corpo e a quantidade total de água foi definida por Hoffer⁴⁰. Mais tarde Lukaski⁴¹ desenvolveu um método para determinar a massa sem gordura, através de medições de impedância bioeléctrica. Este investigador estabeleceu uma relação entre este compartimento e a razão entre o quadrado da altura do indivíduo e a resistência oferecida pelo seu corpo $(h^2/R)^{41}$. A impedância é medida através de uma corrente eléctrica fraca (800A; 50KHz), que se faz passar entre o tornozelo e o pulso do indivíduo. Esta impedância (Z) é função da resistência² (R) do condutor e da reatância³ (Xc)⁴²: $Z = (R^2 + Xc^2)^{-1/2}$. A impedância é proporcional ao comprimento do condutor (L) (função da altura do indivíduo) e indirectamente proporcional à sua área transversal (A); é também proporcional ao quadrado do comprimento do condutor/indivíduo, dividido pelo seu volume. Estes princípios são de difícil aplicação em sistemas geométricos e bioeléctricos complexos, como é caso do homem. No entanto, têm-se vindo a utilizar estas equações para desenvolver modelos que relacionam

¹ valor, para um determinado circuito, do quociente entre a tensão eficaz aplicada ao circuito e a intensidade eficaz da corrente que o percorre, valor esse que é, para o circuito dado, dependente da frequência da corrente.

² resistência é o quociente entre a diferença de potencial estabelecida entre os terminais do condutor e o valor da intensidade da corrente que o percorre, logo mede o espaço condutor

³ a reatância é decorrente da capacitância, mede o espaço não condutor, relacionado com as membranas celulares

condutância ($1/R$) com massa sem gordura, água corporal e potássio corporal^{43,44}.

Descrição da técnica

O indivíduo a observar deve permanecer deitado, de costas, com os membros inferiores esticados formando entre eles um ângulo de 45 graus e os membros superiores ligeiramente afastados do tronco, com o qual devem formar um ângulo de 30 graus (Fig.10). A medição envolve a colocação de dois pares de eléctrodos,

divididos entre a mão direita e o pé direito, pelo que o indivíduo deverá estar descalço. A colocação correcta dos eléctrodos é extremamente importante para obtenção de bons resultados. Um par de eléctro-

