



ARTIGO ORIGINAL

## Fat mass index performs best in monitoring management of obesity in prepubertal children<sup>☆,☆☆</sup>



Luís Pereira-da-Silva<sup>a,\*</sup>, Mónica Pitta-Grós Dias<sup>a</sup>, Elisabete Dionísio<sup>a</sup>, Daniel Virella<sup>b</sup>, Marta Alves<sup>b</sup>, Catarina Diamantino<sup>c</sup>, Anabela Alonso<sup>c</sup> e Gonçalo Cordeiro-Ferreira<sup>a,c</sup>

<sup>a</sup> Laboratório de Nutrição, Hospital de Dona Estefânia, Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal

<sup>b</sup> Unidade de Pesquisa, Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal

<sup>c</sup> Ambulatório de Crianças Obesas Pré-Púberes, Hospital de Dona Estefânia, Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal

Recebido em 22 de julho de 2015; aceito em 9 de novembro de 2015

### KEYWORDS

Body mass index;  
Fat mass index;  
Monitoring;  
Percentage of fat mass;  
Prepubertal children;  
Obesity

### Abstract

**Objective:** An early and accurate recognition of success in treating obesity may increase the compliance of obese children and their families to intervention programs. This observational, prospective study aimed to evaluate the ability and the time to detect a significant reduction of adiposity estimated by body mass index (BMI), percentage of fat mass (%FM), and fat mass index (FMI) during weight management in prepubertal obese children.

**Methods:** In a cohort of 60 prepubertal obese children aged 3–9 years included in an outpatient weight management program, BMI, %FM, and FMI were monitored monthly; the last two measurements were assessed using air displacement plethysmography. The outcome measures were the reduction of >5% of each indicator and the time to achieve it.

**Results:** The rate of detection of the outcome was 33.3% (95% CI: 25.9–41.6) using BMI, significantly lower ( $p < 0.001$ ) than either 63.3% using %FM (95% CI: 50.6–74.8) or 70.0% (95% CI: 57.5–80.1) using FMI. The median time to detect the outcome was 71 days using FMI, shorter than 88 days using %FM, and similar to 70 days using BMI. The agreement between the outcome detected by FMI and by %FM was high ( $\kappa = 0.701$ ), but very low between the success detected by BMI and either FMI ( $\kappa = 0.231$ ) or %FM ( $\kappa = 0.125$ ).

**Conclusions:** FMI achieved the best combination of ability and swiftness to identify reduction of adiposity during monitoring of weight management in prepubertal obese children.

© 2016 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2015.11.003>

<sup>☆</sup> Como citar este artigo: Pereira-da-Silva L, Pitta-Grós Dias M, Dionísio E, Virella D, Alves M, Diamantino C, et al. Fat mass index performs best in monitoring management of obesity in prepubertal children. J Pediatr (Rio J). 2016;92:421–6.

<sup>☆☆</sup> Estudo atrelado ao Laboratório de Nutrição, Hospital de Dona Estefânia, Centro Hospitalar de Lisboa Central, Lisboa, Portugal.

\* Autor para correspondência.

E-mail: [l.pereira.silva@chlc.min.saude.pt](mailto:l.pereira.silva@chlc.min.saude.pt) (L. Pereira-da-Silva).

**PALAVRAS-CHAVE**

Índice de massa corporal;  
Índice de massa gorda;  
Monitoramento;  
Percentual de massa gorda;  
Crianças pré-púberes;  
Obesidade

## Índice de massa gorda apresenta melhor desempenho no monitoramento do tratamento da obesidade em crianças pré-púberes

**Resumo**

**Objetivo:** O reconhecimento precoce e preciso do sucesso no tratamento da obesidade pode aumentar a adesão de crianças obesas e suas famílias a programas de intervenção. Este estudo observacional prospectivo visa a avaliar a capacidade e o tempo de detecção de uma redução significativa na adiposidade estimada pelo índice de massa corporal (IMC) no percentual de massa gorda (% MG) e no índice de massa gorda (IMG) durante o controle de peso em crianças obesas pré-púberes.

