

Escola de Medicina  
Programa De Pós-Graduação Em Pediatria E Saúde Da Criança  
Mestrado Em Medicina/Pediatria

**CARLOS ALBERTO SANDRE RODRIGUES**

Concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na avaliação da composição corporal em crianças e adolescentes

Orientadora: Prof. Dra. Rita Mattiello

PÓS-GRADUAÇÃO - *STRICTO SENSU*



Pontifícia Universidade Católica  
do Rio Grande do Sul

Carlos Alberto Sandre Rodrigues

**Concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na  
avaliação da composição corporal em crianças e adolescentes**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Curso de Pós-graduação em  
Medicina/Pediatria e Saúde da Criança da  
Pontifícia Universidade Católica do Rio  
Grande do Sul, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Mestre  
em Saúde da Criança.

Orientadora: Prof. Dra. Rita Mattiello

Porto Alegre

2019

## Ficha Catalográfica

R696c Rodrigues, Carlos Alberto Sandre

Concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na avaliação da composição corporal em crianças e adolescentes / Carlos Alberto Sandre Rodrigues . – 2019.

48 p.

Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Medicina/Pediatria e Saúde da Criança, PUCRS.

Orientadora: Profa. Dra. Rita Mattiello.

1. Composição corporal. 2. antropometria. 3. avaliação nutricional. 4. bioimpedância elétrica. I. Mattiello, Rita. II. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da PUCRS  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Bibliotecária responsável: Salete Maria Sartori CRB-10/1363

Carlos Alberto Sandre Rodrigues

**Concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na  
avaliação da composição corporal em crianças e adolescentes**

Dissertação de Mestrado apresentada ao  
Curso de Pós-graduação em  
Medicina/Pediatria e Saúde da Criança da  
Pontifícia Universidade Católica do Rio  
Grande do Sul, como parte dos requisitos  
necessários à obtenção do título de Mestre  
em Saúde da Criança.

Aprovado em: \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de \_\_\_\_\_

Banca Examinadora:

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Caroline Abud Drummond Costa

\_\_\_\_\_  
Profa. Dra. Lisiane Marçal Pérez

\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Eduardo Mundstock

Porto Alegre  
2019

## **AGRADECIMENTOS**

À professora e orientadora Dra. Rita Mattiello, pelo constante incentivo e orientação durante a minha dissertação. Também minha admiração por seu conhecimento e sua dedicação à pesquisa. Meu agradecimento por ter acreditado no meu potencial, por ter me proporcionado aprendizado científico e por sua amizade. Serei eternamente grato.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Pediatria e Saúde da Criança da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul pela imensa contribuição para o meu crescimento profissional e científico.

Aos colegas do Mestrado pela ajuda, troca de experiências e amizade, em especial Adriano Detoni Filho, Suelen Goecks Oliveira, Luiza Preto, Eduardo Mudstock, Marina Azambuja Amaral, Juliana Noal e Rejane pela parceria e ajuda durante todo processo.

À Gabrielle Carra Forte, por ter sido uma grande colega, me auxiliar e ajudar a esclarecer todas minhas dúvidas. Minha eterna gratidão pela tua ajuda.

À secretária Carla Carmo de Melo Rothmann (PPG-Pediatria), pelo apoio e esclarecimentos durante o Mestrado.

À minha amada esposa Marjorie Kaiany de Moraes Rodrigues pelo amor, carinho e principalmente pela paciência (muita) em todos os momentos em que me ausentei para tratar de assuntos ligados ao mestrado, a nossa filha Alícia de Moraes Rodrigues, que é minha maior motivação diária e que faz que eu almeje sempre mais.

Aos meus pais Evaldo Luiz Rodrigues (in memoriam) e Mariza Pereira Sandre por me oportunizarem viver. Amo-os muito!

A CAPES pela oportunidade da realização deste trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para meu crescimento profissional e acadêmico.

Minha eterna gratidão a todos!

## RESUMO

**Introdução:** A mensuração do percentual de gordura mediante as dobras cutâneas é um método não invasivo, factível e de baixo custo em comparação com outras técnicas de avaliação. No entanto, na população brasileira existe um número limitado de estudos que avaliam a concordância das dobras cutâneas com outras técnicas mais precisas como a bioimpedância.

**Objetivo:** Avaliar a concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na avaliação do percentual de gordura corporal em crianças e adolescentes.