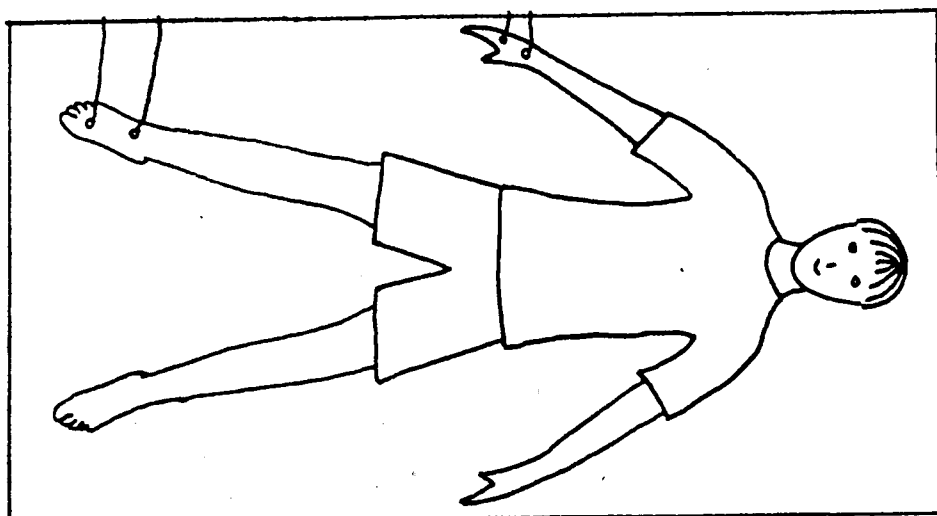


Figura 10 - Medição da bio-impedância corporal: posição do indivíduo

dos é colocado na raiz dos dedos e o outro par nas articulações da mão e do pé e têm por função, respectivamente, emitir a corrente e medir a impedância (Fig.11). É importante que os eléctrodos se encontrem em bom estado, de modo a permitirem um contacto adequado. Pelo mesmo motivo, a superfície da pele deverá ser limpa com álcool, antes da sua colocação. O indivíduo deverá estar totalmente descontraído e relaxado, e não deve estar em contacto com nenhum objecto metálico. Este método exige muito pouco do indivíduo em observação. No entanto, para obtenção de bons resultados, este deverá estar em jejum, abster-se de qualquer bebida alcoólica durante as últimas 24 horas, e evitar

qualquer tipo de exercício físico durante as últimas 12 horas, estar em jejum e ter urinado, de modo a manter o equilíbrio hídrico?.

3.4.3 - Vantagens e desvantagens do método

O TOBEC, é considerado um método simples e seguro. A medição é rápida e a cooperação exigida do indivíduo em estudo é mínima. Apresenta no entanto desvantagens. O equipamento é extremamente caro, e as medições só podem ser realizadas no laboratório, o que o torna mais importante em clínica do que em investigação. O facto deste método ter sido ainda pouco explorado, pode ser considerado como outra desvantagem, visto saber-se pouco acerca da sua validade em determinadas circunstâncias.

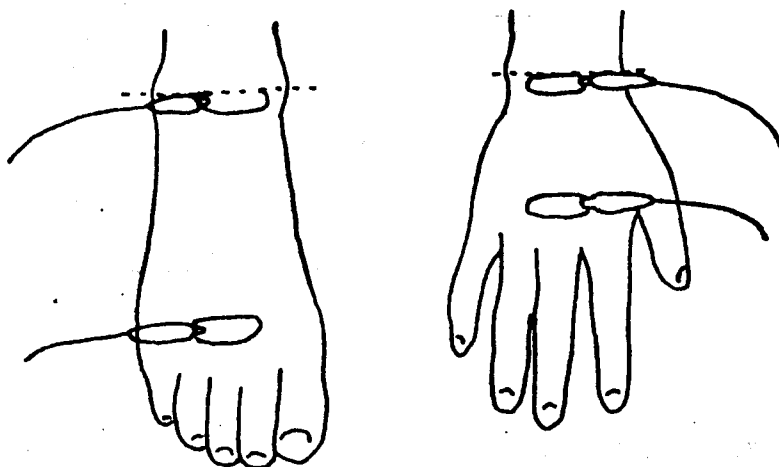


Figura 11 - Medição da bio-impedância corporal: colocação dos electrodos

A bio-impedância, como método de estudo da composição corporal, tem sido foco de atenção nos últimos anos. Uma das razões desta atenção é o facto de ser visto como método alternativo à medição das pregas cutâneas, dada a sua adaptabilidade a trabalhos de campo. A aparelhagem é portátil, e a técnica é simples e segura, de fácil execução. O grau de cooperação exigido ao indivíduo em observação é baixo, e a medição é rápida. O custo envolvido é relativamente baixo. No entanto, para obtenção de bons resultados, o método tem de ser bem aplicado. Aspectos relacionados com a medição, tal como uma colocação errada dos electrodos, ou má aderência dos mesmos, são suficientes para interferir com a precisão dos resultados. Há também que ter em consideração as condições em que se deve

processar a medição, tais como abstinência alcoólica nas últimas 24 horas, etc.

O método apresenta algumas limitações. Gray et al.⁴⁵, refere uma estimativa da massa sem gordura superior à esperada em indivíduos obesos (% gordura > 48%), atribuindo isso a uma possível alteração da percentagem de água na massa sem gordura, ou a uma alteração na resistividade dos tecidos, provocada pela expansão da água extra-celular ou pelo aumento de gordura intra-celular. No entanto, estas limitações têm vindo a ser reduzidas através do desenvolvimento de equações capazes de adaptar o método a situações específicas.

