



ARTIGO ORIGINAL

Evaluation of the predictive capacity of vertical segmental tetrapolar bioimpedance for excess weight detection in adolescents[☆]



Felipe Silva Neves, Danielle Aparecida Barbosa Leandro,
Fabiana Almeida da Silva, Michele Pereira Netto,
Renata Maria Souza Oliveira e Ana Paula Carlos Cândido*

Departamento de Nutrição, Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, Brasil

Recebido em 1 de setembro de 2014; aceito em 13 de janeiro de 2015

KEYWORDS

Adolescent health;
Body composition;
Electric impedance;
Obesity

Abstract

Objective: To analyze the predictive capacity of the vertical segmental tetrapolar bioimpedance apparatus in the detection of excess weight in adolescents, using tetrapolar bioelectrical impedance as a reference.

Methods: This was a cross-sectional study conducted with 411 students aged between 10 and 14 years, of both genders, enrolled in public and private schools, selected by a simple and stratified random sampling process according to the gender, age, and proportion in each institution. The sample was evaluated by the anthropometric method and underwent a body composition analysis using vertical bipolar, horizontal tetrapolar, and vertical segmental tetrapolar assessment. The ROC curve was constructed based on calculations of sensitivity and specificity for each point of the different possible measurements of body fat. The statistical analysis used Student's t-test, Pearson's correlation coefficient, and McNemar's chi-squared test. Subsequently, the variables were interpreted using SPSS software, version 17.0.

Results: Of the total sample, 53.7% were girls and 46.3%, boys. Of the total, 20% and 12.5% had overweight and obesity, respectively. The body segment measurement charts showed high values of sensitivity and specificity and high areas under the ROC curve, ranging from 0.83 to 0.95 for girls and 0.92 to 0.98 for boys, suggesting a slightly higher performance for the male gender. Body fat percentage was the most efficient criterion to detect overweight, while the trunk segmental fat was the least accurate indicator.

Conclusion: The apparatus demonstrated good performance to predict excess weight.

© 2015 Sociedade Brasileira de Pediatria. Published by Elsevier Editora Ltda. All rights reserved.

DOI se refere ao artigo:

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jpmed.2015.01.006>

[☆] Como citar este artigo: Neves FS, Leandro DA, Silva FA, Netto MP, Oliveira RM, Cândido AP. Evaluation of the predictive capacity of vertical segmental tetrapolar bioimpedance for excess weight detection in adolescents. J Pediatr (Rio J). 2015;91:551–9.

* Autor para correspondência.

E-mail: anapaula.candido@ufjf.edu.br (A.P.C. Cândido).

PALAVRAS-CHAVE

Saúde do adolescente;
Composição corporal;
Impedância elétrica;
Obesidade

Avaliação da capacidade preditiva da bioimpedância tetrapolar segmentada vertical na detecção do excesso de peso em adolescentes

Resumo

Objetivo: Analisar a capacidade preditiva da bioimpedância tetrapolar segmentada vertical na detecção do excesso de peso em adolescentes com o uso da bioimpedância tetrapolar horizontal como referência.

Métodos: Estudo transversal feito com 411 alunos de 10 a 14 anos, de ambos os sexos, matriculados em escolas públicas e privadas, selecionados por processo amostral aleatório simples e estratificados de acordo com sexo, idade e proporção em cada instituição. Foi feita avaliação antropométrica e analisada a composição corporal por meio das bioimpedâncias bipolar vertical, tetrapolar horizontal e tetrapolar segmentada vertical. Foram construídas as curvas ROC com base nos cálculos de sensibilidade/especificidade para cada ponto das diferentes medições possíveis de gordura corporal do equipamento em questão. Posteriormente, foram executados os seguintes testes estatísticos: *t* de Student, correlação de Pearson e qui-quadrado de McNemar. Para a interpretação das variáveis, usou-se o *software* SPSS 17.0.

Resultados: A amostra foi composta por 53,7% meninas e 46,3% meninos. Do total, 20% e 12,5% exibiram, respectivamente, sobrepeso e obesidade. Os gráficos das medidas dos segmentos corporais refletiram-se em altos valores de sensibilidade e especificidade, além de elevadas áreas sob a curva ROC, que variaram de 0,83 a 0,95 para meninas e de 0,92 a 0,98 para meninos, o que sugere um desempenho levemente superior para o sexo masculino. O percentual de gordura total foi apontado como o critério mais eficiente do equipamento para a detecção do excesso de peso, enquanto a gordura segmentar do tronco apresentou-se como um indicador de precisão inferior.

Conclusão: A aparelho comportou-se satisfatoriamente na predição do excesso de peso.

© 2015 Sociedade Brasileira de Pediatria. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Todos os direitos reservados.