**Métodos:** Estudo transversal que incluiu por conveniência participantes saudáveis na faixa etária de cinco a 20 anos. As dobras cutâneas foram avaliadas de forma padronizada e as equações de Slaughter 1 e 2, Huang e Goran foram utilizadas para estimação do percentual de gordura corporal. A bioimpedância foi realizada seguindo normas padronizadas no mesmo dia da avaliação das pregas cutâneas. A correlação entre as medidas foi avaliada pela correlação de Pearson e a concordância pelo método de Bland-Altman. O valor de  $p < 0,05$  foi considerado significativo.

**Resultados:** Foram avaliadas 439 crianças e adolescentes com idade média de  $11,6 \pm 3,7$  anos. A média de gordura corporal pela BIA foi de  $22,8 \pm 10,4\%$ , em comparação com as equações Slaughter (1)  $22,4 \pm 8,8\%$ , Slaughter (2)  $20,4 \pm 9,2\%$ , Goran  $19,6 \pm 4,4\%$  e Huang  $24,7 \pm 10,0\%$ . A análise de plotagem de Bland-Altman revelou limites de concordância superiores a 8% entre a bioimpedância e as equações, excedendo o limite clinicamente aceitável predefinido a priori. Nenhuma das equações teve boa concordância com a BIA.

**Conclusão:** Os resultados do presente estudo sugerem que a análise da espessura das dobras cutâneas e da bioimpedância não deve ser usada de forma intercambiável em crianças e adolescentes.

**Palavras-chaves:** composição corporal, antropometria, avaliação nutricional, bioimpedância.

## ABSTRACT

**Background:** The measurement of skinfolds is a non-invasive method, feasible and low cost compared to other techniques. However, in the Brazilian population there are a limited number of studies that evaluate the accuracy of skinfolds to evaluate body composition by comparison with other more precise techniques such as bioimpedance.

**Objective:** To evaluate the agreement between skinfolds and electrical bioimpedance in the evaluation of body fat percentage.

**Methods:** This was a cross-sectional study that included, for convenience, healthy participants aged five to 20 years. The skinfolds were evaluated in a standardized way and the Slaughter, Huang and Goran equations were used to estimate the percentage of body fat bioimpedance was performed according to standards standardized on the same day of the evaluation of the skin folds. Correlation between measurements was assessed by Pearson's correlation and agreement by the Bland-Altman method. The value of  $p < 0.05$  was considered significant.

**Results:** 439 children and adolescents with a mean age of  $11.6 \pm 3.7$  years were evaluated. The mean body fat by the BIA was  $22.8 \pm 10.4\%$ , as compared to Slaughter (1)  $22.4 \pm 8.8\%$ , Slaughter (2)  $20.4 \pm 9.2\%$ , Goran  $19.6 \pm 4.4\%$  and Huang  $24.7 \pm 10.0\%$  equations. Bland-Altman plot analysis revealed limits of agreement greater than 8% between the bioimpedance and equations, exceeding the clinically acceptable limit predefined a priori. None of the equations had good agreement with the BIA.

**Conclusion:** The results of the present study suggest that skinfolds thickness and bioimpedance analysis should not be used interchangeably in children and adolescents.

**Keywords:** body composition, anthropometry, nutritional assessment, bioimpedance.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1.....	16
---------------	----

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BIA: Análise de Bioimpedância Elétrica

DCNT: doenças crônicas não-transmissíveis

DEXA: densitometria por dupla emissão de raios-X

DP: Desvio-padrão

FM: Massa gorda

GC: Gordura corporal

IMC: Índice de massa corporal

OMS: Organização Mundial da Saúde

MLV: Massa livre de gordura

SB: Dobra cutânea subescapular.

TR: Dobra cutânea tricipital

%GC: Percentual de gordura corporal

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	13
2.1 Obesidade.....	13
2.2 Composição Corporal .....	14
2.2.1 Antropometria.....	15
2.2.2 Bioimpedância Elétrica.....	18
3 JUSTIFICATIVA .....	19
4 OBJETIVOS .....	20
4.1 Objetivo Geral .....	20
4.2 Objetivo Específico .....	20
5 MÉTODOS .....	21
5.1 Delineamento .....	21
5.2 População .....	21
5.3 Coleta de dados .....	21
5.3.1 Avaliação antropométrica e composição corporal.....	21
5.4 Análise estatística .....	23
6 CONCLUSÃO.....	24
7 REFERÊNCIAS.....	25
8 APÊNDICE .....	29
8.1 Aprovação Sipesq.....	29
8.2 Artigo Original .....	30

