

**Artigo original**

Claudio Roberto Escovar Paiva ¹
Adroaldo C. de Araujo Gaya ²
Martim Bottaro ³
Ricardo Flávio de Araújo Bezerra ⁴

AVALIAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CORPORAL EM MENINOS BRASILEIROS: O MÉTODO DE IMPEDÂNCIA BIOELÉTRICA

ASSESSMENT OF THE BODY COMPOSITION OF BRAZILIAN BOYS: THE BIOIMPEDENCE METHOD

RESUMO

O objetivo deste estudo foi o de determinar a aplicabilidade e a precisão de equações de Bioimpedância (BIA) previamente publicadas na avaliação da composição corporal de 29 meninos brasileiros (10 a 14 anos). O DXA (DPX-IQ, Versão 4,6 A) foi usado na obtenção da gordura relativa (%G) e da massa corporal magra (MCM) de referência. A resistência corporal total foi medida com o analisador Biodynamics Ô (Modelo - 310). Foram analisadas as equações de Houtkooper et al. (1992), Jenkins et al. (1999), e as equações B2, B3 e B4 de Yonamine & Pires Neto (2000). Os resultados encontrados foram: o coeficiente de validade (r) do Biodynamics variou de 0,87 (B3/Yonamine) a 0,98 (Houtkooper); o erro de estimativa padrão (EPE) e o erro total (E) variaram de 1,88kg (Jenkins) a 3,66kg (B3/Yonamine). A equação de Houtkooper e a de Jenkins forneceram estimativas aceitáveis tanto da média da MLG quanto do EPE (1,97 e 1,88kg, respectivamente). As equações B2, B3 e B4 superestimaram de forma significativa a MCM (EC = -27,33kg; EC = -10,77kg; e EC = -1,97kg, respectivamente). Baseados nesses resultados é recomendável o uso da equação de Jenkins et al. (1999) ou a de Houtkooper et al. (1992) na estimativa da composição corporal de meninos brasileiros jovens e saudáveis da presente amostra.

Palavras-chave: composição corporal, obesidade, criança, bioimpedância.

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the applicability and predictive accuracy of previously published total-body resistance Bioimpedence (BIA) equations for estimation of body composition of 29 Brazilian boys (10 to 14 years old). A DXA (DPX-IQ, Version 4.6 A) was used to obtain reference measures of relative body fat (%BF) and fat free-mass (FFM). Total-body resistance was measured with a Biodynamics Ô (Model-310) analyzer. The BI equations published by Houtkooper et al. (1992), Jenkins et al. (1999), and Yonamine & Pires Neto (2000 – equations B2, B3 and B4 used) were cross-validated. The results were as follows: validity coefficients (r) from the Biodynamics ranged from 0.87 (B3 Yonamine equation) to 0.98 (Houtkooper equation); prediction errors (SEE and E) ranged from 1.88 kg (Jenkins) to 3.66 kg (B3 Yonamine). The Houtkooper and Jenkins equations accurately estimated average FFM with an acceptable prediction error (SEE = 1.97 and 1.88 kg, respectively). The B2, B3 and B4 Yonamine equations significantly overestimated average FFM by 27.33 kg ; 10.77 kg and 1.97 kg, respectively. Based on these results, we recommend using the Jenkins et al. (1999) equation, or the Houtkooper et al. (1992) equation for estimating the body composition of young, healthy, Brazilian boys.

Key words: body composition, children, obesity, bioelectrical impedance.

¹ Prof. MS. ESEF/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

² Prof. Dr. ESEF/ Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

³ Prof. Dr. Universidade Católica de Brasília (UCB)

⁴ Mestrando em Educação Física / Universidade Católica de Brasília (UCB)

INTRODUÇÃO

Medidas de composição corporal podem ser usadas, tanto para avaliar padrões de crescimento e desenvolvimento em crianças, quanto para classificar a gordura corporal relativa (Lohman, 1992). Devido ao fato da obesidade infantil, especialmente a obesidade adolescente, ser um fator de risco para a obesidade adulta a necessidade da avaliação cuidadosa da composição corporal na criança é um importante fator de promoção da saúde (Abraham & Nordsieck, 1960; Foster & Butron, 1985; Rhodes & Kagan, 1983; VanItallie & Kral, 1981). Sabe-se hoje que crianças com gordura corporal relativa maior do que 30% para meninas e 25% para meninos são classificadas como tendo um risco de moderado a alto para o desenvolvimento de doenças coronarianas (Lohman, 1992).