Introdução

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), as atuais prevalências do excesso de peso entre os países em desenvolvimento, particularmente nas sociedades urbanas, já são tão altas quanto aquelas de regiões desenvolvidas.¹ A inatividade física e a prática assídua de dietas inadequadas destacam-se como os possíveis condicionantes para a elevação desses agravos.² Além disso, existem fortes indícios de que as doenças crônicas e metabólicas do adulto iniciam-se na infância, o que aumenta o requerimento do acompanhamento clínico e da vigilância nutricional para uma adequada avaliação da condição de saúde.³⁻⁵

Ao definir os métodos para a determinação do estado nutricional, devem-se eleger os que melhor detectem as alterações que se pretende corrigir na população em estudo.⁶⁻⁸ É importante considerar, ainda, os recursos financeiros envolvidos, o tempo e o nível de habilidade pessoal exigidos para executá-los, a receptividade por parte dos indivíduos analisados e os possíveis riscos vinculados aos processos metodológicos, como a exposição à radiação.^{9,10}

O uso de procedimentos laboratoriais oferece estimativas muito precisas sobre os componentes das massas de gordura e livre de gordura.⁹ No entanto, em razão do alto custo dos equipamentos, da sofisticação metodológica e das dificuldades de envolver os avaliados nos protocolos de medida, suas aplicações têm sido limitadas.^{10,11} As técnicas duplamente indiretas são menos rigorosas, porém apresentam melhor execução prática e menor custo e possibilitam que sejam

empregadas tanto em pesquisas de campo quanto em estudos clínicos. Nesse grupo, destacam-se as bioimpedâncias e a antropometria.^{11,12}

Embora as medidas do índice de massa corporal, das espessuras das pregas cutâneas e as de perímetro – circunferência da cintura, índice de conicidade e relações cintura/quadril e cintura/estatura – normalmente situem-se entre os métodos mais amplamente usados para a determinação da composição corporal de adolescentes, tanto em estudos populacionais quanto na avaliação nutricional individual, vale destacar que o desenvolvimento de métodos opcionais de bioimpedâncias verticais tornaram-se mais modernos, práticos e de baixo custo.⁹⁻¹² Em contrapartida, a real eficiência e a confiabilidade dos dados obtidos por meio desses equipamentos disponíveis na atualidade têm sido pouco pesquisadas.¹³

Logo, o presente trabalho tem como objetivo analisar, em uma amostra de adolescentes, a capacidade preditiva do aparelho de bioimpedância tetrapolar segmentada vertical na detecção do excesso de peso com o uso como método de referência da bioimpedância tetrapolar horizontal.

Métodos**População e desenho do estudo**

Um estudo epidemiológico transversal foi feito no ano letivo de 2012 em uma amostra representativa de adolescentes – de 10 a 14 anos – de ambos os sexos matriculados

nas escolas de ensino fundamental das redes públicas municipal, estadual e federal e da rede privada da área urbana do município de Juiz de Fora (MG). Os estudantes portadores de necessidades especiais da Associação de Pais e Amigos dos Alunos Excepcionais (Apae) não foram incluídos na amostragem.

Cálculo da amostra e processo de seleção

O cálculo do tamanho amostral baseou-se na consideração dos seguintes critérios: determinação de níveis desejáveis de precisão e significância, nessa ordem, de 2% e 5%; estabelecimento de uma prevalência de 8%¹⁴ de obesidade na faixa etária estudada e admissão de 20% de perdas, devido às eventuais ausências dos alunos nos dias das coletas de dados ou às recusas para participação (não consentimento do aluno ou dos pais/responsáveis).

O processo de seleção dos estudantes obedeceu a esta sequência: 1ª etapa (amostragem por conglomerado) – as instituições públicas e privadas foram escolhidas aleatoriamente em cada região do município; 2ª etapa (amostragem estratificada proporcional) – a definição do número de indivíduos por série escolar foi proporcional ao total de alunos em cada uma delas; 3ª etapa (amostragem aleatória simples) – a separação dos estudantes por unidade e série escolares atendeu a um sorteio aleatório até que fosse completada a quantidade necessária.

Avaliação antropométrica e medidas de composição corporal

Uma equipe de assistentes de pesquisa treinados (C.F.G., I.M.O., M.S.P., R.F.L., S.M.C., V.S.F.) fez as aferições das medidas antropométricas e conduziu as mensurações dos dados de composição corporal por meio das bioimpedâncias bipolar vertical, tetrapolar segmentada vertical e tetrapolar horizontal.

O estado nutricional dos adolescentes foi determinado por meio do índice de massa corporal por idade. O peso foi aferido com o aparelho Tanita Ironman® (modelo BC-553, Tanita®, Reino Unido), habilitado para fazer a medição da impedância bipolar e com capacidade máxima para 136 Kg; e a estatura, por meio do estadiômetro de campo Altorexata® (Altorexata®, MG, Brasil), com escala em centímetros e precisão de 1 mm. A circunferência da cintura – aferida no ponto médio entre a crista ilíaca e a última costela – foi obtida por meio de fita métrica simples e inelástica, de 1,5 m de comprimento e intervalo de 1 mm. Os indivíduos estavam de pé, com os braços afastados do troco e em expiração. Todas as medições seguiram os procedimentos normatizados pela OMS.^{15,16}

Na avaliação segmentar da composição corporal, foi empregado o equipamento de bioimpedância tetrapolar segmentada vertical Tanita Ironman® (modelo BC-553, Tanita®, Reino Unido), de acordo com os protocolos de uso estabelecidos em seu manual instrumental. As seguintes variáveis foram obtidas com esse exame: percentual de gordura corporal total, percentuais de gordura segmentar dos braços direito/esquerdo, percentual de gordura do tronco e percentuais de gordura segmentar das pernas direita/esquerda.

