ISSN 0871-3413 • ©*ArquiMed*, 2005

Avaliação da Composição Corporal na Criança por Métodos não Invasivos

Elisabete Pinto, Ana Raquel Oliveira, Helena Alencastre, Carla Lopes
Serviço de Higiene e Epidemiologia, Faculdade de Medicina do Porto

A infância é um período de rápido desenvolvimento e crescimento caracterizado por grandes mudanças, nomeadamente no que diz respeito à composição corporal. Tendo em consideração que esta se relaciona intimamente com o estado nutricional e de saúde, a sua avaliação assume uma importância acrescida neste período da vida.
Existem actualmente inúmeros e variados métodos de avaliação da composição corporal, que têm por base diferentes modelos corporais e princípios, e permitem caracterizar a composição corporal de forma global e indiferenciada, ou de forma específica, diferenciando os vários compartimentos corporais.
A composição corporal pode ser avaliada por métodos simples como a antropometria, ou por medições mais sofisticadas como a bioimpedância eléctrica ou a ressonância magnética.
Neste trabalho faz-se uma revisão crítica de diferentes métodos não invasivos de avaliação corporal susceptíveis de serem aplicados durante a infância.
Palavras-chave: infância, composição corporal, antropometria, ressonância magnética, bioimpedância, pletismografia, osteodensitometria bifotónica (DEXA), condução eléctrica corporal total (TOBEC)

ARQUIVOS DE MEDICINA, 19(1-2): 47-54

O crescimento humano durante os primeiros anos de vida envolve mudanças qualitativas e quantitativas da composição corporal (1-3), sendo importante quantificar os diferentes componentes corporais, porque: (a) quando avaliados nos primeiros dias de vida são um bom indicador do crescimento intrauterino (4), (b) permitem a compreensão das alterações que ocorrem com o desenvolvimento e o crescimento (1) e (c) permitem monitorizar o crescimento, por comparação com valores de referência em função de características como o sexo ou a idade (2,5,6). Acresce ainda que a maioria das doenças pediátricas afecta a composição corporal, sendo as medições úteis para caracterizar a extensão desse efeito e avaliar a eficácia dos tratamentos (1,7,8). Por outro lado, ao monitorizarmos o crescimento podem detectar-se indivíduos com proporções e/ou distribuições anormais dos componentes corporais, permitindo a implementação de medidas de prevenção secundária.

Nos últimos anos, essa avaliação tem sido aperfeiçoada com novas técnicas, evoluindo-se de uma perspectiva global (ex. medição de peso e comprimento) para uma determinação específica (ex. massa gorda) (1-3,8,9).

A composição corporal ao nascimento e durante os primeiros anos da infância pode indicar o risco de doenças crónicas na idade adulta (10). O baixo peso ao nascimento está associado a hipertensão arterial, intolerância à glicose e doença coronária na idade adulta (11). Um rápido aumento do índice de massa corporal depois dos 2 anos aumenta o risco de desenvolver diabetes tipo 1, principalmente nas crianças que tiveram um crescimento linear mais lento entre o nascimento e os 3 meses (12).

O crescente recurso à reprodução medicamente assistida e os avanços dos cuidados neonatais aumentaram a prevalência de recém-nascidos pré-termo (13). A avaliação da composição corporal destes recém-nascidos é fundamental para decidir a nutrição a instituir e para a monitorização do seu crescimento. Um estado de subnutrição não corrigido neste período crítico com repercussão no crescimento e desenvolvimento, nomeadamente cerebral, poderá ter efeitos na aprendizagem e no comportamento (10).

Técnicas de avaliação da composição corporal que envolvem grande exposição a radiação não são praticáveis em crianças (3). Outras não o são de forma generalizada pela não cooperação da criança, pela indisponibilidade dos equipamentos ou pelos custos que envolvem (14,15).

Os modelos de composição corporal são necessários para obter medidas de referência usadas para desenvolver métodos e equações para avaliação da composição corporal (16).

O peso corporal pode ser dividido em dois ou mais compartimentos (16-18) usando os modelos elementar, químico, anatómico ou dos fluidos metabólicos (16).

O modelo clássico de dois componentes divide a

massa corporal em gorda e livre de gordura (16-18). A massa gorda compreende a totalidade dos lípidos passíveis de extracção por solvente (17) e a massa livre de gordura inclui a água, a componente proteica e a componente mineral (16,19).

A aplicação do modelo de dois componentes pressupõe que as densidades da gordura e do tecido livre de gordura sejam constantes para todos os indivíduos e que a composição do tecido livre de gordura é 73,8% de água, 19,4% de proteína e 6,8% de componente mineral. Este modelo pode levar a erros sistemáticos quando aplicados a subgrupos com densidades de massa livre de gordura diferente do valor assumido, uma vez que esta varia com a idade, o sexo, a etnia, o nível de gordura corporal e o nível de actividade física, dependendo essencialmente das proporções relativas da quantidade de água e minerais (16). Os erros podem ser reduzidos se for feita a medição de mais componentes. O modelo multicomponentes exige a medição de dois ou mais componentes da massa livre de gordura, obtendo-se um modelo de três ou quatro e cinco componentes, respectivamente (16,17). Os modelos de três componentes dividem a massa corporal em gorda, livre de gordura e óssea ou sólida (mineral e proteica) (19); os de quatro componentes dividem a massa corporal em gorda, proteica, mineral e água (modelo químico) (16,19) ou em massas adiposa, muscular não esquelética, muscular esquelética e óssea (modelo anatómico); o de cinco componentes divide a massa corporal em gordura, fluidos extracelular e intracelular, sólidos extracelulares e intracelulares (modelo dos fluidos metabólicos) (16). Foi, também, proposto um outro modelo de cinco componentes que não divide o corpo em cinco compartimentos, mas antes estabelece cinco níveis de complexidade, relacionando matematicamente os diferentes níveis. Os níveis propostos são: atómico (constituído por oxigénio, carbono, hidrogénio, azoto, cálcio, fósforo, potássio, enxofre, sódio, cloro e magnésio); molecular (constituído por gordura, água, proteína, parte mineral do osso, parte mineral dos tecidos moles e glicogénio); celular (massa celular, fluído extracelular e sólidos extracelulares); tecidular (tecido adiposo, músculo esquelético, osso e outros tecidos) e corpo total (20).