3.5 - Potássio corporal

Este método assenta na suposição de que o potássio representa uma fracção constante da massa magra. A distribuição do potássio é quase exclusivamente intra-celular e situa-se nos músculos e vísceras, existindo uma quantidade insignificante em fluidos extracelulares, nos ossos e noutras localizações não-celulares. Medindo a quantidade total de potássio existente no corpo é assim possível calcular a massa sem gordura.

3.5.1 - Descrição da técnica

Uma fracção constante de potássio (0.012%) existe no corpo na forma de ⁴⁰K. Este último emite raios gama de 1.46 Me V, possível de quantificar, permitindo que o total de potássio no corpo seja calculado ⁴⁶. Nesta quantificação é utilizado um espectrómetro que mede a radiação total de raios gama emitidos pelo corpo.

Assim, para determinar a percentagem de gordura a partir da quantidade de potássio corporal, procede-se do seguinte modo ⁷ :

- medição da radiação proveniente do ^{40}K emitida pelo indivíduo;
- cálculo do potássio total corporal a partir dos dados;
- conversão de gramas de potássio em mmol de potássio:

$$\text{mmol K} = \text{total de K corporal (g)} / \text{peso atómico do K (39.098)} ;$$
- cálculo da massa sem gordura (Kg) a partir do potássio, assumindo que a esta possui em média 69.4 mmol/Kg (ver Cap.2);
- cálculo da percentagem de gordura.

3.5.2 - Vantagens e desvantagens do método

Não são mencionadas vantagens em relação a este método. A técnica é sofisticada, e o equipamento necessário à sua realização implica um custo elevado. Outras desvantagens podem advir das suas limitações, assunto que será debatido no Cap.4.

3.6 - Outros métodos

Para além dos métodos aqui apresentados, existem outros⁴, menos divulgados e, actualmente, de aplicação mais restrita:

Excreção urinária de creatinina - baseia-se na existência de uma relação entre a eliminação urinária de creatinina e a massa muscular.

Activação de neutrões - utiliza irradiações de neutrões capazes de transformar isótopos de cálcio, azoto e outros, em isótopos radioactivos, possíveis de ser medidos.

Absorciometria - o princípio deste método assenta numa relação proporcional directa entre o conteúdo mineral ósseo e a quantidade de energia de fotões absorvida pelo osso em estudo.

Tomografia computadorizada - é um método radiográfico moderno, para determinação da composição corporal localizada (de

certas regiões). Relaciona pequenas diferenças, na atenuação de raios X, com diferenças na densidade física dos tecidos, para construir uma imagem a duas dimensões da anatomia subjacente à área em estudo.

Ultrasons - A espessura do tecido adiposo sub-cutâneo é medida através de energia ultra-sónica.

Imagem por ressonância magnética - utiliza a emissão de sinais, provenientes da mudança de orientação de ondas de frequência provocada pela aplicação de um campo magnético exterior ao corpo, para criar a sua imagem com auxílio de um computador. É um método novo, de avaliação directa da composição corporal, com um futuro optimista, mas limitado.

4 - LIMITAÇÕES DOS MÉTODOS

Variações na composição corporal podem provocar alterações nas características assumidas para os dois compartimentos do corpo humano (gordura e massa sem gordura). Pretende-se neste capítulo descrever de que modo a validade dos métodos poderá ser afectada por essas alterações. O significado do erro que se vai encontrar ao determinar a composição corporal nestas condições, irá depender do método utilizado e, como é óbvio, da extensão das alterações.

Já foram referidas (Cap.2) e são aqui resumidas as características dos compartimentos:

A gordura corporal não contém água nem potássio, tem uma massa específica relativamente baixa (0.9 g/cm^3) à temperatura corporal⁸ e não é um meio condutor.