Método de referência

Para a definição do excesso de gordura corporal, usou-se como método de referência a bioimpedância tetrapolar horizontal, por ter demonstrado coeficientes de correlação elevados quando comparada com o equipamento padrão-ouro de Dupla Absorção de Raios-X (DEXA).^{11,12,17-19} A técnica adotada como referência nesta pesquisa geralmente é preferida para aplicação em estudos populacionais, pois atende aos respectivos caracteres: não invasiva; portátil, de rápida aplicação e de custo relativamente baixo; não exige experiência de treinamento, com mínimas variações intra e interavaliador.

Os valores de resistência e reactância foram fornecidos por Biodynamics® (modelo 450, Biodynamics®, WA, EUA) e a porcentagem de gordura foi calculada com base nas equações preditivas de Chumlea *et al.*²⁰ Todos os indivíduos foram examinados na posição supina sobre uma superfície horizontal completa e não condutora, de acordo com os protocolos contidos no manual instrumental do equipamento. Enquanto os eletrodos proximais foram posicionados na superfície dorsal da articulação do punho (de modo alinhado à cabeça da ulna e à superfície dorsal do tornozelo), os eletrodos distais foram colocados na base da segunda ou da terceira articulações metacarpo-falângica da mão e metatarso-falângica do pé.

O excesso de gordura corporal foi atribuído às meninas e aos meninos, respectivamente, com massa adiposa acima de 30% e 25%.^{21,22}

Aspectos éticos

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Juiz de Fora (parecer 09/2010).

Aos responsáveis legais e diretores dos estabelecimentos de ensino selecionados para as coletas dos dados – depois de informados sobre os objetivos da pesquisa, o protocolo e os procedimentos a serem feitos – foram solicitados consentimentos de participação por escrito.

Análises estatísticas

A análise descritiva foi estratificada por sexo e o teste *t* de Student foi empregado com o propósito de investigar as diferenças entre os valores médios dos dados coletados. Usou-se a correlação de Pearson para avaliar as associações dos resultados do teste de bioimpedância tetrapolar segmentada vertical com o método de referência.

Para determinar a acurácia do equipamento em questão, foram calculadas a sensibilidade e a especificidade de cada ponto das diferentes medições possíveis de gordura corporal. Construíram-se as curvas Receiver Operator Characteristic (ROC), que posteriormente foram comparadas pelo teste qui-quadrado de McNemar.

As variáveis investigadas foram analisadas com o software Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versão 17.0 (SPSS Inc. SPSS Statistics para Windows, IL, EUA) e admitiu-se um nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

Tabela 1 Características antropométricas dos adolescentes. Juiz de Fora (MG)

Variáveis	Total		Meninas		Meninos		<i>p</i> ^b
	n ^a	Média ± DP	n ^a	Média ± DP	n ^a	Média ± DP	
Idade (anos)	441	12,05 ± 1,36	237	12,11 ± 1,34	204	11,98 ± 1,38	0,318
Estatura (cm)	441	153,85 ± 10,04	237	154,07 ± 8,99	204	153,60 ± 11,15	0,629
Peso (Kg)	441	47,64 ± 13,13	237	48,46 ± 13,41	204	46,68 ± 12,77	0,158
Índice de massa corporal (Kg/m ²)	441	19,92 ± 4,12	237	20,25 ± 4,52	204	19,53 ± 3,58	0,070
Circunferência da cintura (cm)	436	67,21 ± 10,16	234	67,00 ± 10,38	202	67,45 ± 9,93	0,643
Gordura bipolar vertical (%)	426	22,09 ± 8,92	230	25,36 ± 8,20	196	18,26 ± 8,20	< 0,001
Gordura tetrapolar horizontal (%)	441	23,90 ± 9,77	237	26,37 ± 10,21	204	21,03 ± 8,39	< 0,001
GCt (%)	441	25,04 ± 7,37	237	28,53 ± 6,01	204	20,98 ± 6,72	< 0,001
GBd (%)	439	34,62 ± 8,23	235	37,80 ± 7,79	204	30,96 ± 7,14	< 0,001
GBe (%)	441	33,21 ± 7,46	237	35,78 ± 6,93	204	30,24 ± 6,95	< 0,001
GT (%)	438	12,70 ± 8,41	236	9,59 ± 8,33	202	16,33 ± 6,94	< 0,001
GPd (%)	441	30,65 ± 8,18	237	34,91 ± 6,45	204	25,69 ± 7,12	< 0,001
GPe (%)	441	30,65 ± 8,24	237	35,11 ± 6,34	204	25,13 ± 7,03	< 0,001

GCt, gordura corporal total; GBd, gordura segmentar do braço direito; GBe, gordura segmentar do braço esquerdo; GT, gordura segmentar do tronco; GPd, gordura segmentar da perna direita; GPe, gordura segmentar da perna esquerda.

^a As diferenças amostrais são justificadas pela ocorrência de perdas.

^b Teste *t* de Student.

Resultados

A amostra foi composta por 411 alunos, 53,7% meninas e 46,3% meninos, todos com média de idade de 12,0 ± 1,3 anos. A distribuição da faixa etária foi semelhante entre os sexos (*p* = 0,318).

A **tabela 1** apresenta as características antropométricas dos estudantes submetidos às avaliações, considerando-se o valor médio de cada variável mensurada e seu respectivo desvio-padrão. Foram verificados que 20% e 12,5% exibiram, respectivamente, sobrepeso e obesidade.