No âmbito da avaliação da composição corporal, tradicionalmente, o modelo de dois componentes (2C) tem sido usado para estimar a gordura corporal a partir da densidade corporal total em todas as populações; todavia, desconsiderando idade, gênero ou etnia. O modelo de 2C divide o corpo em massa gorda (MG) e em massa livre de gordura (MLG) (Brozek & KEYS, 1951; Brozek *et al.*, 1963; Siri, 1956; Siri, 1961). O modelo de 2C confia nas seguintes hipóteses: a) a densidade da massa livre de gordura é de 1,1 g/cc; b) a densidade da massa gorda é de 0,9007 g/cc, e c) as densidades e proporções dos componentes da massa livre de gordura são os mesmos tanto inter como intra-indivíduos (Siri, 1956). As maiores proporções e densidades dos componentes da massa livre de gordura para o corpo do homem de referência, são respectivamente tidas como sendo: 73,8% de água por 0,9937 g/cc; 19,4% de proteína por 1,34 g/cc; e 6,8% de mineral por 3,04 g/cc (Brozek *et al.*, 1963).

Todavia, devemos considerar que estas constantes para os componentes do corpo livre de gordura são limitadas, já que são derivadas de análises de cadáveres predominantemente saudáveis de homens brancos adultos (Forbes *et al.*, 1956; Mitchel *et al.*, 1945; Widdowson *et al.*, 1951). Porém, variáveis como gênero, idade, crescimento, maturação e etnia podem afetar a densidade total da massa livre

de gordura, por variar as proporções de água, proteína e mineral do corpo livre de gordura, tanto quanto à densidade de mineral (Boileau, Lohman & Slaughter, 1985; Boileau *et al.*, 1984). Por isso, entendemos que não seja apropriado o uso das equações de composição corporal, baseadas no tradicional modelo de 2C, para indivíduos com proporções e densidades desiguais da massa livre de gordura, diferindo do corpo referencial.

Boileau *et al.* (1984) reportaram que a densidade da massa livre de gordura de crianças foi menor do que o valor proposto pelo modelo de 2C (1,1 g/cc). Por essa razão, o uso de equações baseadas no modelo de 2C (Brozek *et al.*, 1963; Siri, 1961) sistematicamente superestimou a gordura corporal relativa (3% a 4%) e subestimou a massa livre de gordura (1,5 a 2,0 kg) em crianças (Lohman, 1992). Mais especificamente, a densidade total da massa livre de gordura, do nascimento aos 22 anos, aumenta de 1,063 g/cc para 1,102 g/cc em homens e de 1,064 para 1,096 g/cc em mulheres (Lohman, 1986).

Esta mudança gradual na densidade da massa livre de gordura, em decorrência do crescimento e da maturação, está relacionada com alterações nos compartimentos de água e minerais da massa livre de gordura. A hidratação da massa livre de gordura diminui dos 79% da idade de 1 ano, para 74% na idade de 20 anos (Lohman, 1989). O componente mineral ósseo (BMC), por outro lado, aumenta de 3,7% para 6,8%, da infância à idade adulta (Fomon *et al.*, 1982). Baseado nessas alterações da massa livre de gordura relacionadas com a idade, Lohman (1989) desenvolveu equações do modelo de 2C, as quais corrigiram a densidade corporal pela média de mudanças nas quantidades relativas de água e mineral na massa livre de gordura de crianças da idade de 1 a 18 anos. Baseadas nas densidades derivadas do trabalho original de Siri (1956), essas equações preocuparam-se em considerar as mudanças nas proporções relativas de água e mineral da massa livre de gordura, de acordo com a idade e com o sexo. Embora essas equações aumentem a precisão de estimativa do percentual de gordura corporal em crianças com o modelo 2C, elas devem ser usadas com cuidado (Going, 1996).

Métodos de campo, tais como a análise das dobras cutâneas e a impedância bioelétrica (BIA), foram originalmente validados usando modelos de 2C para obter medidas de referência de composição corporal. Por isso, o uso de equações baseadas no modelo de 2C, em subgrupos de população cuja massa livre de gordura diferem do corpo de referência (1,1 g/cc), leva a erros sistemáticos quando comparados com medidas de referência derivadas de modelos multicomponentes (4C). Em crianças, normalmente resultará em uma subestimação sistemática da massa livre de gordura. Contudo, muitos investigadores têm desenvolvido e validado equações de dobras cutâneas e de BIA usando os modelos de 3C e 4C em crianças, considerando a variabilidade na massa livre de gordura devido ao sexo, crescimento, maturação e etnia (Guo *et al.*, 1989; Houtkooper *et al.*, 1992; Slaughter *et al.*, 1988). Yonamine & Pires Neto (2000) desenvolveram e validaram equações de BIA em meninos brasileiros por meio de pesagem hidrostática (PH), porém não mediram volume pulmonar residual (VR) de forma direta e sim por meio de equação de estimativa. A estimativa do VR aumenta o erro associado à pesagem hidrostática (Wilmore, 1969). Katch & Katch (1980) reportaram que uma diferença de 600 ml no VR pode gerar um erro de 8% no percentual de gordura (%G).