A massa sem gordura contém aproximadamente 72%¹¹ de água, 60 a 70 mmol/Kg de potássio no homem e 50 a 60 mmol/Kg na mulher¹², tem uma massa específica de 1.1 g/cm^3 à temperatura corporal¹² e é um meio condutor.

4.1 - Alterações na quantidade total de água corporal

Várias condições, patológicas ou não, podem dar origem a variações no volume total de água corporal de um indivíduo, caracterizadas por estados de desidratação, edema, ou simples retenção (caso das grávidas e aleitantes). Estas variações, vão alterar o valor da percentagem de massa sem gordura ocupada por água. Esta alteração vai invalidar os princípios assumidos como base para desenvolvimento dos diferentes métodos de análise da composição corporal. A precisão dos resultados que se obtêm através da aplicação destes métodos será menor nestes casos.

1 - Densimetria

A massa sem gordura possui uma densidade igual a 1.1. A água corporal representa aproximadamente 72% da massa sem gordura e tem densidade aproximadamente igual a 1, ou seja inferior à do total do compartimento. Se a percentagem de massa sem gordura ocupada por água varia, a densidade do compartimento é alterada, aumentando quando esta percentagem diminui (casos de desidratação) e diminuindo quando esta aumenta (casos de edema ou retenção). Para um determinado indivíduo, a densidade total do corpo vai ser superior no primeiro caso (desidratação) e inferior no segundo caso (edema ou retenção), sem que haja qualquer alteração da gordura corporal. Ao serem utilizadas as equações que relacionam a percentagem de gordura com a densidade corporal, é sempre assumido o valor de 1.1 para densidade da massa sem gordura. Assim, ao utilizar estas equações, um indivíduo sob um estado de desidratação (densidade corporal superior à que possuiria num estado normal), vai ser considerado mais magro do que na realidade é. A sua percentagem de massa sem gordura vai ser calculada acima do valor real pois a densidade deste compartimento é, neste caso, superior a 1.1. Do mesmo modo, num indivíduo sob um estado de edema ou retenção hídrica (densidade corporal inferior à que apresentaria num estado normal), vai ser considerado mais gordo do que na realidade é. A sua percentagem de massa sem gordura vai ser calculada abaixo do valor real, pois a densidade deste compartimento é, neste caso, inferior a 1.1.

2 - Quantificação da água corporal

A totalidade da água corporal, representa aproximadamente 72% do total da massa sem gordura. No entanto, em caso de desequilíbrio hídrico, esta percentagem é alterada. Quando se utiliza a quantificação da água corporal na análise da composição do corpo, se o indivíduo se encontra em desequilíbrio hídrico,

vai-se entrar em erro ao assumir que a água representa 72% da massa sem gordura. Num caso de desidratação, a quantidade de gordura calculada vai ser superior à real. A sua massa sem gordura vai ser calculada a partir de uma quantidade de água inferior à que o indivíduo apresentaria num estado normal. Num caso de retenção hídrica, a quantidade de gordura calculada vai ser inferior à real. A sua massa sem gordura vai ser calculada a partir de uma quantidade de água superior à que o indivíduo apresentaria num estado normal.

3 - Antropometria (medição das pregas cutâneas)

As variações na percentagem de água corporal na massa sem gordura, se acompanhadas de alterações da região sub-cutânea, podem levar a modificações na turgência e compressibilidade dos tecidos, o que se poderá reflectir no valor das pregas cutâneas. Um estado de desidratação levaria a um atrofiamento da espessura da prega, implicando um decréscimo na medição da percentagem de gordura. Por outro lado, o edema ou retenção, provocando um aumento da espessura da prega, elevariam a percentagem de gordura medida.

Numa outra perspectiva, alheados do facto de que o desequilíbrio hídrico possa afectar os tecidos, temos outro factor a considerar. Após estabelecida a relação entre a espessura da prega cutânea com a densidade corporal (Cap.3.1), esta vai ser utilizada para calcular a percentagem de gordura corporal. Para isso vão ser utilizadas equações, que assumem uma densidade da massa sem gordura igual a 1.1, nestes casos alterada. De novo, tal como acontece ao utilizar a densimetria, a percentagem de gordura calculada vai ser inferior à real nos casos de desidratação e superior à real nos casos de retenção hídrica.