As análises dos dados de composição corporal detectaram diferenças significativas entre os sexos feminino e masculino. As meninas apresentaram medidas superiores para os seguintes parâmetros: gordura corporal bipolar vertical (*p* < 0,001), gordura corporal tetrapolar horizontal (*p* < 0,001), gordura corporal tetrapolar vertical (*p* < 0,001), gordura segmentar dos braços direito/esquerdo (*p* < 0,001) e gordura segmentar das pernas direita/esquerda (*p* < 0,001). Os meninos exibiram médias mais elevadas para a mensuração da gordura segmentar do tronco (*p* < 0,001).

A **tabela 2** exhibe as correlações dos percentuais de gordura corporal segmentar com as demais variáveis antropométricas. As meninas apresentaram correlações significativas para os parâmetros: estatura, peso, índice de massa corporal, circunferência da cintura, gordura bipolar vertical e gordura tetrapolar horizontal. Entre os meninos, foram constatadas correlações significativas para os parâmetros: idade, peso, índice de massa corporal, circunferência da cintura, gordura bipolar vertical e gordura tetrapolar horizontal. As meninas não apresentaram correlações relevantes – para nenhum dos segmentos corporais – com a variável idade e os meninos – para alguns dos segmentos corporais – com a variável estatura.

Nas **figuras 1 e 2** estão representadas a sensibilidade, a especificidade e as curvas ROC obtidas para o diagnóstico do excesso de peso nos adolescentes pesquisados. Os

gráficos das medidas dos segmentos corporais refletiram-se em elevadas áreas sob a curva, além de altos valores de sensibilidade e especificidade.

Entre as meninas, o método com a maior sensibilidade (92,3%; IC: 84,8-96,8%) foi para a medida do percentual de gordura segmentar da perna esquerda, enquanto a avaliação da gordura segmentar do braço direito apresentou a melhor especificidade (94,3%; IC: 89,0-97,5%). A menor área sob a curva ROC (0,83; IC: 0,77-0,87) e a sensibilidade mais baixa (68,1%; IC: 57,5-77,5%) foram observadas para a medida da gordura segmentar do tronco.

Entre os meninos, o método com a maior sensibilidade (93,5%; IC: 84,3-98,2%) foi para a medida do percentual de gordura segmentar do braço direito, enquanto a avaliação da gordura segmentar da perna esquerda apresentou a melhor especificidade (97,0%; IC: 92,5-99,2%). Apesar de não serem caracterizadas com valores baixos, em comparação com os demais parâmetros ilustrados, a menor área sob a curva ROC (0,92; IC: 0,88-0,95) e a menor sensibilidade (90,3%; IC: 80,1-96,3%) também foram constatadas para a medida da gordura segmentar do tronco.

Discussão

Estabelecer um critério antropométrico universal para a avaliação do excesso de peso em adolescentes é mais complexo do que para os demais grupos etários, pois as variações da composição corporal, durante o processo de crescimento e desenvolvimento, problematizam a metodologia de análise e podem comprometer a convicção dos resultados.^{5,6,9,10,13}

O estado nutricional dos adolescentes analisados neste estudo seguiu a tendência apontada pela Pesquisa de Orçamentos Familiares de 2008-2009,¹⁴ com prevalências mais relevantes de excesso de peso e obesidade. O percentual de alunos com sobrepeso (20%) foi ligeiramente menor do que a média nacional (23,9%), exibida pela faixa etária dos 10 aos 15 anos. Entretanto, os casos detectados de

Tabela 2 Correlação entre os percentuais de gordura corporal segmentar e as variáveis antropométricas dos adolescentes. Juiz de Fora (MG)

Variáveis		GCt			GBd			GBe			GT			GPd			GPe		
		n ^a	r ^b	valor p	n ^a	r ^b	valor p	n ^a	r ^b	valor p	n ^a	r ^b	valor p	n ^a	r ^b	valor p	n ^a	r ^b	valor p
Idade	Meninas	237	0,04	0,544	235	-0,54	0,411	237	-0,10	0,121	236	-0,02	0,722	237	0,02	0,703	237	0,02	0,777
	Meninos	204	-0,23	0,001	204	-0,35	< 0,001	204	-0,39	< 0,001	202	-0,16	0,021	204	-0,31	< 0,001	204	-0,31	< 0,001
Estatura	Meninas	237	0,12	0,061	237	0,18	0,005	237	0,18	0,006	236	0,19	0,004	237	0,17	0,009	237	0,16	0,016
	Meninos	204	-0,03	0,707	204	-0,17	0,017	204	-0,24	< 0,001	202	< 0,01	0,970	204	-0,10	0,161	204	-0,10	0,165
Peso	Meninas	237	0,74	< 0,001	235	0,69	< 0,001	237	0,67	< 0,001	236	0,60	< 0,001	237	0,77	< 0,001	237	0,72	< 0,001
	Meninos	204	0,49	< 0,001	204	0,33	< 0,001	204	0,18	< 0,001	202	0,45	< 0,001	204	0,46	< 0,001	204	0,45	< 0,001
Índice de massa corporal	Meninas	237	0,84	< 0,001	237	0,76	< 0,001	237	0,74	< 0,001	236	0,65	< 0,001	235	0,86	< 0,001	237	0,82	< 0,001
	Meninos	204	0,77	< 0,001	204	0,64	< 0,001	204	0,49	< 0,001	202	0,67	< 0,001	204	0,78	< 0,001	204	0,77	< 0,001
Circunferência da cintura	Meninas	234	0,77	< 0,001	232	0,69	< 0,001	234	0,70	< 0,001	233	0,60	< 0,001	234	0,80	< 0,001	234	0,77	< 0,001
	Meninos	202	0,68	< 0,001	202	0,56	< 0,001	202	0,44	< 0,001	200	0,59	< 0,001	202	0,69	< 0,001	202	0,69	< 0,001
Gordura bipolar vertical	Meninas	230	0,85	< 0,001	228	0,79	< 0,001	230	0,77	< 0,001	229	0,62	< 0,001	230	0,91	< 0,001	230	0,88	< 0,001
	Meninos	196	0,92	< 0,001	196	0,87	< 0,001	196	0,77	< 0,001	194	0,78	< 0,001	196	0,97	< 0,001	196	0,97	< 0,001
Gordura tetrapolar horizontal	Meninas	237	0,76	< 0,001	235	0,71	< 0,001	237	0,69	< 0,001	236	0,55	< 0,001	237	0,81	< 0,001	237	0,78	< 0,001
	Meninos	204	0,81	< 0,001	204	0,76	< 0,001	204	0,68	< 0,001	202	0,71	< 0,001	204	0,83	< 0,001	204	0,83	< 0,001