O uso do modelo dos dois componentes está limitado na infância devido às mudanças nas proporções e densidades dos componentes da massa livre de gordura com o crescimento e a maturação (2,17). As mudanças na densidade da massa livre de gordura são provocadas pela diminuição da água corporal total e pelo aumento da massa mineral óssea (2,17,18). Quando se aplicam os valores de referência para adultos à avaliação da composição corporal da criança sobrestima-se a quantidade de gordura corporal (2,17). Uma alternativa é a utilização do modelo de dois componentes modificado que inclui constantes específicas para sexo e idade. Contudo, não é considerado o método mais correcto dado que, nesta faixa etária, a composição da massa livre de gordura varia dentro da mesma idade e do mesmo sexo (17).

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL APLICÁVEIS EM PEDIATRIA

Existem várias definições de infância. Neste trabalho considera-se que a infância é o período de vida compreendido entre o nascimento até à adolescência, período que se inicia aos 10 anos, segundo a Organização Mundial de Saúde.

A antropometria ao nascimento tem uma relação directa com a qualidade do crescimento fetal e avalia as relações entre o crescimento, o estado nutricional e a morbilidade perinatal, fornecendo uma previsão do crescimento pós-natal (21,22).

É um método simples, barato, rápido e não invasivo, sendo o mais importante para avaliar o estado nutricional do recém-nascido (23-27). Exige instrumentos precisos e calibrados e avaliadores treinados, para assegurar a validade e a reprodutibilidade dos resultados (23).

Habitualmente são usadas várias medidas antropométricas, pois individualmente não permitem caracterizar com exactidão o estado nutricional. São comparadas com valores de referência através de média e desvios padrão (z-score), percentis ou percentagem da mediana (22-24,28). Apesar dos percentis serem os mais utilizados na prática clínica, devido à facilidade de interpretação, os z-scores têm ganho crescente importância, em particular em estudos populacionais, pela facilidade com que os dados antropométricos podem ser trabalhados informaticamente, nomeadamente recorrendo a software específico desenvolvido pela Organização Mundial de Saúde. A percentagem da mediana é cada vez menos utilizada (22,29).

Quando não existem valores de referência para uma população, a comparação com padrões alheios impõe limitações que se prendem com diferenças relativas a factores nutricionais e ambientais (30).

Embora não seja o ideal, o peso ao nascimento é o indicador mais usado para avaliar o crescimento fetal, pois é fácil de obter e muito fiável (31). O peso fornece uma avaliação global da composição corporal (32), mas um peso adequado não significa necessariamente um crescimento adequado, podendo antes reflectir factores adversos, como a retenção de líquidos (33).

O peso ao nascimento é mais informativo se associado à idade gestacional (31). Relacionando o peso ao nascimento com a idade gestacional os recém-nascidos podem ser classificados, de acordo com curvas de referência como as do National Center for Health Statistics da Organização Mundial de Saúde em “grande para a idade gestacional”, se o peso é superior ao percentil 90, “adequado para a idade gestacional”, se está entre o percentil 10 e o percentil 90 e “pequeno para a idade gestacional”, se inferior ao percentil 10. Estes recém-nascidos podem apresentar atraso de crescimento intrauterino simétrico ou assimétrico, dependendo de o comprimento ou a circunferência da cabeça estarem ou não proporcionalmente reduzidos em relação ao peso (33,34).

O comprimento e a estatura são outras medições

antropométricas importantes. O primeiro é medido com uma craveira e a segunda com um estadiómetro. A medição do comprimento é realizada em crianças até aos dois ou três anos. Em crianças com mais de dois anos incapazes de se manterem em pé, faz-se a medição do comprimento. No entanto, deve ajustar-se o comprimento em 1-2 cm para comparação com a curva de crescimento para a estatura. A estatura é medida em crianças a partir dos dois anos (23).

Nos recém-nascidos, uma vez que o posicionamento é fundamental para a correcta medição do comprimento, é necessária a ajuda de um assistente que segure na cabeça enquanto as pernas são posicionadas, o que faz com que este parâmetro nem sempre seja fácil de medir correctamente (23,31,33).

O índice Ponderal de Rohrer é a razão entre o peso (em gramas) e o cubo do comprimento (em centímetros) (22,35). Habitualmente, multiplica-se por 100 para se obter o valor em percentagem. Classifica os recém-nascidos em simétricos ou assimétricos, de acordo com existir ou não uma proporcionalidade na relação entre o peso e o comprimento ao nascimento. Os assimétricos com baixo índice Ponderal (< percentil 10) apresentam um peso baixo relativamente ao comprimento, o que indica habitualmente magreza; os assimétricos com índice Ponderal elevado (> percentil 90) possuem peso elevado relativamente ao comprimento, o que poderá indicar obesidade (33,36).

O índice de massa corporal é calculado dividindo o peso (em quilogramas) pelo quadrado da estatura (em metros). É usado, desde que possível a medição da estatura, para definição de situações de magreza, normalidade, excesso de peso ou obesidade (22).