4- Condutibilidade eléctrica corporal

Como já foi referido, a água e electrólitos são os responsáveis pela condução da corrente eléctrica nos organismos vivos (Cap. 3.3). Quando a condutibilidade eléctrica é utilizada na análise da composição corporal num indivíduo apresentando um caso de desidratação ou de retenção hídrica, a conductância (inverso da resistência) vai ser respectivamente menor e maior do que seria no seu estado normal. A percentagem de massa sem gordura assim calculada, vai ser inferior à real nos casos de desidratação e superior à real nos casos de retenção hídrica.

4.2 - Alterações na massa muscular

Um trabalho muscular intenso, ou certos estados patológicos podem ser acompanhados, respectivamente, de desenvolvimento ou atrofia do tecido muscular. Este tipo de alterações pode implicar variações na densidade da massa sem gordura. Dado que a densidade da massa muscular é superior à do total do compartimento a que pertence, as variações vão ser caracterizadas por um aumento da densidade do compartimento nos casos de desenvolvimento muscular e uma diminuição nos casos de atrofia.

As alterações da densidade da massa sem gordura, podem interferir com a precisão dos cálculos quando a composição corporal é determinada, através da aplicação de diferentes métodos.

1- Densimetria

O tecido muscular tem uma densidade superior à do total do compartimento a que pertence (massa sem gordura). Assim, o desenvolvimento muscular vai originar um aumento da densidade da massa sem gordura e portanto da densidade total do corpo. Do

mesmo modo, uma atrofia muscular, vai originar uma diminuição da densidade da massa sem gordura e portanto da densidade total do corpo. Ao utilizar as equações que relacionam a densidade corporal com a percentagem de gordura, é assumido que a densidade da massa sem gordura é igual a 1.1. Se esta densidade é na realidade superior, ou inferior, cria-se um erro no cálculo da percentagem de gordura. A percentagem calculada vai ser superior à real nos casos de desenvolvimento muscular, e inferior à real nos casos de atrofia.

2- Quantificação da água corporal

Quando se analisa a composição corporal a partir da determinação da quantidade de água do corpo, o erro que vamos encontrar em casos de desenvolvimento ou atrofia muscular, deve-se ao estabelecimento de uma percentagem de água fixa (72%) para a massa sem gordura. Esta percentagem é superior à real nos casos de desenvolvimento muscular, implicando a sua utilização um cálculo inferior ao real da percentagem de gordura corporal. No caso de atrofia muscular, a percentagem de água da massa sem gordura é maior que a estabelecida, pelo que a percentagem de gordura assim calculada vai ser superior à real.

3- Antropometria (medição das pregas cutâneas)

Foi demonstrado que variações da massa muscular por si só não são suficientes para alterar a medição da espessura das pregas cutâneas. No entanto, esta espessura vai ser relacionada com a densidade corporal (Cap. 3.1), que por sua vez é relacionada com a percentagem de gordura, através de equações em que é assumida uma densidade de 1.1 para a massa sem gordura. Assim, se a densidade da massa sem gordura é superior (desenvolvimento muscular) ou inferior (atrofia muscular) ao valor assumido, a percentagem de gordura calculada vai ser respectivamente maior e menor que o valor real.

4.3 - Alterações na distribuição da gordura sub-cutânea

Uma alteração na distribuição da gordura sub-cutânea, poderá limitar a utilização das pregas cutâneas para avaliação da composição corporal. São exemplos de casos em que se verifica esta alteração a gravidez e o aleitamento. Durante a gravidez existe uma deposição de aproximadamente 4 Kg de gordura²⁷, cuja distribuição não é uniforme²⁸. Durante o aleitamento a metabolização e mobilização de gordura sofre alterações²⁹. No entanto, no aleitamento as diferenças parecem não ser significativas, podendo ser utilizadas as equações aplicadas para indivíduos normais²⁵.