GCt, gordura corporal total; GBd, gordura segmentar do braço direito; GBe, gordura segmentar do braço esquerdo; GT, gordura segmentar do tronco; GPd, gordura segmentar da perna direita; GPe, gordura segmentar da perna esquerda.

^a As diferenças amostrais são justificadas pela ocorrência de perdas.

^b Coeficiente de correlação de Pearson.

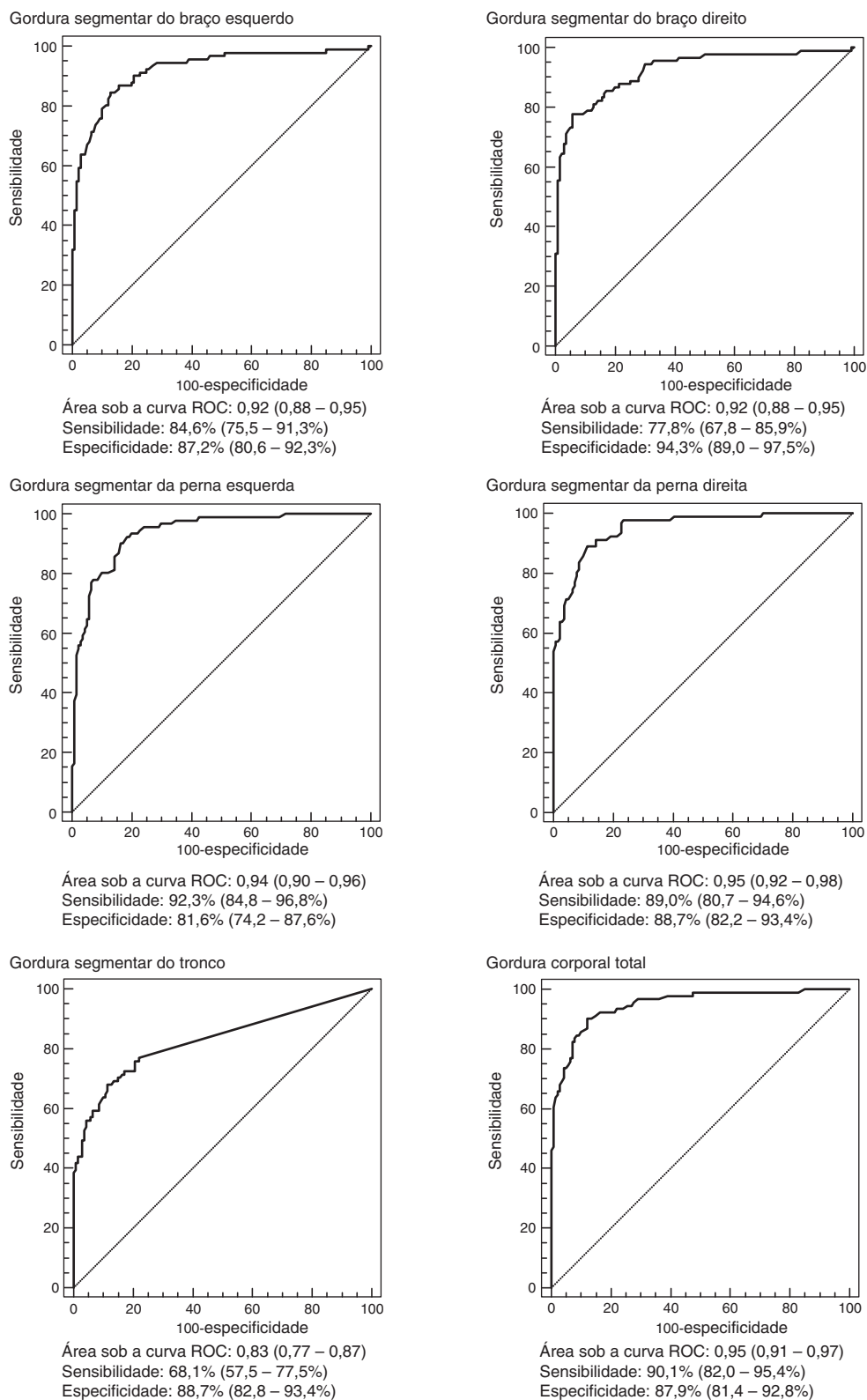


Figura 1 Análises da sensibilidade e da especificidade obtidas por meio das curvas ROC para o diagnóstico do excesso de peso das meninas. Juiz de Fora (MG).