As curvas de crescimento do National Center for Health Statistics ilustram a distribuição dos percentis das medições antropométricas de uma amostra de crianças norte-americanas. A Organização Mundial de Saúde preconiza a utilização destas curvas na avaliação antropométrica do estado nutricional de recém-nascidos, crianças e adolescentes (0-18 anos), independentemente do seu país de origem, assumindo a inexistência de diferenças no potencial relativo de crescimento físico entre crianças de diferentes etnias (37,38). Este pressuposto não é unanimemente aceite e a própria Organização Mundial de Saúde propõe a elaboração de novas curvas representativas do desenvolvimento das crianças do mundo inteiro (22,37).

A Organização Mundial de Saúde adoptou estas curvas como referência internacional em 1978 (22), sendo as de "peso para idade", "comprimento/estatura para idade" e "peso para comprimento/estatura" (22). Actualmente, também se usam as curvas "circunferência da cabeça para a idade" (37) e "índice de massa corporal para a idade", que pode ser usada em crianças com mais de 2 anos (38). Cole et al. elaboraram outras curvas de "índice de massa corporal para a idade", que se correlacionam bem com as anteriormente referidas (39).

A circunferência da cabeça é uma medição muito importante nos primeiros 3 anos de vida. O crescimento do cérebro é mais rápido neste período, pelo que esta medição deve ser realizada periodicamente (23). O aumento proporcional do perímetro cefálico indica um crescimento adequado e bom prognóstico neurológico (21,22). A primeira medida é realizada entre as 6 e 12 horas de vida, necessitando de confirmação após 48 a 72 horas, devido à acomodação dos ossos do crânio. É realizada com uma fita métrica não extensível, sendo a medida antropométrica menos afectada por uma nutrição inadequada. Contudo, é a primeira a responder quando se proporciona um aporte energético-proteico ideal (21).

A circunferência do braço avalia a massa muscular e a quantidade de gordura do braço. É uma técnica fácil de aplicar, usando uma fita métrica não extensível, e permite a avaliação do estado nutricional no caso da medição do comprimento e do peso serem difíceis (21,22).

A relação entre o perímetro braquial e o perímetro cefálico fornece informações sobre a proporcionalidade do crescimento e tem uma relação directa com a idade gestacional (40).

As pregas cutâneas permitem a avaliação da massa gorda corporal, baseando-se em dois princípios: (a) a prega cutânea mede as duas camadas de pele juntamente com a gordura subcutânea daquele ponto específico e (b) aproximadamente metade do conteúdo de gordura corporal localiza-se nos depósitos adiposos subcutâneos, relacionando-se directamente com a gordura total (41,42). A medição das pregas é feita com o lipocalibrador a uma pressão constante de10g/mm^2 (16). As pregas frequentemente avaliadas são quatro: tricipital (na face posterior do braço, no ponto médio entre o olecrâneo e o acrómio), bicipital (no mesmo sítio mas na face anterior do braço), subescapular (medido de forma oblíqua por baixo e lateralmente ao ângulo da omoplata) e suprailíaca (medida na linha média axilar, formando um ângulo de 45º com esta, entre a última costela e a crista ilíaca) (43).

Existem equações validadas para estimar a composição corporal através das medições das pregas cutâneas em crianças, a partir dos 3 meses (17,44), mas não existem para recém-nascidos, não devendo as anteriores ser usadas nesta população (44).

O rigor deste método depende da forma como a técnica é executada (16), do estado de saúde da criança (ex. presença de edema) (21) e do facto de diferentes equações originarem diferentes estimativas da composição corporal (17,44).

A bioimpedância eléctrica é um método muito usado para estimar a composição corporal (45). É simples, rápido, não invasivo (45,46), barato e o equipamento utilizado é fácil de transportar, o que faz com que seja utilizado em situações e em indivíduos de idades, pesos corporais e estados de saúde diversos (46). Permite a determinação da massa livre de gordura e da quantidade de água corporal total em indivíduos sem anomalias significativas de fluidos e electrólitos, tendo por base as diferentes propriedades condutoras e dieléctricas dos tecidos biológicos, para correntes de diferentes frequências (41).

Faz-se passar uma corrente eléctrica alterna baixa

conhecida (cerca de 800(A) a uma ou mais frequências (1 a 800kHz) (41,46,47) entre 2 eléctrodos - emissor e detector (47). A impedância representa a oposição dos tecidos à passagem dessa corrente. Em condutores biológicos a oposição pode ser de 2 tipos: resistência e reactância (31,45-48). A resistência representa a oposição pura do condutor à passagem da corrente (41,47,48). É o inverso da condutividade que é directamente proporcional à concentração de electrólitos no condutor (47). Os tecidos livres de gordura, pela sua composição em água e electrólitos, são altamente condutores apresentando baixa resistência à passagem da corrente eléctrica, enquanto que os tecidos adiposo e ósseo são dieléctricos ou muito resistentes (41,45,48). Assume-se que o corpo é um cilindro (45,46,49). Num cilindro uniforme de material condutor homogéneo, a resistência é proporcional ao comprimento da via e inversamente proporcional ao seu diâmetro (46). A resistência no organismo humano depende da composição, nomeadamente da concentração de material condutor (electrólitos), do comprimento e do diâmetro da via por onde passa a corrente eléctrica (47).

A reactância representa uma oposição adicional promovida pela capacitância (41,45,47-49) e é inversamente proporcional à frequência (41). A capacitância representa o armazenamento de energia num circuito por um capacitor (41,47), de que são exemplo as membranas celulares, e que ocorre quando regiões de elevada condutividade (ex. água extracelular e intracelular) são separadas por regiões de baixa condutividade (ex. membrana celular) (41,45). A relação entre a resistência e a reactância é representada pelo ângulo fase e reflecte as diferentes propriedades eléctricas dos tecidos afectadas de diferentes formas pelo estado nutricional, de doença e/ou de hidratação (41,42,46).