Assim, tanto do ponto de vista da saúde como na performance física e de detecção de talentos esportivos, observa-se, através da literatura, o uso de diversas equações para estimar a massa de gordura e outros elementos do corpo de crianças. Desta forma, o propósito deste estudo foi o de avaliar a precisão de equações de BIA para estimar a composição corporal de uma amostra de meninos, usando Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA) como método de referência.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Amostra

Foi estudada uma amostra de 29 meninos brancos (10 a 14 anos de idade). Os meni-

nos foram selecionados de forma voluntária de diversas escolas da grande Porto Alegre, RS. Todos os participantes e seus responsáveis foram informados do objetivo, dos procedimentos, dos possíveis desconfortos, riscos, e benefícios do estudo antes de assinarem o termo de consentimento. Os participantes não seriam incluídos no estudo caso apresentassem alguma doença crônica ou aguda que compromettesse a composição corporal.

Impedância Bioelétrica (BIA)

O método de BIA é baseado na condução natural de uma corrente elétrica aplicada a um organismo. Neste método uma pequena corrente passa entre eletrodos colocados próximo à articulação metacarpo-falângica e entre os processos estilóides do rádio e da ulna da superfície dorsal da mão direita; e próximo à articulação metatarso-falângica e entre os maléolos medial e lateral no dorso do pé direito. Devido à corrente elétrica ser melhor transmitida através da água e dos eletrólitos presentes no tecido magro, a resistência corporal é inversamente proporcional ao volume de água corporal. Neste estudo a resistência corporal total (R) e a reactância (Xc) foram medidas, seguindo as recomendações do fabricante, com aparelho de bioimpedância marca Biodynamics Modelo 310. A técnica do método de BIA é relativamente barata, não danosa, rápida, e pode ser repetida frequentemente, embora variações na hidratação da MLG podem resultar em erros.

Foram escolhidas para análise neste estudo cinco equações de BIA para crianças: Houtkooper *et al.*, (1992), devido a mesma estar programada nos analisadores de BIA; Jenkins & Heyward (1999), devido ao fato de ter sido desenvolvida em crianças brancas e hispânicas; e as equações denominadas de B2, B3 e B4 de Yonamine & Pires Neto (2000), devido a terem sido desenvolvidas em meninos brasileiros.

Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA)

A Absorciometria Radiológica de Dupla Energia (DXA) é uma técnica de escaneamento que mede diferentes atenuações de dois Raios-X que passam pelo corpo. O DXA é uma tecnologia que vem sendo recentemente reconhecida como método de referência na análise da composição corporal (Friedl *et al.*, 1992; Fuller *et al.*, 1992; Hansen *et al.*, 1993; Houtkooper *et al.*, 2000; Kohrt, 1995; Prior *et al.* 1997; Vanloan & Mayclin, 1992; Wagner & Heyward, 2001), embora alguns autores sugerem que certas precauções devem ser adotadas quanto ao uso do DXA para estes propósitos (Roubenoff *et al.*, 1993). As medidas realizadas por este instrumento, com durações de 10 a 20 minutos, compreenderam uma varredura do corpo inteiro do participante usando o instrumento Lunarâ (Modelo DPX – IQ versão 4.6 A). Este equipamento utilizou pulsos alternados de uma radiação de dupla energia estável de 70 e 140 kilovoltages (k V). Durante o teste o participante permaneceu deitado em decúbito dorsal, com os braços ao longo do corpo, usando como vestimenta apenas um avental e desprovido de qualquer metal.

Desenho da Pesquisa e Análise Estatística

O teste *t de Student* para amostras dependentes foi usado para avaliar as diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os dados

obtidos pelo DXA, escolhido como método de referência, e os dados obtidos pelas diferentes equações de estimativa do método de BIA. Os critérios de validação utilizados na determinação da precisão das equações selecionadas foram os propostos por Lohman (1992) e resumidos por Heyward & Stolarczyk (1996).

Devido à avaliação do coeficiente de correlação ($r_{y,y'}$) entre o método de referência e as medidas preditas avaliar somente a força de relação entre duas variáveis e não a concordância entre elas, o método de Bland & Altman (1986) também foi usado para testar a validade relativa e os limites de concordância dos métodos de predição. A análise do erro padrão de estimativa (EPE) e do erro total (ET) também fora realizada.

O EPE da MLG em meninos deve ser menor (2,2 kg) do que o de adultos (3,5 kg), principalmente devido a menor MLG relativa em crianças (Heyward & Stolarczyk, 1996).

RESULTADOS

Os resultados deste estudo serão apresentados nos seguintes tópicos: a) Características descritivas da amostra; e b) Precisão das equações de predição de bioimpedância em meninos.