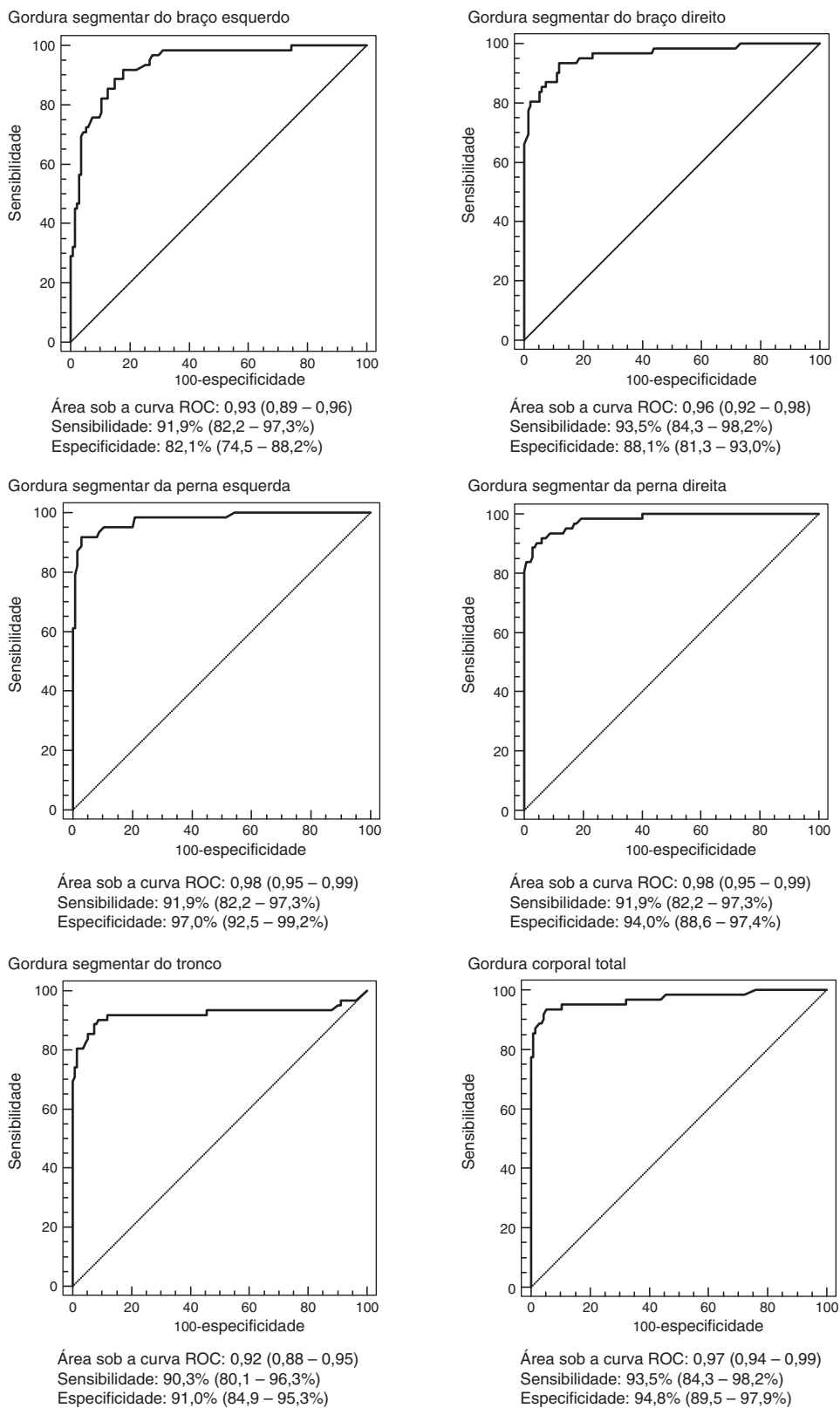


Figura 2 Análises da sensibilidade e da especificidade obtidas por meio das curvas ROC para o diagnóstico do excesso de peso dos meninos. Juiz de Fora (MG).

obesidade (12,5%) superaram consideravelmente, para a mesma faixa de idade, a frequência nacional relatada pela Pesquisa (6%).

A puberdade é o principal determinante das modificações físicas, as quais são caracterizadas por elevações do peso, do tecido proteico-somático e da massa mineral óssea, tanto nas meninas quanto nos meninos.^{23,24} Contudo, o aumento da gordura corporal é geralmente mais elevado no sexo feminino, enquanto o ganho de massa magra é maior no sexo masculino.¹³⁻¹⁸ Os resultados obtidos neste trabalho confirmam essa percepção biológica, já que as meninas exibiram valores superiores para a gordura corporal obtida por meio das técnicas bipolar vertical, tetrapolar horizontal, tetrapolar vertical e segmentar dos braços e das pernas. Complementando essa concepção, entre os meninos foram constatadas algumas correlações negativas, que são devidamente interpretadas em sentidos inversos: quanto maior a idade, menores os percentuais de gordura corporal total, gordura segmentar dos braços direito/esquerdo e gordura segmentar das pernas direita/esquerda; quanto maior a estatura, menor o percentual de gordura segmentar do braço esquerdo.