**Métodos:** Em uma coorte de 60 crianças obesas pré-púberes entre três e nove anos, incluídas em um programa ambulatorial de controle de peso, o IMC, o % MG e o IMG foram monitorados mensalmente e as duas últimas medições avaliadas foram feitas com pletismografia por deslocamento de ar. As medições resultantes foram redução de > 5% de cada indicador e atingir o tempo para tanto.

**Resultados:** A taxa de detecção do resultado foi de 33,3% (IC de 95% 25,9-41,6) com o uso de IMC, significativamente menor ( $p < 0,001$ ) do que 63,3% com % MG (IC de 95% 50,6-74,8) ou 70,0% (IC de 95% 57,5-80,1) com IMG. O tempo médio para detectar o resultado foi de 71 dias com o IMG, menos do que 88 dias com %MG e semelhante a 70 dias com o IMC. A concordância entre o resultado detectado pelo IMG e pelo % MG foi elevada ( $\kappa = 0,701$ ), porém muito baixa entre o sucesso detectado pelo IMC e pelo IMG ( $\kappa = 0,231$ ) ou %MG ( $\kappa = 0,125$ ).

**Conclusões:** O IMG atingiu a melhor combinação de capacidade e precocidade para identificar redução na adiposidade durante o monitoramento do controle de peso em crianças obesas pré-púberes.

© 2016 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

**Introdução**

Apesar da definição de obesidade ter como base excesso de adiposidade,<sup>1</sup> a melhor medição para o nível de gordura corporal continua controversa.<sup>2</sup> A heterogeneidade das medições resultantes usadas para avaliar a eficácia das intervenções na obesidade infantil dificultou a comparação entre os resultados.<sup>3</sup>

Em pesquisas com população em grande escala ou exame clínicos ou de saúde pública, o índice de massa corporal (IMC) é comumente usado como uma medida substituta do conteúdo de gordura corporal<sup>1,4</sup> e normalmente é ajustada para idade e sexo e é expressa em percentil ou escores z.<sup>5</sup> Apesar de o IMC ser um bom índice de risco cardiometabólico, ele pode não ser um bom índice de adiposidade.<sup>6</sup> Em uma metanálise recente, constatou-se que o IMC tem elevada especificidade, porém baixa sensibilidade na detecção de excesso de adiposidade em crianças.<sup>7</sup> O IMC pode ser particularmente enviesado como um informante secundário na avaliação longitudinal de adiposidade em crianças, pois há fortes correlações entre o IMC e os componentes de peso, exceto massa gorda (MG), como massa magra e massa óssea.<sup>6,8</sup> Além disso, não ficou claro que o monitoramento de uma criança juntamente com determinado percentil de IMC também manterá essa posição na distribuição de gordura corporal.<sup>9</sup> Consequentemente, o IMC pode não ser recomendado para monitorar as alterações na adiposidade em crianças.<sup>9-11</sup>

O percentual de massa gorda (% MG), definido como massa gorda/peso corporal  $\times 100$ , foi comumente usado como um índice mais confiável de adiposidade ajustada ao corpo/tamanho.<sup>1</sup> Por ser uma proporção, com MG incluída em numerador e denominador (como componentes da massa corporal), o % MG pode ser difícil de interpretar como medida de adiposidade<sup>2</sup> ou indicador de suas alterações.<sup>9</sup> Ajustar a MG a uma medida de tamanho corporal não relacionada, como uma medida linear (ou seja, altura), foi algo sugerido como estratégia para melhorar a interpretação.<sup>12</sup> O índice de MG (IMG), definido como MG (kg) dividido pela altura ao quadrado ( $m^2$ ), foi proposto para melhor discriminar a adiposidade que a % FM<sup>2</sup> e foram publicados os valores de referência para crianças.<sup>8,13</sup>

A pletismografia por deslocamento de ar (PDA) é um modelo de dois compartimentos confiável para avaliar as mudanças na adiposidade em crianças com medição da MG e o % de MG.<sup>14</sup> O modelo foi validado em crianças entre sete e 10 anos.<sup>15</sup>

A tomada de conhecimento do IMC, do % de MG e do IMG na detecção de mudanças na adiposidade foi avaliada e comparada em crianças em crescimento,<sup>9-11,16</sup> porém os dados são escassos no preenchimento desses indicadores em crianças obesas que participam de programas de controle de peso.<sup>17</sup> Postulamos que o reforço positivo precoce contribuirá para o sucesso dos programas de controle de peso.