As equações de BIA avaliadas no presente estudo estão apresentadas na tabela 1. As características físicas dos participantes ($n = 29$) estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 1 - Equações de BIA analisadas para meninos.

AUTOR	EQUAÇÃO
Houtkooper (1992)	$MLG (kg) = 0,61(Est^2 / R) + 0,25 (MC) + 1,31$
Yonamine (2000) B2	$MLG (kg) = 0,1766 (Est^2 / R) + 0,50517 (MC) + 0,2997 (Est) - 10,97801$
Yonamine (2000) B3	$MLG (kg) = 0,70837 (MC) - 0,001159 (R) + 14,27037$
Yonamine (2000) B4	$MLG (kg) = 0,18048 (Est^2 / R) - 0,52213 (IMC) + 0,72394 (MC) + 8,67736$
Jenkins (1999)	$MLG (kg) = 0,832 (Est^2 / R) + 0,0478 (MC) + 0,150 (Xc) + 0,324 (ID) - 12,772$

Onde: Est = estatura (cm); ID = idade (anos); IMC = índice de massa corporal (kg/m^2); MC = massa corporal (kg); MLG = massa livre de gordura (kg); R = resistência (Ω); Xc = reactância (Ω)

TABELA 2 – Características físicas dos meninos (N = 29).

VARIÁVEIS	MÍNIMO	MÁXIMO	MÉDIA	DESVIO PADRÃO
Idade (anos)	10,00	14,00	11,58	1,11
Altura	128,50 cm	173,00 cm	148,5 cm	10,3
Peso	27,40 kg	76,90 kg	43,2 kg	12,1
MLG DXA	24,92 kg	60,98 kg	35,05 kg	9,2
MLG Houtkooper (1992)	23,06 kg	62,22 kg	35,67 kg	9,43
MLG Yonamine B2 (2000)	45,69 kg	91,78 kg	62,38 kg	10,91
MLG Yonamine B3 (2000)	32,90 kg	68,24 kg	45,74 kg	7,85
MLG Yonamine B4 (2000)	24,26 kg	63,27 kg	37,01 kg	7,66
MLG Jenkins (1999)	20,95 kg	59,74 kg	34,39 kg	9,16
BMC	3,96%	5,41%	4,71%	0,38

Onde: MLG = Massa Livre de Gordura; BMC = % de Mineral Ósseo em relação a MLG

Os resultados da análise de precisão das equações de predição de bioimpedância estão apresentados na tabela 2.

A massa livre de gordura (MLG) estimada pela equação de bioimpedância de Houtkooper *et al.* (1992), foi comparada com a MLG do método de referência (DXA). A relação entre ambas está apresentada na figura 1.

O coeficiente de correlação (r) encontrado foi de 0,98. O erro padrão de estimativa

(EPE) e o erro total (ET) não excederam o critério estabelecido de 2,2 kg (EPE = 1,97 kg e ET = 2,05 kg). A equação de bioimpedância de Houtkooper *et al.* (1992) para meninos estimou de forma precisa a massa livre de gordura medida pelo DXA (EC = -0,62). A relação entre os escores residuais ($MLG_{DXA} - MLG_{BIA}$) e a média dos dois métodos ($(MLG_{DXA} + MLG_{BIA}) / 2$) está apresentada na figura 2.

TABELA 3 – Resultado da precisão das equações de BIA (n =29).

EQUAÇÕES	R	EPE	ET	EC	t
Houtkooper (1992)	0,98	1,97 kg	2,05 kg	-0,62	-1,69
Yonamine (2000) B2	0,96	2,73 kg	27,54 kg	-27,33	-43,124*
Yonamine (2000) B3	0,87	3,66 kg	11,44 kg	-10,77	-21,39 *
Yonamine (2000) B4	0,96	2,76 kg	3,34 kg	-1,97	-3,87*
Jenkins (1999)	0,97	1,88 kg	2,11 kg	0,64	1,70

Onde: * $p < 0,05$; EC (Erro Constante) = $MLG_{DXA} - MLG_{Equação}$; EPE = Erro Padrão Estimativa; ET (erro Total) = $[\sqrt{\sum (y - \hat{y})^2} / N]$.

A MLG estimada pela equação de bioimpedância B2, B3 e B4 de Yonamine & Pires Neto (2000), foi comparada com a MLG do método de referência (DXA). O coeficiente de correlação (r) encontrado foi de 0,96 para B4 e B2, e de 0,87 para B3. O erro padrão de estimativa (EPE) e o erro total (ET) de B2, B3 e B4 excederam o critério estabelecido de 2,2 kg (EPE = 2,73kg e ET = 27,54kg; EPE = 3,66 kg e ET =

11,44 kg; EPE = 2,76 kg e ET = 3,34 kg, respectivamente).