A bioimpedância de frequência única permite estimar a quantidade de água corporal total e a massa livre de gordura, mas não permite inferir acerca das quantidades de água intra e extracelular. O valor da frequência escolhido é habitualmente 50 kHz (41,46), por representar a frequência média característica do músculo (41,45). O método de biompedância de frequência múltipla inclui a medição da impedância a diferentes frequências (1, 5, 50, 100, 200 a 500kHz) (46) e permite determinar a massa livre de gordura e a quantidade de água corporal total e quantificar a água corporal extra e intracelular (41,46,50).

A bioimpedância segmentada estima a composição corporal pela passagem de corrente apenas pela parte superior do corpo ou apenas pela parte inferior. Os eléctrodos são colocados mão-a-mão ou pé-a-pé respectivamente (51,52), enquanto na avaliação corporal total os eléctrodos são colocados mão-a-pé, e a corrente passa ao longo de todo o corpo (51).

Apesar da percepção geral de que a bioimpedância mede a gordura corporal, a tecnologia actual determina a impedância dos diferentes tecidos corporais fornecendo uma estimativa da quantidade de água corporal total (50). O tecido livre de gordura é estimado a partir desta (41,54) uma vez que este é constituído por cerca de 73% de água, em indivíduos saudáveis (48,55). A quantidade de gordura é posteriormente calculada por diferença, estando sujeita a erros inerentes à previsão da massa livre de gordura (47,49).

Este método pode ser aplicado a todos os indivíduos (41,45), sendo a principal limitação a (in)disponibilidade de equações calibradas e validadas para a população que se pretende estudar (41). A exactidão das estimativas obtidas por este método depende da exactidão e precisão das medições que devem ter em consideração variáveis como a posição do indivíduo, temperatura do local, ingestão de alimentos ou líquidos e exercício físico prévio (56), da exactidão e precisão do registo das variáveis adicionais como estatura, peso e circunferências corporais e da selecção das equações predictivas apropriadas (41).

Na infância e em particular no período neonatal, o uso da bioimpedância eléctrica tem sido questionado devido a factores que se relacionam com a metodologia e exactidão dos resultados obtidos. Em crianças muito pequenas é impossível colocar os eléctrodos à distância recomendada para que não haja interacções entre os seus campos eléctricos, resultando na distorção dos valores obtidos (41,56).

A infância é caracterizada por rápidas mudanças e grande variabilidade inter-individual nos fluidos corporais. Tendo em consideração que factores que afectam a distribuição de fluidos e a concentração de electrólitos livres entre os compartimentos intra e extracelular irão afectar a resistência e, consequentemente, o valor da impedância, e que neste método se assume como constante a razão água corporal total/massa livre de gordura (hidratação), a estimativa da composição corporal nos primeiros anos de vida poderá não ser rigorosa (41).

A condução eléctrica corporal total (TOBEC) é um método de avaliação da composição corporal baseado num modelo de dois componentes, permitindo a determinação da massa gorda e da massa livre de gordura (57-59). Baseia-se no princípio de que um organismo colocado num campo magnético perturba-o, sendo o grau de perturbação dependente da quantidade e distribuição dos electrólitos que se encontram essencialmente na massa magra (58,60). A gordura é, por definição, anidra e não influencia a medição pelo TOBEC (60).

Para se efectuar a medição, a criança é despida e envolvida em papel para garantir que os membros permanecem completamente estendidos e paralelos ao eixo principal do corpo e para restringir os movimentos (57,59). A criança é depois colocada na posição de supina na plataforma do equipamento, que desliza para o interior de um tubo (57). São efectuadas 5 a 10 medições e encontrada a média (57,58).

É um método exacto e preciso de estimar a massa gorda e a massa livre de gordura. A exactidão na estimativa da massa livre de gordura por kg é de cerca de 0,041kg, ou seja, de ± 4% (61). Apresenta como outras vantagens

a rapidez, a segurança, o facto de ser não invasivo e independente do grau de hidratação da massa livre de gordura (57,59,61).

Apresenta como limitações a elevada sensibilidade do aparelho a variações da temperatura ambiente e da temperatura corporal. Além disso, se a criança chorar, mover-se ou urinar durante a medição altera a condutividade no campo magnético, invalidando os resultados da medição da composição corporal (58,59,61). O equipamento é dispendioso e difícil de transportar devido ao seu tamanho (59,61).

A ressonância magnética é uma técnica de avaliação corporal por imagem, importante na vida intra-uterina e no período neonatal. Durante a vida intra-uterina permite o diagnóstico de anomalias e a visualização do tamanho dos órgãos (62-64), assim como uma estimativa do peso corporal, com boa correlação com o peso ao nascimento (65,66). No período neonatal é um método rigoroso de avaliação da quantidade e da localização de tecido adiposo, porque permite localizar e quantificar o tecido adiposo dos compartimentos subcutâneo e visceral (67,68).

Para se efectuar a medição, o recém-nascido deverá estar imóvel (a dormir) e completamente estendido. Quando a finalidade da medição é a avaliação da composição corporal são feitas imagens transaxiais a intervalos regulares pré-determinados, a partir da 7ª vértebra cervical (67).

Nas imagens de ressonância magnética o tecido adiposo é branco, em contraste com os outros tecidos que aparecem cinzentos ou pretos. A área de tecido adiposo é calculada automaticamente após a delimitação por um observador experiente. A subjectividade na delimitação é ultrapassada por avaliações múltiplas efectuadas pelo mesmo observador em momentos diferentes com randomização da ordem das imagens ou por avaliações efectuadas por diferentes observadores e posterior análise da sua concordância (5,67). Multiplicando essa área pela distância entre cortes obtém-se o volume de tecido adiposo (5). Para o cálculo da massa gorda é necessário conhecer a quantidade de gordura existente em cada cm^3 de tecido adiposo. Nos primeiros meses de vida esse valor aumenta com a idade sobretudo à custa da fracção subcutânea (5). Ao nascimento é 0,456g por ml (69), enquanto em crianças com idades compreendidas entre 1 e 5 meses é de 0,67±0,07g de gordura por ml (68).