Outros factores possíveis de variação na distribuição de gordura sub-cutânea, dizem respeito à população em questão. Populações oriundas de diferentes regiões, com outros costumes e outros hábitos alimentares, populações de diferentes raças e/ou etnias, poderão apresentar uma distribuição e colocação dos depósitos de gordura sub-cutânea diferentes das populações para as quais foram derivadas as equações utilizadas no relacionamento da espessura das pregas com a densidade corporal.

5 - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Discussão

Classificar métodos para determinação da composição corporal, relativamente à sua precisão, torna-se difícil, dada a subjectividade que envolve esta matéria. Esta classificação vai depender, em parte, do constituinte corporal que apresenta maior interesse para os objectivos pretendidos. A medição das pregas cutâneas é tido como o método menos preciso, não sendo aplicável a determinações individuais. Mesmo assim, é dos mais utilizados, dada a sua simplicidade. A densimetria é considerado um dos métodos mais precisos. Possui, no entanto, várias desvantagens. Ao proceder à escolha de um método deve-se ter em atenção, para além de outros factores (custos, dificuldade, etc), a sua validade na população em questão. Os métodos não estão generalizados a todas as populações, países, raças, etnias... Sempre que possível, o método deveria ser validado em relação à população em estudo. Infelizmente esta é uma pretensão utópica.

Embora nos últimos anos se tenha verificado uma grande evolução na aquisição de conhecimentos sobre a composição corporal humana, ainda há muito por saber e investigar. Os conhecimentos até hoje adquiridos, referem principalmente o homem adulto e saudável. As características deste homem são respeitadas pelas considerações assumidas nos métodos utilizados no estudo da composição corporal. Porém, estas considerações nem sempre se adaptam às variações da composição corporal, possíveis de acontecer em certos estados, patológicos ou outros. Os métodos possuem limitações. Surge daqui a necessidade de criar bases para adaptar a metodologia a casos específicos de populações "especiais". Esta tarefa não é de modo algum fácil, exigindo, para além de um custo elevado, um trabalho científico difícil e moroso.

A aplicação simultânea de vários métodos no estudo da composição corporal, é muitas vezes utilizada em populações "especiais" (grávidas, aleitantes, diabéticos, etc). Alguns dos métodos têm comportamentos inversos mediante alterações das características assumidas para a composição corporal, pelo que a sua utilização conjunta pode fornecer dados importantes na obtenção de informações reais (Tab.3). A aplicação da densimetria simultaneamente com a diluição isotópica é um bom exemplo para estes casos. A utilização de métodos baseados em modelos humanos de quatro compartimentos (gordura, água, proteínas e minerais), é muitas vezes indispensável no estudo destas populações, procurando informações específicas de certos compartimentos, como por exemplo das proteínas em populações sub-nutridas.

método:	PC	DE	AC	C
+ água	+	+	-	-
- água	-	-	+	+
+ musculo	+	+	-	+
- musculo	-	-	+	-

Tabela 3 - Influência dos métodos no cálculo da gordura corporal mediante alterações da água corporal e da massa muscular (valor calculado acima (+) do valor real; (-) abaixo do valor real). (PC-medição das pregas cutâneas; D-densimetria; AC-quantificação da água corporal; C-condutibilidade corporal)

Principais conclusões deste trabalho

- A escolha de um método para avaliação da composição corporal, deve ser feita tendo em atenção os objectivos da avaliação e as características da população em estudo.
- A complexidade e o custo variam com os métodos.
- O grau de precisão e de eficiência dependem do método e do objectivo a atingir.
- Alterações na composição dos vários compartimentos corporais interferem na precisão dos métodos.
- Existem erros na determinação da composição corporal de populações especiais (grávidas, aleitantes, diabéticos) aquando da aplicação dos métodos correntes.
- Estes erros podem ser minimizados através da aplicação simultânea de vários métodos cujos resultados sejam diferentemente afectados pelas alterações.
- Há necessidade de aferir ou modificar os métodos de forma a adaptá-los a populações específicas.