Este estudo avalia a tomada de conhecimento do IMC, do % de MG e do IMG no monitoramento de mudanças na adiposidade durante a intervenção de controle de peso em

**Tabela 1** Avaliações da composição corporal antes e depois da intervenção do controle de peso

	Intervenção	Sexo feminino	Sexo masculino	Total
Escore z de IMC	Antes	3,27 (0,89)	4,46 (1,65)	3,78 (1,39)
média (DP)	Depois	2,91 (0,82)	4,15 (1,91)	3,45 (1,52)
% MG	Antes	37,9 (28,0-47,7)	39,3 (26,8-52,9)	38,3 (26,8-52,9)
média (mín.-máx.)	Depois	34,8 (23,4-45,1)	36,5 (24,7-52,5)	35,3 (23,4-52,5)
IMG	Antes	8,7 (6,2-13,2)	9,8 (6,0-19,7)	9,0 (6,0-17,9)
média (mín.-máx.)	Depois	7,4 (5,1-12,8)	8,9 (5,1-17,8)	8,0 (5,1-17,8)

IMC, índice de massa corporal; % MG, percentual de massa gorda; IMG, índice de massa gorda.

crianças obesas pré-púberes para identificar qual indicador tem a maior taxa de detecção precoce de redução na adiposidade. Presumimos que o IMG tem melhor indicador precoce de redução na adiposidade que o % MG e IMC.

## Métodos

Este estudo observacional prospectivo incluiu uma coorte de conveniência de 60 crianças obesas pré-púberes (34 meninas) encaminhadas, durante um ano, para um ambulatório hospitalar pediátrico terciário para tratamento de obesidade infantil confirmada. Obesidade foi definida como IMC acima de percentil 95 para a idade e o sexo.<sup>18,19</sup> O fator puberdade foi excluído com base nos estágios Tanner.<sup>20</sup> A idade média no recrutamento foi de 7,6 anos (três a nove), sem diferença estatística entre os sexos. O estudo foi aprovado pelo comitê de ética da instituição.

Um programa de controle de peso padronizado foi aplicado a todos os pacientes em conformidade com o protocolo ambulatorial, incluindo prescrições orais e escritas para: 1) uma dieta planejada ou um plano alimentar diário com macronutrientes balanceados, em proporções compatíveis com as recomendações sobre Ingestão Alimentar de Referência para a idade, principalmente alimentos com baixo teor calórico, como os com quantidade elevada de fibras ou teor de água;<sup>21,22</sup> e 2) prática de exercícios superior a uma hora por dia pelo menos três vezes por semana.<sup>23</sup> As prescrições e as avaliações agendadas foram feitas pelo mesmo pediatra (CD) e pelo mesmo nutricionista (AA).

Essas crianças foram avaliadas no Laboratório de Nutrição para medição antropométrica e da composição corporal na internação e foram agendadas para acompanhamento mensal. Indivíduos desconformes com esse agendamento não foram incluídos na análise. Nenhuma avaliação adicional foi feita propositadamente para este estudo. A massa corporal, medida pelo equipamento Bod Pod (Life Measurements, Concorde, CA, EUA), foi considerada de acordo com o peso corporal. A altura foi verificada com o Estadiômetro de Parede Seca 240 (3M, A&D Medical, MS, EUA) pelo mesmo observador treinado (ED), de acordo com a técnica recomendada,<sup>24</sup> e a média das três medições foi registrada para análise. O Sistema Anthro Plus da OMS (<http://who-anthroplus.software.informer.com/>) foi usado no cálculo do IMC e dos escores z do IMC.