Uma vez que a cabeça não é incluída na avaliação assume-se que a quantidade de tecido adiposo seja subestimada em 5% (70).

É uma técnica que não utiliza radiação ionizante (62-64,67,71). Durante o primeiro trimestre de gravidez, vários autores sugerem que a ressonância magnética não seja efectuada, dada a inexistência de estudos que comprovem a sua segurança (66,72). Se for realizada em crianças nos primeiros dias de vida dispensa o uso de anestesia, salvo os casos onde se pretende uma visualização muito precisa e demorada como para a cabeça (67). Contudo, não é muito utilizada por rotina, pelos custos inerentes.

A pletismografia avalia o volume corporal total através da deslocação de ar. O individuo é colocado dentro de uma câmara - o pletismógrafo, funcionalmente constituída por dois compartimentos com volumes de ar conhecidos e que contactam entre si, o que permite que o volume de ar correspondente ao volume do indivíduo se desloque para a outra câmara (7,73).

A medição de volume corporal envolve três etapas: (a) calibração do aparelho, (b) medição do volume do indivíduo (tempo de medição médio de 50 segundos) e (c) medição do volume de gás torácico. Posteriormente, calcula-se o volume corporal corrigido e juntamente com o peso corporal determina-se a densidade corporal e, através desta, estima-se a percentagem de massa gorda, tendo por base o modelo de dois compartimentos (3,73). Para evitar artefactos, os indivíduos deverão usar roupas ajustadas ao corpo (habitualmente roupa de Lycra), bem como uma touca na cabeça para minimizar o ar existente entre o cabelo. As roupas e o corpo devem estar completamente secos e os indivíduos em repouso (73).

Como vantagens desta técnica salienta-se a rapidez, o conforto, o facto de não ser invasiva e a capacidade de avaliar a composição corporal quando o uso de outras técnicas é difícil, nomeadamente em crianças, idosas e indivíduos obesos (6,7,73,74). Comparando a pletismografia com a pesagem hidrostática (o "gold standard") na determinação da percentagem da massa gorda, a diferença entre os resultados é inferior a 1% (73,74). Existe, também, boa concordância entre estes valores e os estimados através de modelos multicompartimentados (14) e pelo método de diluição com deutério (75).

Em crianças o rigor e a precisão deste método podem estar comprometidos por os equipamentos serem desenhados para o tamanho corporal dos adultos (76), contudo existe um equipamento para crianças até aos 6 meses que, segundo estudos com modelos de composição conhecida ("fantomas"), fornece medições rigorosas e precisas (3). As crianças são avaliadas sem roupa e com o cabelo penteado com óleo de bebé, para evitar artefactos (14).

O estado de agitação da criança, o peso corporal, a percentagem de massa gorda e o facto desta urinar ou defecar durante a avaliação não estão associados com alteração dos valores obtidos, constituindo uma mais valia da técnica, uma vez que a cooperação neste grupo é difícil de assegurar (14).

O facto do equipamento ser bastante dispendioso faz com que esta técnica não seja utilizada por rotina.

A osteodensitometria bifotónica - dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA) é um método de avaliação da composição corporal muito usado por ser rápido (77,78) e associado a muito pequena exposição a radiações (77,79). É frequentemente considerado um método de referência para a avaliação da composição corporal (80) mas as medições obtidas por DEXA, em particular relativas à gordura corporal, são afectadas significativamente por maturação do osso, idade, sexo, gordura cutânea, percentagem de massa livre de gordura e tipo de aparelho e software utilizados (80).

Teoricamente a DEXA avalia o corpo em 2 compartimentos: tecidos moles e ósseo (81,82). Contudo, permite inferir a composição corporal relativa a 3 componentes: massas magra, gorda e mineral óssea (18,81).

Utiliza uma fonte de raios X com um filtro que converte o feixe de raios em picos fotoeléctricos de baixa e alta energia (82,83). Este feixe atravessa o corpo e é detectada a atenuação provocada pelos diferentes tecidos. As propriedades de atenuação da gordura e dos tecidos magros foram estabelecidas a partir de "fantomas" (81). Tendo em consideração que a atenuação é uma função da proporção de gordura e de tecido magro (79), a partir dos valores obtidos podemos inferir a quantidade de gordura e de tecido magro em cada pixel avaliado (79,82).

Esta técnica baseia-se em 3 pressupostos: (a) a gordura e o tecido magro isento de osso estão associados a uma atenuação dos raios X diferente (79,81), (b) a espessura antero-posterior não influencia os valores obtidos e (c) a área avaliada é representativa de toda a área corporal, considerando-se que cada região do corpo é igual em termos de volume (79).

Existem 3 versões de equipamentos de DEXA que diferem no software e hardware e baseiam-se em diferentes pressupostos que condicionam a obtenção de resultados díspares. Para idades pediátricas existe um software específico, não validado para avaliar crianças pré-termo (79).

Assume-se que a quantidade de água do tecido magro isento de osso é constante e igual a 73% para adultos saudáveis. Nas crianças a hidratação deste tecido é mais elevada e sofre mudanças rápidas, principalmente nos primeiros anos de vida, o que pode constituir um dos principais erros quando se usa o DEXA nestas idades (79). Porém, em condições habituais, é pequeno o erro na estimativa da quantidade de gordura associado a diferenças na hidratação do tecido magro, (77) sendo inferior a 1% mesmo em crianças muito pequenas (82).

Outros factores que poderão influenciar a determinação da composição corporal por DEXA são o tamanho corporal e a maturação do esqueleto (82), a dificuldade em delimitar correctamente o mapa ósseo em crianças, a idade, o sexo e a etnia (83).