A equação de BIA de Yonamine & Pires Neto (2000) para meninos superestimou significativamente a MLG da presente amostra tanto para B2 quanto para B3 e B4 ($p < 0,05$) quando comparada com a MLG medida pelo DXA (EC = -27,33kg; EC = -10,77 kg; e EC = -1,97kg, respectivamente).

A massa Livre de gordura estimada pela equação de bioimpedância de Jenkins & Heyward (1999), foi comparada com a MLG do método de referência (DXA). A relação entre a MLG do DXA e a MLG estimada pela equação de bioimpedância está apresentada na figura 3.

O coeficiente de correlação (r) encontrado foi de 0,97. O EPE e o ET não excederam o critério estabelecido de 2,2 kg (EPE = 1,88 kg e ET = 2,11 kg). A equação de BIA de Jenkins & Heyward (1999) para meninos estimou de forma precisa a MLG medida pelo DXA (EC = 0,64). A relação entre os escores residuais (MLG_{DXA} - MLG_{BIA}) e a média dos dois métodos (MLG_{DXA} - MLG_{BIA} / 2) está apresentada na figura 4.

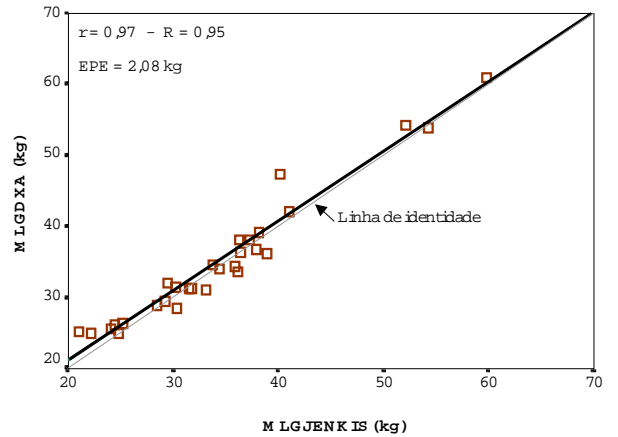


Fig. 3- Relação entre MLG_{DXA} e MLG_{JENKINS}

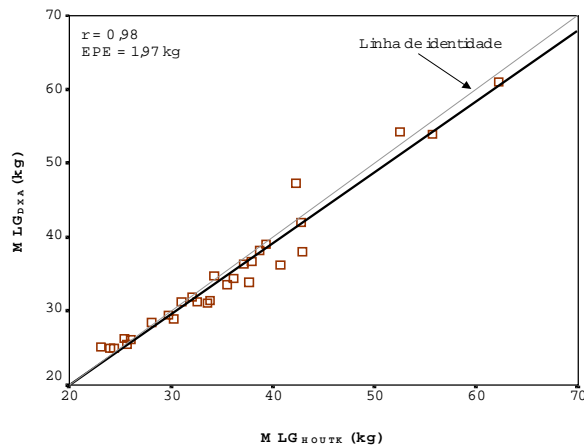


Fig. 1 - Relação entre MLG_{DXA} e MLG_{HOUTK}

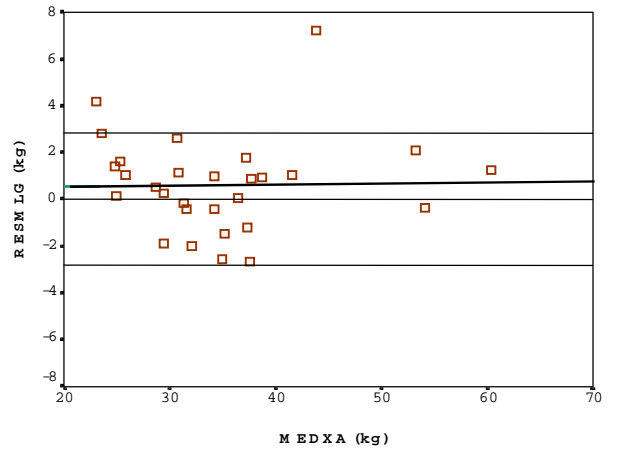


Fig. 4 - Análise individual dos escores residuais da MLG (MLG_{DXA} - MLG_{JENKINS}) e média MLG = (MLG_{DXA} + MLG_{JENKINS} / 2)

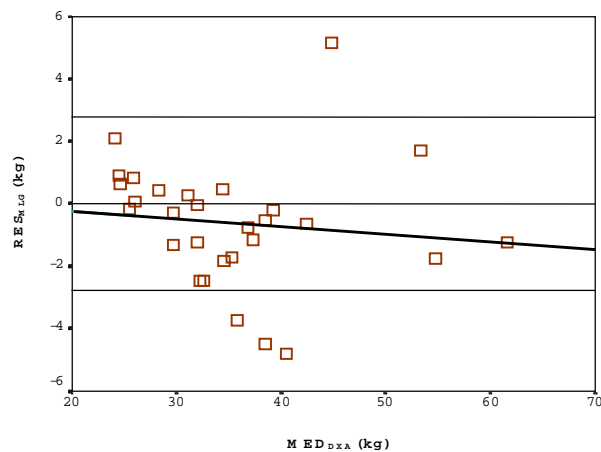


Fig. 2 - Análise individual dos escores residuais da MLG (MLG_{DXA} - MLG_{HOUTK}) e média MLG = (MLG_{DXA} + MLG_{HOUTK} / 2)