A composição corporal foi medida pelo mesmo observador (MPGD) com o método PDA (Bod Pod, Life Measurements, Concorde, CA, EUA). De acordo com as instruções do fabricante, as medições foram obtidas com os indivíduos apenas

com roupas de banho apertadas e touca de natação. Esse método mede a massa corporal, a MG e a massa magra (MM) expressas em Kg, com precisão de 0,1 Kg. O % MG é calculado pelo equipamento e se pressupõem uma densidade de gordura de 0,9007 kg/L e densidades específicas para idade e sexo pré-determinadas de MM.<sup>14</sup> O IMG foi calculado como MG (kg) dividido pela altura ao quadrado (m<sup>2</sup>).

O desfecho primário foi a taxa de detecção da redução de 5% na adiposidade por cada indicador (IMC, % MG e IMG), um limite de conveniência. O tempo (dias) para atingir a detecção da redução de 5% na adiposidade foi um desfecho secundário. A precisão da taxa de detecção é fornecida pelo intervalo de confiança de 95% (IC), calculado com o Open Epi (Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, GA, EUA), e as proporções foram comparadas com o teste qui-quadrado ou o exato de Fisher, conforme indicado. O tempo para atingir a detecção em toda a amostra e para cada indicador foi descrito com as curvas de sobrevida de Kaplan-Meier. O tempo para atingir a detecção da redução de 5% na adiposidade, caso ocorra, foi descrito com a média e os extremos de cada indicador de adiposidade e comparados com o teste de Kruskal-Wallis. A estatística kappa (k) de Cohen foi usada para medir a relação entre os casos detectados por cada indicador de adiposidade. As estatísticas foram calculadas com o SPSS 22.0 (IBM Corp. – Armonk, NY, EUA).

## Resultados

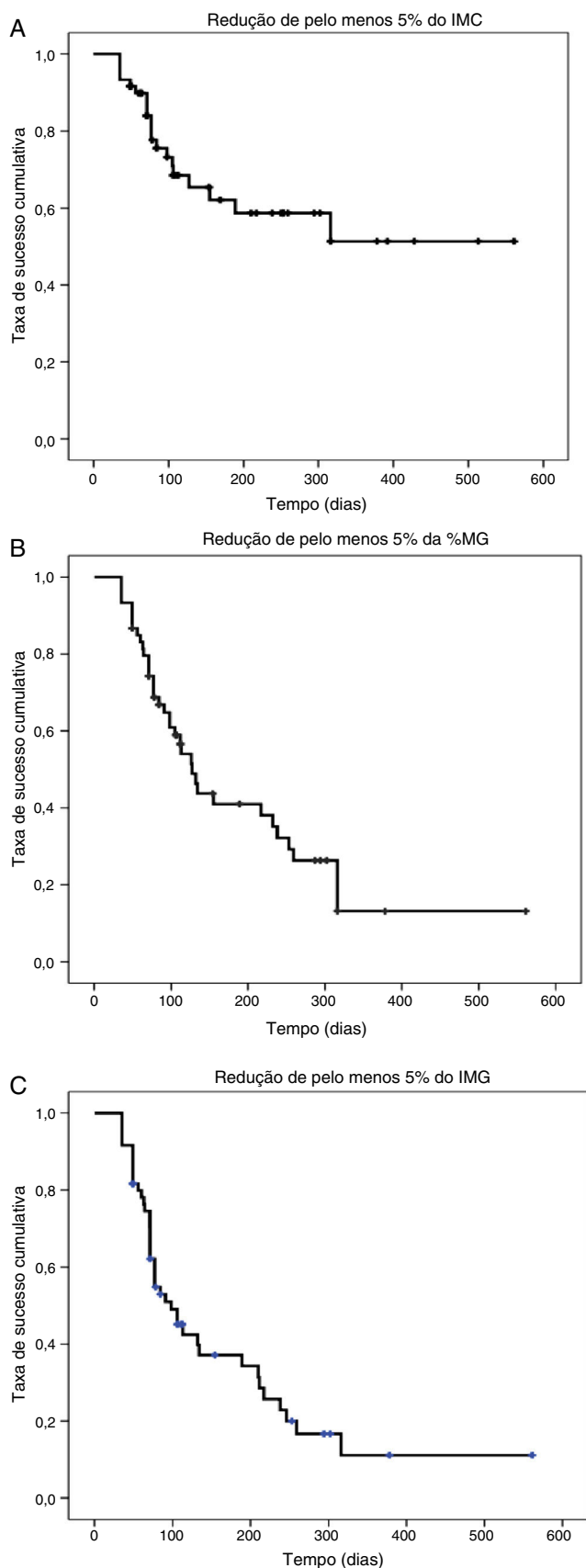
O tempo médio (extremos) de acompanhamento das crianças recrutadas foi de 105 (35-561) dias.