A aplicação deste método em crianças pode estar dificultada pela necessidade de imobilização durante a avaliação (77).

CONCLUSÃO

Actualmente, estão disponíveis diversos métodos e técnicas que permitem a avaliação da composição corporal na infância: antropometria, ressonância magnética, bioimpedância eléctrica, pletismografia, osteodensitometria bifotónica (DEXA) e condução eléctrica corporal total (TOBEC). A selecção destes métodos deverá considerar (a) o objectivo da avaliação, nomeadamente se é pretendida uma avaliação global ou de um compartimento específico, (b) as características da população a avaliar, em particular a idade, e a existência de padrões de referência validados, e (c) a logística inerente ao método, de que são exemplo os custos, a disponibilidade do equipamento e facilidade de aplicação, de modo a serem obtidos resultados rigorosos e fiáveis.

Apesar das vantagens que os métodos mais sofisticados apresentam, nomeadamente no rigor e especificidade na avaliação de diferentes compartimentos corporais, estes continuam a ser utilizados quase exclusivamente para fins de investigação, continuando os métodos antropométricos a serem os mais utilizados na prática clínica.

REFERÊNCIAS

1 - Butte NF, Hopkinson JM, Wong WW, Smith EO, Ellis KJ. Body composition during the first 2 years of life: an updated reference. Pediatr Res 2000;47:578-85.

2 - Heyward VH, Stolarczyk LM. Body composition and children. In: Applied body composition assessment. Champaign, IL: Human Kinetics 1996; p. 90-8.

3 - Sainz RD, Urlando A. Evaluation of a new pediatric air-displacement plethysmography for body composition assessment by means of chemical analysis of bovine tissue phantoms. Am J Clin Nutr 2003;77:364-70.

4 -Catalano PM, Thomas AJ, Avallone DA, Amini SB. Anthropometric estimation of neonatal body composition. Am J Obstet Gynecol 1995;173:1176-81.

5 - Olhager E, Flinke E, Hannerstad U, Forsum E. Studies on human body composition during the first 4 months of life using magnetic resonance imaging and isotope dilution. Pediatr Res 2003;54:906-12.

6 - Baur LA. Body composition measurement in normal children: ethical and methodological limitations. Asia Pacific J Clin Nutr 1995;4:35-8.

7 - Wells JCK. A critique of the expression of paediatric body composition data. Arch Dis Child 2001;85:65-72.

8 - Uthaya S, Bell J, Modi N. Adipose tissue magnetic resonance imaging in the newborn. Horm Res 2004; 62(Suppl 3):143-8.

9 - Nicholson JC, McDuffie JR, Bonat SH, Russell DL, Boyce KA, McCann S. Estimation of Body Fatness by Air Displacement Plethysmography in African American and White Children. Pediatr Res 2001;50:467-73.

10 - Stettler N, Zemel BS, Kumanyika S, Stallings VA. Infant weight gain and childhood overweight status in a multicenter, cohort study. Pediatrics 2002;109:194-9.

11 - Barker DJ. Early growth and cardiovascular disease. Arch Dis Child 1998;80:305-7.

12 - Hypponen E, Kenward MG, Virtanen SM. Infant feeding, early weight gain, and risk of type 1 diabetes. Diabetes Care 1999;22:1961-5.

13 - Filicori M, Cognigni GE, Gamberini E, Troilo E, Parmegiani L, Bernardi S. Impact of medically assisted fertility on preterm birth. BJOG 2005;112:S113-7.

14 - Yao M, Nommsen-Rivers L, Dewey K, Urlando A. Preliminary evaluation of a new pediatric air displacement plethysmograph for body composition assessment in infants. Acta Diabetol 2003;40:S55-8.

15 - Urlando A, Dempster P, Aitkens S. A New Displacement Plethysmograph for the Measurement of Body Composition in Infants. Pediatr Res 2003;53:486-92.