DISCUSSÃO

As equações de bioimpedância corporal total examinadas para precisão neste estudo foram as equações de Houtkooper *et al.* (1992), de Yonamine & Pires Neto (2000) e de Jenkins & Heyward (1999). As equações de Houtkooper *et al.* (1992) e Jenkins & Heyward (1999) estimaram adequadamente a massa livre de gordura quando comparadas com a MLG medida pelo DXA. Os coeficientes de correlação encontrados foram de 0,98 e 0,97, respectivamente, e os erros não excederam o critério estabelecido de 2,2 kg.

Houtkooper *et al.* (1992) determinaram a MLG em sua equação original por meio de Pesagem Hidrostática (PH) e diluição de deutério. A amostra de validação utilizada por Houtkooper

et al. (1992) foi de 94 crianças brancas (10 a 19 anos) e a validação cruzada foi realizada em três amostras adicionais de 131 crianças. Reilly *et al.* (1996) revalidaram as equações de bioimpedância de Houtkooper *et al.* (1992) em crianças brancas (média de idade de 9 anos). Eles descobriram que a equação de Houtkooper *et al.* (1992) estima adequadamente a massa livre de gordura no modelo de dois componentes (2C). Já no estudo de Jenkins & Heyward (1999), cento e vinte crianças brancas e hispânicas com idades entre 10 e 18 anos foram utilizadas para validação cruzada, por meio de DXA, da equação de Houtkooper *et al.* (1992) e os resultados foram inaceitáveis. O EPE foi de 2,95kg e a MLG foi superestimada significativamente em 1,15kg. A justificativa foi relacionada às diferenças étnicas em amostras, além das diferenças no método de referência utilizado. Similarmente, Yonamine & Pires Neto (2000) avaliaram a precisão da equação de Houtkooper *et al.* (1992) em 72 meninos brasileiros de 12 a 14 anos, porém encontraram uma subestimação significativa da MLG e um EPE de 2,53kg quando comparada com a PH. Apesar de Yonamine & Pires Neto (2000) não terem mencionado as prováveis causas dos erros, como também os indicadores étnicos de sua amostra, provavelmente esta diferença tenha ocorrido devido às diferenças étnicas, ou também pelo fato dos mesmos terem estimado o volume residual e não medido diretamente. Além disso, Heyward & Stolarczyk (1996) afirmam que para assegurar a precisão da PH, o VR do indivíduo deve ser medido diretamente e não deve ser obtido através de equações de estimativa. O uso destas equações pode produzir erros inaceitáveis de medida (2,8% a 3,7%) na gordura relativa (Morrow *et al.*, 1986).

No presente estudo as equações de Yonamine & Pires Neto (2000) não apresentaram bons resultados. As equações de B2, B3 e B4 superestimaram a MLG de forma significativa. Esta diferença pode ter se dado devido ao método de referência utilizado (DXA vs PH) ou devido ao presente estudo ter usado em sua amostra meninos de 10 a 14 anos, enquanto que a equação de Yonamine & Pires Neto (2000) foi desenvolvida com meninos de 12 a 14 anos de idade. Portanto, para uma melhor análise dos

resultados foram retirados da amostra os meninos menores de 12 anos ($n = 14$). Porém, mesmo após a retirada dos meninos com menos de 12 anos de idade, as equações B2, B3 e B4 continuaram superestimando a MLG significativamente (EC = -27,90 kg, EC = -7,88 kg e EC = -1,43 kg, respectivamente).

A equação de Jenkins & Heyward (1999) não foi avaliada anteriormente em amostras adicionais de outras populações. O excelente resultado apresentado pela equação de Jenkins & Heyward (1999) no presente estudo se deve talvez, pelo fato de uma maior semelhança entre a amostra original (crianças brancas e hispânicas) e a do presente estudo (crianças brasileiras). Bottaro *et al.* (2000) reportaram uma semelhança na densidade da MLG (1,105 g/cc) entre mulheres brasileiras (20 a 40 anos) e mulheres hispânicas de mesma idade (Stolarczyk *et al.*, 1995). Outra hipótese é que Jenkins & Heyward (1999) no estudo de desenvolvimento da equação original utilizaram o mesmo método de referência (DXA) que o do presente estudo.