A composição corporal avaliada antes da intervenção e o no término do acompanhamento é apresentada na [tabela 1](#).

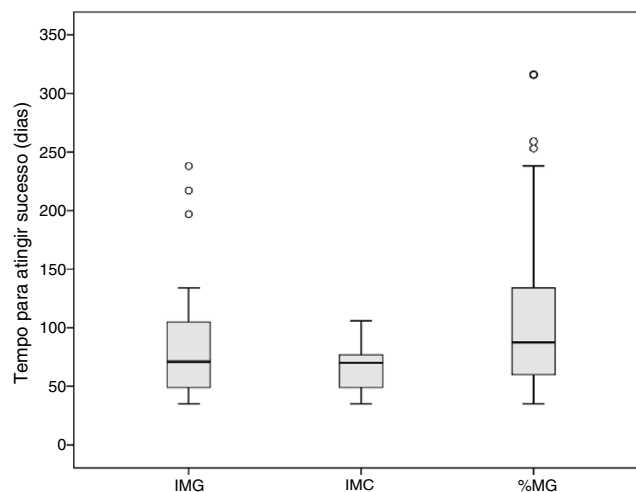
As taxas de detecção da redução de 5% na adiposidade foram 33,3% (CI de 95% 25,9-41,6) com IMC, 63,3% (IC de 95% 50,6-74,8) com % MG e 70% (IC de 95% 57,5-80m1) com IMG. A taxa de detecção foi significativamente menor com IMC ( $p < 0,001$ ), porém não apresentou diferença com % MG ou IMG ( $p = 0,657$ ).

A taxa de detecção com quaisquer dos indicadores não foi significativamente diferente entre os sexos.

O tempo para atingir a detecção com cada indicador em toda a amostra, expresso com curvas de sobrevida Kaplan-Meier, é apresentado na [figura 1](#). A detecção da redução de 5% na adiposidade em 50% da coorte foi feita nos 98 dias (IC de 95% 70-126) com o IMG e nos 127 dias (IC de 95% 102,9-151,1) com o % MG; menos de 50% da coorte atingiu o limite de detecção de redução na adiposidade com o IMC ([fig. 1](#)).



**Figura 1** Tempo para atingir o sucesso (redução  $\geq 5\%$  em cada indicador) em toda a amostra e para cada indicador (A: IMC, B: % MG, C: IMG); curvas de sobrevivência Kaplan-Meier.



**Figura 2** O tempo médio (extremos) para atingir o sucesso (redução de  $\geq 5\%$  em cada indicador) foi de 71 (35-238) dias com o IMG, 70 (35-316) dias com o IMC e 88 (35-316) dias com o % MG. O tempo médio para detectar sucesso com o IMC foi significativamente menor do que com o % MG (teste de Kruskal-Wallis;  $p = 0,009$ ).

O tempo médio para detectar a redução de 5% na adiposidade foi de 71 (35-238) dias com o IMG, semelhante a 70 (35-316) dias com o IMC ( $p = 223$ ) e, com fraca comprovação ( $p = 0,067$ ), inferior a 88 (35-316) dias com o % MG (fig. 2). O tempo médio para detectar a redução de 5% na adiposidade com o IMC foi significativamente mais curto do que com o % MG ( $p = 0,009$ ). Na coorte de homens, nenhuma diferença significativa no tempo de detecção da redução de 5% na adiposidade foi encontrada entre os indicadores. Na coorte de meninas, o tempo médio para detectar a redução de 5% na adiposidade foi significativamente mais curto com o IMC do que com o % MG ( $p = 0,018$ ). No recrutamento, a idade média das meninas nas quais foi detectada redução de 5% na adiposidade com o IMC foi de 7,8 anos, em comparação com seis anos para aquelas que não obtiveram sucesso (teste de Mann-Whitney,  $p = 0,083$ ); nenhuma diferença na idade foi constatada nos meninos.