16 - Heyward VH, Stolarczyk LM. Body composition Basics. In: Applied body composition assessment. Champaign, IL: Human Kinetics 1996;2-20.
17 - Reilly JJ. Assessment of Body Composition in Infants and Children. Nutrition 1998;14:821-5.
18 - Ellis KJ. Body Composition in Early Infancy: A Review. In: A White Paper Prepared for the Food Advisory Committee on Infant Formula Food and Drug Administration 2002, (online). Available from: URL: http://www.fda.gov/ohrms/dockets/ac/02/briefing/3903b1-03.pdf [accessed 2005 Apr 23].
19 - Foster BJ, Leonard MB. Measuring nutritional status in children with chronic kidney disease. Am J Clin Nutr 2004;80:801-14.
20 - Wang Z, Heshka S, Pierson R, Heymsfield S. Systematic organization of body-composition methodology: an overview with emphasis on component-based methods. Am J Clin Nutr 1995;61:457-65.
21 - Falcão MC. Avaliação nutricional do recém-nascido. Pediatria (São Paulo) 2000;22:233-9.
22 - Report of a WHO Expert Committee. Physical Status. The use and interpretation of anthropometry. Geneva: World Health Organization;1995.
23 - Zemel BS, Riley EM, Stallings VA. Evaluation of Methodology for Nutritional Assessment in Children: Anthropometry, Body Composition, and Energy Expenditure. Annu Rev Nutr 1997;17:211-35.
24 - Onis M. Measuring nutritional status in relation to mortality. Bull World Health Organ 2000;78:1271-4.
25 - Pereira-da-Silva L, Gomes JV, Clington A, Videira-Amaral JM, Bustamante SA. Upper arm measurements of healthy neonates comparing ultrasonography and anthropometric methods. Early Hum Dev 1999;54:117-28.
26 - Rondó PHC, Tomkins AM. Maternal and neonatal anthropometry. Ann Trop Paediatr 1999;19:349-56.
27 - Eckhardt CL, Adair LS, Caballero B, Avilla J, Kon IY, Wang J. Estimating Body Fat from Anthropometry and Isotopic Dilution: A Four-Country Comparison. Obes Res 2003;11:1553-61.
28 - Onis M, Blössner M. The World Health Organization Global Database on Child Growth and Malnutrition: Methodology and applications. Int J Epidemiol 2003;32:518-26.
29 - Onis M, Wijnhoven T, Onyango A. Worlwide practices in child growth monitoring. J Pediatr 2004;144:461-5.
30 - Safak SY, Turgut HB. Weight, Length, Head, and Face Measurements in Turkish Newborns of Central Anatolia. Gazi Medical Journal 1998;9:116-20.
31 - Bettiol H. Neonatal anthropometry and neonatal outcome. Sao Paulo Med J 2003;121:147-8.
32 - Yajnik CS, Fall CHD, Coyaji KJ, Hirve SS, Rao S, Barker DJP. Neonatal anthropometry: the thin-fat Indian baby. The Pune Maternal Nutrition Study. Int J Obes Relat Metab Disord 2003;27:173-80.
33 - Roje D, Ivo B, Ivica T, Mirjana V, Vesna C, Aljosa B. Gestational Age - The Most Important Factor of Neonatal Ponderal Index. Yonsei Med J 2004;45:273-80.
34 - Anderson DM. Nutrition for the Low-Birth-Weight Infant. In: Mahan LK, Escott-Stump S, editors. Krause's Food Nutrition & Diet Therapy. 10th ed. Philadelphia PA: WB Saunders 2000; p.214-38.
35 - Filho JCL, Lira PIC. Estudo da proporcionalidade corporal de recém-nascidos a termo segundo o Índice Ponderal de Rohrer e grau de retardo de crescimento intra-uterino. Cad Saúde Pública 2003;19:1603-10.
36 - Lubchenco L, Hansman C, Boyd E. Intrauterine growth in length and head circumference as estimated from live birth at gestational ages from 26 to 42 months. Pediatrics 1966;37:265-71.
37 - Kac G, Santos RV. Crescimento físico em estatura de escolares de ascendência japonesa na cidade de São Paulo, Brasil. Cad Saúde Pública 1996;12:253-7.
38 - National Center for Health Statistics. Use and Interpretations of the CDC Growth Charts An Instructional Guide, (online(. Available from: URL:
http://www.cdc.gov/nccdphp/dnpa/growthcharts/guide.htm [accessed 2005 Mai 20].
39 - Cole TJ, Bellizzi MC, Flegal KM, Dietz WH. Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide: international survey. BMJ 2000;320:1240 (online). Available from: http://bmj.bmjjournals.com/cgi.
40 - Sasanow S, Georgieff M, Pereira G. Mid-arm circumference and mid-arm circumference/ head circumference ratios: standard curves for anthropometric assessment of neonatal status. J Pediatr 1986;109:311-5.
41 - Baumgartner RN. Electrical impedance and total body electrical conductivity. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. Human Body Composition. Champaign, IL: Human Kinetics 1996. p.79-102.
42 - Nagano M, Suita S, Yamanouchi T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutritional assessment in children. J Pediatr Surg 2000;35:1035-9.
43 - Ginies JL, Goulet O. Composition Corporelle: Étude Des Compartiments. In: Ricour C, Ghisolfi J, Putet G, Goulet O, editors. Traité de Nutrition Pédiatrique. Maloine 1993. p. 403-20.
44 - Schmelzle HR, Fusch C. Body fat neonates and young infants: validation of skinfold thickness versus dual-energy X-ray absorptiometry. Am J Clin Nutr 2002; 76: 1096-100.
45 - Liedtke RJ. The Principles of Bioelectrical Impedance Analysis. RJL Internal Publications 1997.
46 - Kyle UG, Bosaeus I, Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, Heitmann BL, Kent-Smith L. Bioelectrical impedance analysis- part I: review of principles and methods. Clin Nutr 200423:1226-43.
47 - Buchholz AC, Bartok C, Scholler DA. The validity of bioelectrical impedance models in clinical populations. Nutr Clin Pract 2004;19:433-46.
48 - Picolli A, Pillon L, Dumler F. Impedance vector distribution by sex, race, body mass index, and age in the United States: standard reference intervals as a bivariate z scores. Nutrition 2002;18:153-67.
49 - Ellis KJ, Bell SJ, Chertow GM, Chumlea WC, Knox TA, Kotler DP. Bioelectrical impedance methods in Clinical research: a follow-up to the NIH technology assessment conference. Nutrition 1999;15:874-80.
50 - Demura S, Sato S, Kitabayashi. Percentage of total body fat as estimated by three automatic bioelectrical impedance analysers. J Physiol Anthropol Appl Human Sci 2004; 23:93-9.
51 - Dittamar M. Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. Am J Hum Biol 2004;16:593-7.
52 - Lukaski HC, Siders WA. Validity and accuracy of regional bioelectric impedance devices to determine whole-body fatness. Nutrition 2003:19:851-7.
53 - Tang W, Ridout D, Modi N. Assessment of total body water using bioelectric impedance analysis in neonates receiving intensive care. Arch Dis Child 1997;77:F123-6.