1. Brozek J, Keys A
The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelationships.
Brit.J.Nutr., 1951;5:194-206
2. Behnke AR
Physiologic studies pertaining to deep sea diving and aviation especially in relation to the fat content and composition of the body.
Harvey Lectures Ser., 1942;37
3. Brozek J
Research on body composition and its relevance for human biology. In Josef Brozek. Human Body Composition.
Pergamon Press, 1965:85-119
4. Lukaski HC
Methods for the assessment of human body composition: traditional and new.
Am.J.Clin.Nutr., 1987;46:537-56
5. Garrow JS
New approaches to body composition.
Am.J.Clin.Nutr., 1982;35:1152-1158
6. Durnin JVGA, Womersley J
Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years.
Br.J.Nutr., 1974;32:77-97
7. Keys A, Brozek J
Body fat in adult men.
8. Fidanza F, Keys A, Anderson JT
Density of body fat in man and other animals.
J.Appl.Physiol., 1953;6:252-256
9. Gibson RS
Principles of Nutritional Assessment.
Oxford University Press, 1990
10. Friis-Hansen B
Hydrometry of growth and aging.
In Josef Brozek. Human Body Composition.
Pergamon Press, 1965:191-209

11. Widdowson EM
Chemical analyses of the body.
In Josef Brozek. Human body composition. Symposia of the
society for the study of human biology. Vol VII
Pergamon Press, 1965.
12. Boddy K, King PC, Womersley J, Durnin JVGA
Body potassium and fat-free mass".
Clin.Sci., 1973;44:622-625
13. Behnke AR, Osserman EF, Welham WW
Lean body mass: its clinical significance and estimation from
excess fat and total body water determinations.
Arch.Int.Med., 1953;91:585-601
14. Edelman IS, Liebman J
Anatomy of body water and electrolytes,
Amer.J.Med., 1959;27:256
15. Garrow JS
Energy balance and obesity in man.
Amsterdam: Elsevier, North-Holland, 1978
16. Deurenberg P, Weststrate JA, Hautvast JG
Changes in fat-free mass during weight loss measurements by
bio-electrical impedance and by densitometry.
Am.J.Clin.Nutr., 1989;49:3-36
17. Gray DS
Changes in bioelectrical impedance during fasting.
Am.J.Clin.Nutr., 1988;48:1184-7
18. Allen TH, Peng MT, Chen KP, Huang TF, Chang C, Fang HS
Prediction of total adiposity from skinfolds and the
curvilinear relationship between external and internal
adiposity.
Metabolism 5, 1956:346-352
19. Feldman R, Sender AJ, Siegelau AB
Difference in diabetic and nondiabetic fat distribution
patterns by skinfold measurements.
Diabetes, 1969;18:478-486
20. Brozek JF, Henschel A (eds).
Techniques for measuring body composition.
National Academy of sciences, National Research Council,
Washington D.C., 1963.

21. Frisancho AR
Anthropometric Standards for the assessment of Growth and Nutritional Status.
Ann Arbor, The University of Michigan Press
22. Sinning WE
Anthropometric estimation of body density, fat and lean body mass in women gymnasts.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 1978;10:243-249
23. Jackson AS, Pollock ML
Generalized equations for predicting body density of men.
Br.J.Nutr., 1978;40:497-504
24. Jackson AS, Pollock ML, Ward A
Generalized equations for predicting body density of women.
Medicine and Science in Sports and Exercise, 1980;12:175-182
25. Butte NF, Wills C, Smith EO, Garza C
Prediction of body density from skinfold measurements in lactating women.
Brit.J.Nutr., 1985;53:485-489
26. Behnke AR, Feen BG, Welham WC
The specific gravity of healthy men; Body weight+volume as an index of obesity.
J.Amer.Med.Assoc., 1942;118:495-498
27. Durnin JVGA, Rahaman MM
The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness.
Br.J.Nutr., 1967;21:681-689
28. Durnin JVGA, Satwanti
Variations in the Assessment of the fat content of the human body due to experimental technique in measuring body density.
Annals of Human Biology, 9, 1982;3:221-5
29. Rahn H, Fenn WO, Otis AB
Daily variations of vital capacity, residual air, and expiratory reserve including a study of the residual air method.
J.Appl.Physiol., 1949;1:725-36
30. Garrow JS, Stalley S, Diethelm R, Pittet P, Hesp R, Halliday D
A new method for measuring the body density of obese adults.
Br.J.Clin.Nutr., 1979;42:173-183
31. Siri WE
Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods.