A concordância entre a detecção da redução de 5% na adiposidade pelo IMG e pelo % MG foi elevada ( $k = 0,701$ ), porém muito baixa entre o sucesso detectado pelo IMG ou pelo % MG e IMC (respectivamente  $k = 0,231$  e  $k = 0,125$ ).

## Discussão

Nessa coorte prospectiva observacional de crianças obesas pré-púberes incluídas em um programa de controle de peso, a taxa de detecção de redução precoce na adiposidade com a estimativa de IMC foi baixa (33,3%). Por outro lado, foi constatado que o IMG e o % MG apresentam maior capacidade de detectar mudanças precoces na adiposidade (70% e 63,3%, respectivamente).

O tempo para detectar a redução na adiposidade foi mais curto para IMG e IMC do que para %MG. A melhor combinação de capacidade e precocidade para detectar uma redução significativa na estimativa de adiposidade foi atingida pelo IMG. O % MG apresentou boa capacidade para detectar a

mudança na adiposidade, porém levou mais tempo do que o IMG ou o IMC. Apesar de o IMC ter detectado mudança na adiposidade mais cedo, ele apresentou uma menor taxa de detecção do que os outros indicadores.

Este estudo visou a comparar o desempenho de três indicadores de adiposidade detectando diferentes com o passar do tempo, e não avaliar a eficácia do tratamento da obesidade. Além disso, a precisão dos indicadores de adiposidade estudados em crianças obesas já havia sido verificada com métodos padrão-ouro diferentes<sup>7,9</sup> e vai além do objetivo deste estudo.

Para avaliar a mudança na adiposidade, como resultado da intervenção de controle de peso em crianças em crescimento, os indicadores de desfecho podem ser medidos como unidades brutas, percentuais, escores z ou percentis; contudo, a adequação das diferentes medidas não é conhecida.<sup>10</sup> No melhor de seu conhecimento, nenhum escore z ou percentil está disponível para MG medida por PDA para essa faixa etária direcionada. Portanto, uma redução de 5% na magnitude dos indicadores estudados (IMC, % MG e IMG) foi considerada um atalho conveniente para indicadores de sucesso de curto prazo.

Na infância, o IMC apresenta diferentes desempenhos a depender de se a finalidade é detectar excesso de adiposidade, mudança na adiposidade na população geral ou mudança na adiposidade em crianças obesas que participam de programas de controle de peso. Em uma análise sistemática e metanálise, constatou-se que o IMC tem baixa sensibilidade e não conseguiu identificar mais de um terço de crianças com excesso de % MG.<sup>7</sup> Em alguns estudos de coorte foi relatado que o IMC tem baixa desempenho na detecção de mudanças na adiposidade na infância.<sup>9-11,16</sup> Por outro lado, foi constatado que os gráficos de IMC fornecem uma indicação razoavelmente precisa das mudanças na gordura corporal por meio de raios X de dupla energia (DXA) em criança obesas entre oito e 15 anos que participam de um programa de controle de peso.<sup>17</sup>

Variações paralelas da MG e do peso corporal podem reduzir o desempenho do % MG na detecção de mudanças na adiposidade<sup>9</sup> e o impacto de sua capacidade de monitorar a resposta ao tratamento de obesidade. O IMG, em associação com uma estimativa precisa da MG com medição de altura, ultrapassa sua interferência, possivelmente melhora seu desempenho na detecção de mudanças de curto prazo na adiposidade em crianças pré-púberes entre três e nove anos, nas quais a velocidade do peso é relativamente constante, e menor do que em outras faixas etárias.<sup>20</sup> As limitações do % MG e as vantagens do IMG já foram abordadas no diagnóstico de obesidade<sup>2,8,13</sup> e na identificação de mudanças na adiposidade em crianças.<sup>9</sup>