CONCLUSÃO

Com base nessas descobertas, parece que as equações de Houtkooper *et al.* (1992) e Jenkins & Heyward (1999) produzem uma boa estimativa da MLG em crianças desta amostra. O percentual de sujeitos que estão dentro dos limites estabelecidos de 2,2 kg é muito alto, Jenkins & Heyward (1999) com 93% e Houtkooper *et al.* (1992) com 86%. Já a equação de melhor resultado de Yonamine & Pires Neto (2000), equação B4, apresentou apenas 60% dos participantes dentro do limite estabelecido de 2,2 kg da MLG. Com base nestes resultados, podemos concluir que a equação de Jenkins & Heyward (1999) é a que melhor estima a MLG dos sujeitos desta amostra.

Os pontos a seguir necessitam ser tratados por futuros pesquisadores: a) a variabilidade do mineral ósseo e da água corporal total na massa livre de gordura de crianças de diferentes grupos étnicos necessita ser examinada; b) o desenvolvimento de modelos de multicomponentes (4C) para crianças brasileiras deve ser objeto de estudos continuados; c)

métodos alternativos para avaliar densidade corporal em crianças, tais como pletismografia de deslocamento de ar (BOD POD \hat{O}), necessitam ser explorados, e d) as equações de Yonamine & Pires Neto (2000) precisam ser analisadas em uma amostra adicional de meninos brasileiros para se estabelecer de forma mais firme sua precisão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abraham, S., & Nordsieck, M. (1960). Relationship of excess weight in children and adults. **Public Health Reports**, 75, 263-273.
- Bland, J. M., & Altman, D.G. (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. **The Lancet**, 12, 307-310.
- Boileau, R. A., Lohman, T. G., & Slaughter, M. H. (1985). Exercise and body composition of children and youth. **Scandinavian Journal of Sports Sciences**, 7, 17-27.
- Boileau, R. A., Lohman, T. G., Slaughter, M. H., Ball, T. E., Going, S. B., & Hendrix, M. K. (1984). Hydration of the fat-free body in children during maturation. **Human Biology**, 56(4), 651-666.
- Bottaro, M. M., Heyward, V. H., & Paiva C. E. (2000). Validação Cruzada de Equações de Bioimpedância em Mulheres Brasileiras por Meio de Absortometria Radiológica de Dupla Energia (DXA). **Revista Brasileira de Ciência e Movimento**, 8 (4): 14-20.
- Brozek, J., Grande, F., Anderson, J. T., & Keys, A. (1963). Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. **Annals of the New York Academy of Sciences**, 110(1), 113-140.
- Brozek, J., & Keys, A. (1951). The evaluation of leanness-fatness in man: norms and interrelationships. **British Journal of Nutrition**, 5, 194-205.
- Fomon, S. J., Haschke, F., Ziegler, E. E., & Nelson, B. A. (1982). Body composition of reference children from birth to 10 years. **American Journal of Clinical Nutrition**, 35, 1169-1175.
- Forbes, R. M., Mitchel, H. H., & Cooper, A. R. (1956). Further studies on the gross composition and mineral elements of the adult human body. **Journal of Biological Chemistry**, 233, 969-975.
- Foster, W. R., & Butron, E. (1985). National Institutes of Health consensus conference: health implications of obesity. **Annals of Internal Medicine**, 103, 977-1077.
- Friedl, K. E., DeLuca, J. P., Marchitelli, L. J. & Vogel, J. A. (1992). Reliability of body-fat estimations from a four-component model by using density, body water, and bone mineral measurements. **American Journal of Clinical Nutrition**, 55, 764-770.
- Fuller, N. J., Jebb, S. A., Laskey, M. A., Coward, W. A. & Elia M. (1992). Four-component model for the assessment of body composition in humans: comparison with alternative methods and evaluation of the density and hydration of fat-free mass. **Clinical Science**, 82, 687-693.
- Going, S. B.. in A.F. Rocha; S.B. Heymsfield; T.G. Lohman. **Human Body Composition**, p. 3-23. Champaign, IL: Human Kinetics, 1996.
- Guo, S., Roche, A. F., & Houtkooper, L. (1989). Fat-free mass in children and young adults predicted from bioelectrical impedance and anthropometric variables. **American Journal of Clinical Nutrition**, 50, 435-443.
- Hansen, J. N., Lohman, T.G., Going, S.B., Hall, M.C., Parmenter, R.W., Bare, L.A., Boyden, T.W., & Houtkooper, L.B. (1993). Prediction of body composition in premenopausal females from dual-energy x-ray absorptiometry. **Journal of Applied Physiology**, 75(4), 1637-1641.
- Heyward, V. H. & Stolarczyk, L. M. (1996). **Applied body composition assessment**. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Houtkooper, L. B., Going, S. B., Lohman, T. G., Roche, A. F., & Van Loan, M. (1992). Bioelectrical impedance estimation of fat-free body mass in children and youth: a cross-validation study. **Journal of applied Physiology**, 72(1), 366-373.
- Houtkooper, L. B., Going, S. B., Sproul, J., Blew, R.M., & Lohman, T. G. (2000). Comparison of methods for assessing body-composition changes over 1 y in postmenopausal women. **American Journal of Clinical Nutrition**, 72, 401-406.
- Jenkins, K., & Heyward, V. H. (1999). Cross-Validation of Body Composition Equations for Children using Dual-Energy X-Ray Absorptiometry. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 31(5): S202.
- Katch, F. I., & Katch, V. L. (1980). Measurement and prediction errors in body composition assessment and the search for the perfect predication equation. **Research Q. Exerc. Sport**, 51(1), 249-260.
- Kohrt, W. (1995). Body composition by DXA: tried and true? **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 10, 1349-1353.
- Lohman, T. G. (1986). Applicability of body composition techniques and constants for children and youth. In K.B. Pandolf (Ed.). **Exercise and Sport Science Reviews**, 14, 325-357.
- Lohman, T. G. (1989). Assessment of body composition in children. **Pediatric Exercise Sciences**, 1, 19-30.
- Lohman, T. G. (1992). **Advances in Body Composition Assessment**. Champaign, IL: Human Kinetics.