É válido ressaltar que o índice de massa corporal, embora apresente uma boa correlação com as medidas de adiposidade em adolescentes, não reflete adequadamente as referidas variações da composição corporal que ocorrem nessa faixa etária e que são distintas entre os sexos.^{8,25-27} Esse fato confirma a importância da busca por novos métodos que sejam capazes de predizer o excesso de gordura até mesmo naqueles que exibem peso regular.

As validações dos modelos de bioimpedâncias verticais têm sido feitas em comparação com testes que estimam a densidade corporal, como a hidrodensitometria e o DEXA.^{11,12,17} Estes métodos são considerados os mais adequados e tidos como padrão-ouro. Porém, diante da inviabilidade econômica do emprego dessas técnicas em estudos populacionais, a bioimpedância elétrica tetrapolar horizontal, já testada e validada em adolescentes, passou a ser considerada uma referência acessível.¹¹⁻¹³

O uso do método perna-perna (bioimpedância bipolar vertical) tornou-se frequente em investigações clínicas e epidemiológicas.^{11,12} Esse sistema, em estudos com indivíduos adultos, apresentou desempenho semelhante aos tradicionais aparelhos perna-braço (bioimpedância tetrapolar vertical), mas tem sofrido críticas quando é usado em adolescentes.²⁴ Entretanto, seus pontos negativos são limitados às estimativas individuais e é bem aceito para a avaliação da composição corporal em grandes grupos.^{13,17}

Não foram encontrados trabalhos na literatura que validassem, especificamente, o uso de modelos com característica tetrapolar segmentada. Além disso, nenhuma das publicações que relataram a aplicação desses aparelhos analisou a correlação da gordura corporal segmentar com outras variáveis, sejam elas antropométricas, clínicas ou bioquímicas, o que limita a discussão dos dados. Por esses motivos, nossos resultados puderam ser comparados somente com estudos que autenticaram diferentes equipamentos de bioimpedâncias.

As significativas correlações observadas entre os percentuais de gordura de cada segmento corporal e as medidas obtidas por meio das bioimpedâncias bipolar vertical e tetrapolar horizontal reforçam a utilidade do aparelho BC-558.

As áreas sob as curvas ROC também foram significativas e variaram, entre os segmentos corporais, de 0,83 a 0,95 para as meninas e de 0,92 a 0,98 para os meninos, o que sugere um desempenho levemente superior para o sexo masculino. Resultados elevados de áreas sob a curva também foram encontrados por diferentes autores ao testarem a eficiência de outros equipamentos com adolescentes.^{13,28-30}

De uma forma geral, considerando as análises da sensibilidade e da especificidade, em meninas e meninos, o percentual de gordura total foi apontado como o critério mais eficiente para a detecção do excesso de peso entre os adolescentes, enquanto a gordura segmentar do tronco comportou-se como um indicador de precisão inferior.

É necessário salientar que as novas abordagens para a análise da composição corporal abrem amplas perspectivas na avaliação, no acompanhamento e na determinação das intervenções de âmbito físico e nutricional.^{6,10,18} Contudo, sempre que forem usados métodos não considerados padrão-ouro, é preciso estar atento para a ocorrência de possíveis erros. Ademais, independentemente da confiabilidade dos resultados aferidos, a expansão do monitoramento do perfil antropométrico não invalida a importância das atividades de prevenção.

A presente investigação permitiu concluir que o aparelho de bioimpedância tetrapolar segmentada vertical comportou-se satisfatoriamente na predição do excesso de peso, pois sua comparação com a bioimpedância tetrapolar horizontal resultou em uma diferença de precisão relativamente pequena.

Espera-se, sobretudo, que esse novo equipamento identifique, de maneira precoce e com precisão, alterações na composição corporal de adolescentes e possa, portanto, constituir-se como uma estratégia de atenção primária em saúde mais efetiva e menos dispendiosa.

Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Agradecimentos

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF).

Referências

1. Onis M, Blössner M, Borghi E. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. *Am J Clin Nutr.* 2007;92:1257-64.
2. World Health Organization. Nutrition in adolescence – issues and challenges for the health sector WHO. Geneva: WHO; 2005.