As intervenções no tratamento da obesidade em crianças incluíram intervenção alimentar e promoção de atividade física.<sup>25</sup> Os baixos níveis de adesão dos pacientes e das famílias influenciou o sucesso de algumas das intervenções.<sup>26</sup> O reforço positivo precoce pode aumentar a adesão de crianças obesas e de suas famílias. Usar o IMG ou o IMC para monitorar o tratamento detecta redução na adiposidade cerca de duas semanas antes do uso do % MG; contudo, o IMC não conseguir detectar a redução na adiposidade em mais da metade das crianças detectadas pelo IMG. Apesar de o IMG e o % MG detectarem redução na adiposidade a uma taxa semelhante, o aumento de tempo na detecção com %

MG atrasa em aproximadamente duas semanas a oportunidade de reforço positivo e pode, assim, interferir na adesão à intervenção e na eficácia.<sup>26</sup>

As limitações deste estudo devem ser reconhecidas. Primeiro, o recrutamento teve como base o diagnóstico clínico da obesidade, e não indicadores precisos de excesso de adiposidade, como índices com base na MG medida pela absorção de raios X de dupla energia.<sup>7</sup> A PDA foi validada em crianças entre sete e 10 anos,<sup>15</sup> porém não ainda em crianças mais novas, o que a torna não confiável para determinação do recrutamento de crianças obesas. Em vez disso, o IMC<sup>18</sup> foi usado no recrutamento, pois é o critério clínico mais amplamente usado para testar obesidade em crianças em ambulatorios.<sup>7</sup> Conceitualmente, isso pode ter introduzido um viés de seleção para inclusão de crianças com menos adiposidade, porém os elevados escores z do IMC na avaliação anterior à intervenção (tabela 1) tornam esse viés improvável. Segundo, a diferença entre os gêneros constatada durante o tempo de detecção de sucesso talvez se deva ao diferente tamanho de duas pequenas subamostras, pois foram incluídas apenas crianças pré-púberes e as taxas de detecção das medições de desfecho foram semelhantes. Contudo, não se pode excluir uma possível interferência na repercussão da adiposidade em mulheres, se considerarmos a fraca comprovação de que as mulheres que obtiveram sucesso com o IMC são mais velhas do que aquelas que não obtiveram sucesso.

Para concluir, a melhor combinação de capacidade e precocidade para identificar redução de 5% na adiposidade durante o monitoramento do controle de peso em crianças obesas pré-púberes foi atingida com o IMG. Esses dados sugerem que os ambulatorios especializados no tratamento de obesidade infantil equipados com métodos capazes de detectar com precisão mudanças precoces na MG podem fornecer reforço positivo mais cedo.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Agradecimentos

A Kayla M. Bridges, MS, RD, CSP, CNSC e Hospital da Criança St. John Providence, Detroit, Michigan, EUA, pela análise crítica do manuscrito.

## Referências

1. Lahti-Koski M, Gill T. Defining childhood obesity. In: Kiess W, Marcus C, Wabitsch M, editors. *Obesity in childhood and adolescence*, vol. 9. Basel, Karger: *Pediatr Adolesc Med.*; 2004. p. 1-19.
2. Cole TJ, Fewtrell MS, Prentice A. The fallacy of using percentage body fat as a measure of adiposity. *Am J Clin Nutr.* 2008;87:1959.
3. Collins CE, Warren J, Neve M, McCoy P, Stokes BJ. Measuring effectiveness of dietetic interventions in child obesity: a systematic review of randomized trials. *Arch Pediatr Adolesc Med.* 2006;160:906-22.
4. Gray DS, Fujioka K. Use of relative weight and body mass index for the determination of adiposity. *J Clin Epidemiol.* 1991;44:545-50.