- Mitchell, J. H., Hamilton, T. S., Steggerda, F. R., & Bean, H. W. (1945). The chemical composition of the adult human body and its bearing on the biochemistry of growth. **Journal of Biological Chemistry**, 158, 625-637.
- Morrow, J.R., Jakson, A.S., Bradley, P.W., & Hartung, G.H. (1986). Accuracy of Measured and Predicted Residual Lung Volume on Body Density Measurement. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 18, 647-652.
- Prior, B. M., Cureton, K. J., Modlesky, C. M., Evans, E. M., Sloniger, M. A., Saunders, M., & Lewis, R. D. (1997). In vivo validation of whole body composition estimates from dual-energy X-ray absorptiometry. **Journal of Applied Physiology**, 83, 623-630.
- Rhodes, G. G., & Kagan, A. (1983). The relation of coronary disease, stroke, and mortality to weight in youth and middle age. **Lancet**, 1, 492-495.
- Reilly, J.J., Wilson J., McColl, J.H., Carmichael, M., & Durnin, J.V. (1996). Ability of bioelectrical impedance to predict fat-free mass in prepubertal children. **Pediatric Research**, 39 (1), 176-179.
- Roubenoff, R., Kehayais, J.J., Dawson-Hughes, B., & Heymsfield, S.B. (1993). Use of dual energy X-ray absorptiometry in body composition studies: not yet a "gold standard". **American Journal of Clinical Nutrition**, 58, 589-591.
- Siri, W. E. (1956). The gross composition of the body. In C.A. Tobias; J.H. Laerence. **Advances in Biology and Medical Physics**, 4, 239-280. New York: Academic Press.
- Siri, W. E. (1961). Body composition from fluid spaces and density: Analysis of methods. In J. Brozek; & A. Henschel. **Techniques for Measuring Body Composition**, 223-224, Washington, D.C: National Academy of Sciences.
- Slaughter, M. H., Lohman, T. G., Boileau, R. A., Horswill, C. A., Stillman, R. J., VanLoan, M. D., & Bembien, D. A. A. (1988). Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. **Human Biology**, 60, 709-723.
- VanItallie, T. B., & Kral, J. G. (1981). The dilemma of morbid obesity. **Journal of American Medical Association**, 246, 999-1003.
- Van Loan, M. D., & Mayclin, P. L. (1992). Body composition assessment: dual-energy x-ray absorptiometry (DXA) compared to reference methods. **European Journal of Clinical Nutrition**, 46, 125-130.
- Wagner, D. R., & Heyward, V. H. (2001). Validity of two-component models for estimating body fat of black men. **Journal of Applied Physiology**, 90, 649-656.
- Widdowson, E.D., McCance, R.A., & Spary, C. M. (1951). The chemical composition of the human body. **Clinical Science**, 10, 113-125.
- Wilmore J. H. (1969). The use of actual, predicted and constant residual volumes in the assessment of body composition by underwater weighing. **Medicine & Science in Sports & Exercise**, 1, 87-90.
- Yonamine, R. S., & Pires Neto, C. S. (2000). Desenvolvimento e validação de equações para a estimativa da massa corporal magra de meninos de 12 a 14 anos. **Revista Brasileira de Cineantropometria & Desempenho Humano**, 2(1), 07-16.

Endereço do autor:

Claudio R. Escovar Paiva
Rua Sepé Tiaraju, 580 apto. 406
CEP: 90840-360
Porto Alegre, RS
E-mail: paiva@esef.ufrgs.br