3. Bergman RN, Stefanovski D, Buchanan TA, Sumner AE, Reynolds JC, Sebring NG, et al. A better index of body adiposity. *Obesity*. 2011;19:1083–9.
4. Cândido AP, Freitas SN, Machado-Coelho GL. Anthropometric measurements and obesity diagnosis in schoolchildren. *Acta Paediatr*. 2011;100:e120–4.
5. Bergmann GG, Bergmann ML, Moreira RB, Pinheiro ES, Marques AC. Sobrepeso e obesidade na infância e adolescência: possibilidades de medidas e reflexões sobre as propostas de avaliação. *Rev Bras Ativ Fis Saude*. 2011;16:62–9.
6. Friedemann C, Heneghan C, Mahtan K, Thompson M, Perera R, Ward AM. Cardiovascular disease risk in healthy children and its association with body mass index: systematic review and meta-analysis. *Br Med J*. 2012;345:e4759.
7. Hunt LP, Ford A, Sabin MA, Crowne EC, Shield JP. Clinical measures of adiposity and percentage fat loss: which measure most accurately reflects fat loss and what should we aim for? *Arch Dis Child*. 2007;92:399–403.
8. Clemente AP, Santos CD, Benedito-Silva AA, Sawaya AL. Índice de massa corporal em adolescentes: comparação entre diferentes referências. *Rev Paul Pediatr*. 2011;29:171–7.
9. Sant'Anna MS, Priore SE, Franceschini SC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. *Rev Paul Pediatr*. 2009;27:315–21.
10. Guedes DP. Recursos antropométricos para análise da composição corporal. *Rev Bras Educ Fis Esp*. 2006;20:115–9.
11. Talma H, Chinapaw MJ, Bakker B, HiraSing RA, Terwee CB, Altenburg TM. Bioelectrical impedance analysis to estimate body composition in children and adolescents: a systematic review and evidence appraisal of validity, responsiveness, reliability and measurement error. *Obes Rev*. 2013;14:895–905.
12. Faria FR, Faria ER, Cecon RS, Barbosa Júnior DA, Franceschini SCC, Peluzio MCG, et al. Body fat equations and electrical bioimpedance values in prediction of cardiovascular risk factors in eutrophic and overweight adolescents. *Int J Epidemiol*. 2013;2013:501638.
13. Gonçalves VS, Faria ER, Franceschini SC, Priore SE. Predictive capacity of different bioelectrical impedance analysis devices, with and without protocol, in the evaluation of adolescents. *J Pediatr (Rio J)*. 2013;89:567–74.
14. IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: antropometria e análise do estado nutricional de crianças e adolescentes no Brasil. Rio de Janeiro; 2010. Disponível em: http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaoadevida/pof/2008_2009/POFpublicacao.pdf [acessado 26.02.12].
15. World Health Organization. Cardiovascular diseases; 2007. Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/en/> [acessado 20.03.12].
16. World Health Organization. Obesity and overweight. Global strategy on diet, physical activity and health; 2005. Disponível em: http://www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_english_web.pdf [acessado 23.02.12].
17. Hemmingsson E, Uddén J, Neovius M. No apparent progress in bioelectrical impedance accuracy: validation against metabolic risk and DXA. *Obesity*. 2009;17:183–7.
18. Sopher AB, Thornton JC, Wang J, Pierson RN Jr, Heymsfield SB, Horlick M. Measurement of percentage of body fat in 411 children and adolescents: a comparison of dual-energy X-ray absorptiometry with a four-compartment model. *Pediatrics*. 2005;113:1285–90.
19. Taylor RW, Jones IE, Williams SM, Goulding A. Evaluation of waist circumference, waist to hip ratio and the conicity index as screening tools for high trunk fat mass, as measured by dual energy X-ray absorptiometry, in children aged 3-19 y. *Am J Clin Nutr*. 2000;72:490–5.
20. Chumlea WC, Guo S, Roche AF, Steinbaugh ML. Prediction of body weight for the nonambulatory elderly from anthropometry. *J Am Diet Assoc*. 1988;88:564–8.
21. 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.
22. Abrantes MM, Lamounier JA, Colosimo EA. Prevalência de sobrepeso e obesidade nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. *Rev Assoc Med Bras*. 2003;49:162–6.
23. Carvalho GQ, Pereira PF, Serrano HM, do Carmo Castro Franceschini S, Oliveira de Paula S, Priore SE, et al. Peripheral expression of inflammatory markers in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. *Appl Physiol Nutr Metab*. 2010;35:464–70.
24. Pereira PF, Serrano HM, Carvalho GQ, Lamounier JA, Peluzio MdC, Franceschini Sdo C, et al. Body fat location and cardiovascular disease risk factors in overweight female adolescents and eutrophic female adolescents with a high percentage of body fat. *Cardiol Young*. 2012;22:162–9.
25. Vieira AC, Alvarez MM, Martins VM, Sichieri R, Veiga GV. Desempenho de pontos de corte do índice de massa corporal de diferentes referências na predição de gordura corporal em adolescentes. *Cad Saude Publica*. 2006;22:1681–90.
26. Stephen RD, Philip RK, John AM. The utility of body mass index as a measure of body fatness in children and adolescents: differences by race and gender. *Pediatrics*. 1997;99:804–7.
27. Serrano HM, Carvalho GQ, Pereira PF, Peluzio MC, Franceschini SC, Priore SE. Composição corpórea, alterações bioquímicas e clínicas de adolescentes com excesso de adiposidade. *Arq Bras Cardiol*. 2010;95:464–72.
28. Mei Z, Grummer-Strawn LM, Pietrobelli A, Goulding A, Goran MI, Dietz WH. Validity of body mass index compared with other body-composition screening indexes for the assessment of body fatness in children and adolescents. *Am J Clin Nutr*. 2002;75:978–85.
29. Sardinha LB, Teixeira PJ, Lohman TG. Receiver operating characteristic analysis of body mass index triceps skinfold thickness and girth for obesity screening in children and adolescent. *Am J Clin Nutr*. 1999;70:1090–5.
30. Zimmermann MB, Gübeli C, Püntener C, Molinari L. Detection of overweight and obesity in a national sample of 6–12y old Swiss children: accuracy and validity of reference values for body mass index from the US Centers for Disease Control and Prevention and the International Obesity Task Force. *Am J Clin Nutr*. 2004;79:838–43.