5. Cole TJ, Lobstein T. Extended international (IOTF) body mass index cut-offs for thinness, overweight and obesity. *Pediatric Obes.* 2012;7:284–94.
6. Wells JC. Commentary: the paradox of body mass index in obesity assessment: not a good index of adiposity, but not a bad index of cardio-metabolic risk. *Int J Epidemiol.* 2014;43:672–4.
7. Javed A, Jumean M, Murad MH, Okorodudu D, Kumar S, Somers VK, et al. Diagnostic performance of body mass index to identify obesity as defined by body adiposity in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Pediatr Obes.* 2015;10:234–44.
8. Weber DR, Moore RH, Leonard MB, Zemel BS. Fat and lean BMI reference curves in children and adolescents and their utility in identifying excess adiposity compared with BMI and percentage body fat. *Am J Clin Nutr.* 2013;98:49–56.
9. Kakinami L, Henderson M, Chioloro A, Cole TJ, Paradis G. Identifying the best body mass index metric to assess adiposity change in children. *Arch Dis Child.* 2014;99:1020–4.
10. Cole TJ, Faith MS, Pietrobelli A, Heo M. What is the best measure of adiposity change in growing children: BMI, BMI %, BMI z-score or BMI centile? *Eur J Clin Nutr.* 2005;59:419–25.
11. Demerath EW, Schubert CM, Maynard LM, Sun SS, Chumlea WC, Pickoff A, et al. Do changes in body mass index percentile reflect changes in body composition in children? Data from the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics.* 2006;117:e487–95.
12. Wells JC, Cole TJ, ALSPAC study team. Adjustment of fat-free mass and fat mass for height in children aged 8 y. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2002;26:947–52.
13. Kelly TL, Wilson KE, Heymsfield SB. Dual energy X-ray absorptiometry body composition reference values from NHANES. *PLoS ONE.* 2009;4:e7038.
14. Elberg J, McDuffie JR, Sebring NG, Salaita C, Keil M, Robotham D, et al. Comparison of methods to assess change in children's body composition. *Am J Clin Nutr.* 2004;80:64–9.
15. Ittenbach RF, Buisson AM, Stallings VA, Zemel BS. Statistical validation of air-displacement plethysmography for body composition assessment in children. *Ann Hum Biol.* 2006;33:187–201.
16. Inokuchi M, Matsuo N, Takayama JI, Hasegawa T. BMI z-score is the optimal measure of annual adiposity change in elementary school children. *Ann Hum Biol.* 2011;38:747–51.
17. Rudolf MC, Krom AJ, Cole TJ. How good are BMI charts for monitoring children's attempts at obesity reduction? *Arch Dis Child.* 2012;97:418–22.
18. Who Multicentre Growth Reference Study Group. Enrolment and baseline characteristics in the WHO Multicentre Growth Reference Study. *Acta Paediatr Suppl.* 2006;450:7–15.
19. de Onis M, Onyango AW, Borghi E, Siyam A, Nishida C, Siekmann J. Development of a WHO growth reference for school-aged children and adolescents. *Bull World Health Organ.* 2007;85:660–7.
20. Tanner JM, Whitehouse RH. Clinical longitudinal standards for height, weight, height velocity, weight velocity, and stages of puberty. *Arch Dis Child.* 1976;51:170–9.
21. Krebs NF, Jacobson MS. Prevention of pediatric overweight and obesity. *Pediatrics.* 2003;112:424–30.
22. US Department of Health and Human Services, US Department of Agriculture. *Dietary Guidelines for Americans.* 6th ed. Washington, DC: Government Printing Office; 2005.
23. Strong WB, Malina RM, Blimkie CJ, Daniels SR, Dishman RK, Gutin B, et al. Evidence based physical activity for school-age youth. *J Pediatr.* 2005;146:732–7.
24. The National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES). *Anthropometry procedures manual.* CDC; 2011. [http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes\\_11\\_12/Anthropometry\\_Procedures\\_Manual.pdf](http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes_11_12/Anthropometry_Procedures_Manual.pdf)
25. Oude Luttikhuis H, Baur L, Jansen H, Shrewsbury VA, O'Malley C, Stolk RP, et al. Interventions for treating obesity in children. *Cochrane Database Syst Rev.* 2009;(1). CD001872.
26. Gibson LJ, Peto J, Warren JM, Silva IS. Lack of evidence on diets for obesity for children: a systematic review. *Int J Epidemiol.* 2006;35:1544–52.