In Techniques for Measuring Body Composition.
National Academy of Sciences, National Research Council,
Washington, D.C., pp.223-244

32. Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A
Densitometric analysis of body composition: revision of some
quantitative assumptions.
Annals of the New York Academy Sciences, 110: 113-140
33. Rathburn EN, Pace N
Studies on body composition: I. The determination of total
body fat by means of the body specific gravity.
Journal of the biological Chemistry 158: 667-676
34. Moore FD
Determination of total body water and solids with isotopes.
Science, 1946;104:157-160
35. Halliday D, Miller AG
Precise measurement of total body water using trace quantities
of deuterium oxide.
Biomedical Mass Spectrometry, 1977;vol 4,n92:82-87
36. Wong WW, Lee LS, Klein PD
Deuterium and oxygen-18 measurements on microliter samples of
urine, plasma, saliva, and human milk.
Am.J.Clin.Nutr., 1987;45:905-913
37. Harrison GG, Van Itallie TB
Estimation of body composition: a new approach based on
electromagnetic principles.
Am.J.Clin.Nutr., 1982;35:1176-1179
38. Presta E, Wang J, Harrison GG, Bjorntorp P, Harker WH, Van
Itallie TB
Measurement of total body electrical conductivity: a new
method for estimation of body composition.
Am.J.Clin.Nutr., 1983;37:735-739
39. Van Loan M, Mayclin P
A new TOBEC instrument and procedure for the assessment of
body composition: use of Fourier coefficients to predict lean
body mass and total body water.
Am.J.Clin.Nutr., 1987;45:131-137
40. Hoffer EC, Meador CK, Simpson DC
Correlation of whole-body impedance with total body water.
J.Appl.Physiol., 1969;27:531-534
41. Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW, Lykken GL
Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance
measurements of the human body.

Am.J.Clin.Nutr., 1985;41:810-817

42. Nyboer J, Bagno S, Nims LF
The electrical impedance plethysmograph an electrical volume recorder.
National Research Council- Committee on Aviation Medicine.
Report no 149, 1943
43. Lukaski HC, Bolonchuk WW, Hall CB, Siders WA
Validation of tetrapolar bioelectrical impedance method to assess human body composition.
J.Appl.Physiol.; 1986;60(4):1327-32
44. Abu Khaled M, McCutcheon MJ, Reddy S, Pearman PL Hunter GR, Weinsier RL
Electrical impedance in assessing human body composition: the BIA method
Am.J.Clin.Nutr., 1988;47:789-92
45. Gray DS, Bray GA, Gemayel N, Kaplan K
Effect of obesity on bioelectrical impedance.
Am.J.Clin.Nutr., 1989;50:255-260
46. Forbes GB, Gallup J., Hursh JB
Estimation of total body fat from potassium-40 content".
Science, 1961;133:101-102
47. Hytten FE, Leitch I
The physiology of human pregnancy.
2nd ed. Oxford: Blackwell
48. Taggart N, Holliday RM, Billewicz WZ, Hytten FE, Thomson AM
British Journal of Nutrition, 1967;21:439-451
49. Poo LJ, Lew W, Addis T
Journal of Biological Chemistry, 1939;128:69-77