54 - Pietrobelli A, Andreoli A, Cervelli V, Carbonelli MG, Peroni DG, De Lorenzo A. Predicting fat-free mass in children using bioimpedance analysis. Acta Diabetol 2003;40:S212-5.
55 - Heyward VH, Stolarczyk LM. Bioelectrical impedance method. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. Human Body Composition. Champaign, IL: Human Kinetics 1996. p.44-55.
56 - Gartner A. Reference BIA data in neonates and young infants. Nutrition 2003;19:558-62.
57 - Butte N, Heinz C, Hopkinson J, Wong W, Shypailo R, Ellis K. Fat mass in infants and toddlers: comparability of total body water, total body potassium, total body electrical conductivity, and dual-energy X-ray absorptiometry. J Pediatr Gastroenterol Nutr 1999;29:184-9.
58 - Cochran W, Klish W, Wong W, Klein P. Total body electrical conductivity used to determine to determine body composition in infants. Pediatr Res 1986;20:561-4.
59 - Bruin N, Westerterp K, Degenhart H, Visser H. Measurement of fat-free mass in infants. Pediatr Res 1995;38:411-7.
60 - Fiorotto M, Klish W. Total body electrical conductivity measurements in the neonate. Clin Perinatol 1991;18:611-27.
61 - Winston K. Body composition measurements during infancy. Ann N Y Acad Sci 2000;904:383-92.
62 - Shaikh MS, Lombay B. Fetal MRI: reviewing the history, indications, technique, safety and drawbacks. J Coll Physicians Surg Pak 2004;14:576-9.
63 - Gong QY, Roberts N, Garden AS, Whitehouse GH. Fetal and fetal brain volume estimation in the third trimester of human pregnancy using gradient echo MR imaging. Magn Reson Imaging 1998;16:235-40.
64 - Uotila J, Dastidar P, Heinonen T, Ryymin P, Punnonen R, Laasonen E. Magnetic resonance imaging compared to ultrasonography in fetal weight and volume estimation in diabetic and normal pregnancy. Acta Obstet Gynecol Scand 2000;70:255-9.
65 - Kubik-Huch RA, Wildermuth S, Cettuzzi, Rake A, Seifert B, Chaoui R. Fetus and uteroplacental unit: fast MR imaging with three-dimensional reconstruction and volumetry - feasibility study. Radiology 2001;219:567-73.
66 - Safety code 26: Guidelines on exposure to electromagnetic fields from magnetic resonance clinical systems. Minister of National Health and Welfare. Canada, (online). Available from: URL:http://www.hc-sc.gc.ca/hecs-sesc/ccrpb/pdf/87ehd127.pdf [accessed 2005 Mai 15].
67 - Olhager E, Thuomas K, Wigstrom L, Forsum E. Description and evaluation of a method based on magnetic resonance imaging to estimate adipose tissue volume and total body fat in infants. Pediatr Res 1998;44:572-7.
68 - Kabir N, Forsum E. Estimation of total body fat and subcutaneous adipose tissue in full-term infants less than 3 months old. Pediatr Res 1993;34:448-54.
69 - Baker GL. Human adipose tissue composition and age. Am J Clin Nutr 1969;22:829-35.
70 - Olhager E, Forsum E. Total energy expenditure, body composition and weight gain in moderately preterm and full-term infants at term postconceptional age. Acta Paediatr 2003;92:1327-34.
71 - Baker PN, Johnson IR, Gowland PA, Hykin J, Harvey PR, Freeman A. Fetal weight estimations by echo-planar magnetic resonance imaging. The Lancet 1994;343:644-5.
72 - De Wilde JP, Rivers AW, Price DL. A review of the current use of magnetic resonance imaging in pregnancy and safety implications for the fetus. Progress in Biophysics and Molecular Biology 2005;87:335-53.
73 - Fields DA, Goran MI, McCrory MA. Body-composition assessment via air-displacement plethysmography in adults and children: a review. Am J Clin Nutr 2002;75:453-67.
74 - Nicholson JC, Mcduffie JR, Bonat SH, Russell DL, Boyce KA, McCann S et al. Estimation of body fatness by air displacement plethysmography in African American and white children. Pediatr Res 2001;50:467-73.
75 - Ma G, Yao M, Liu Y, Lin A, Zou H, Urlando A et al. Validation of a new pediatric air-displacement plethysmograph for assessing body composition in infants. Am J Clin Nutr 2004;79:653-60.
76 - Wells JCK, Fuller NJ, Fewtrell MS, Cole TJ. Evaluation of air-displacement plethysmography in children aged 5-7 years using a three-component model of body composition. Br J Nutr 2003;90:699-707.
77 - Wong W, Hergenroeder A, Stuff J, Butte N, Smith E, Ellis K. Evaluating body fat in girls and female adolescent: advantages and disadvantages of dual-energy X-ray absorptiometry. Am J Clin Nutr 2002;76:384-9.
78 - Stephen AB, Pye D, Lyons A R, Oni JA, Davis TRC. Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA): can it detect acute scaphoid fractures? J Hand Surg 2005;30B:83-4.
79 - Lohman TG. Dual-energy x-ray absorptiometry. In: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman TG, editors. Human Body Composition. Champaign, IL: Human Kinetics 1996. p. 63-78.
80 - Gotfredsen A, Baeksgaard L, Hilsted J. Body composition analysis by DEXA by using dynamically changing samarium filtration. Appl Physiol 1997;82:1200-9.
81 - Laskey M, Phil D. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition. Nutrition 1996;12:45-51.
82 - Testolin CG, Gore R, Rivkin T, Horlick M, Arbo J, Wang Z, Chiumello G, Heymsfield SB. Dual-energy x-ray absorptiometry: analysis of pediatric fat estimate errors due to tissue hydration effects. J Appl Physiol 2000; 89:2365-72.
83 - Gafni RI, Baron J. Overdiagnosis of osteoporosis in children due to misinterpretation of dual-energy x-ray absorptiometry (DEXA). J Pediatr 2004;144:253-7.

Correspondência:
Dr.ª Elisabete Pinto
Serviço de Higiene e Epidemiologia
Faculdade de Medicina do Porto
Alameda Prof. Hernâni Monteiro
4000-319 Porto

e-mail: ecbpinto@med.up.pt