## 1 INTRODUÇÃO

A obesidade, caracterizada por uma quantidade excessiva de gordura corporal, têm aumentado em taxas alarmantes no mundo todo, e é considerada um problema de saúde pública, pois é uma das principais causas do desenvolvimento das doenças crônicas não transmissíveis(1). Além disso, a preservação da massa livre de gordura é um dos objetivos do tratamento dessas doenças. Nesse contexto, portanto, é importante identificar uma técnica simples, confiáveis, não invasivas e econômicas para a avaliação da composição corporal(2–5).

Uma vez que uma parte importante da gordura corporal está localizada no tecido subcutâneo, a mensuração da espessura desse tecido é utilizada como principal indicador na avaliação dessa medida. Não existe um método direto para medir a adiposidade, e os métodos indiretos mais utilizados são densitometria por dupla emissão de raios-X (DEXA), análise de bioimpedância elétrica (BIA) e antropometria. O uso do DEXA é considerado como “padrão ouro”, no entanto, devido ao elevado custo, difícil transporte do equipamento e necessidade de treinamento específico, a aplicação da técnica é restrita a alguns cenários específicos. Consequentemente, há uma necessidade de avaliação das outras técnicas menos caras e menos invasivas para avaliação da gordura corporal(6).

Ao comparar a BIA com outros métodos de avaliação da composição corporal, observou-se uma boa correlação com métodos de referência, como a pesagem hidrostática e o DEXA. A maior vantagem do uso dessa técnica é o baixo custo e a factibilidade de realização do exame(7). Com similar vantagem, a antropometria consiste na mensuração do índice de massa corporal (IMC), das circunferências e da espessura das dobras cutâneas(7–9). A mensuração das dobras cutâneas é um método não invasivo, de fácil e rápida utilização e baixo custo do equipamento em comparação às outras técnicas na avaliação da gordura corporal(10). No entanto, a exatidão e a precisão dessa medida dependem do tipo de plicômetro utilizado, da técnica do avaliador e pode apresentar um diferente desempenho em relação a população avaliada(6).

As equações preditivas das pregas cutâneas, a partir da mensuração das pregas cutâneas, surgem como alternativa para estimar os percentuais de gordura em locais que não possuem equipamentos como a bioimpedância. Além disso, em períodos específicos como infância e a idades mais avançadas, a utilização das

equações pode ter um papel relevante no acompanhamento das mudanças nos componentes corporais(11).

Na população brasileira existe um número limitado de estudos que avaliaram a precisão das dobras cutâneas mediante a comparação com outras técnicas consideradas mais precisas para avaliação da composição corporal, como a BIA. Além disso, não há nenhuma equação para a avaliação da composição corporal realizada especificamente com crianças brasileiras. Em razão disso, as equações mais utilizadas são Slaughter 1 e 2, Huang e Goran; no entanto, as evidências disponíveis utilizaram populações muito específicas em relação à faixa etária, ao número de indivíduos e às pregas avaliadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Obesidade

A obesidade é uma doença que se caracteriza pelo acúmulo de tecido adiposo(12,13). Constitui-se, na atualidade, como um dos principais problemas de saúde pública devido aos números alarmantes de crianças, adolescentes, adultos e idosos com obesidade no mundo(14).

Além disso, a obesidade pode ser um fator de risco para o desenvolvimento de doenças cardiovasculares, respiratórias, locomotoras, metabólicas, cânceres, além de transtornos psiquiátricos(15). Nesse contexto, ela está associada a um importante índice de mortalidade no mundo por doenças crônicas não transmissíveis (DCNT). No Brasil, essa doença apresenta uma prevalência elevada, comprometendo a qualidade de vida e elevando os custos em saúde da população(16). A Organização Mundial da Saúde (OMS) estima que exista, atualmente, mais de um bilhão de adultos com excesso de peso, dos quais, pelo menos, 400 milhões são clinicamente obesos, representando, inevitavelmente, aumento substancial na utilização dos recursos de saúde(17).

De acordo com dados epidemiológicos, as prevalências, no Brasil, são da ordem de 50% para o excesso de peso e de 17% para a obesidade(18). Estima-se que dois terços dos indivíduos obesos do planeta residam em países em desenvolvimento(13).

No Estado do Rio Grande do Sul, 63,6% da população masculina e 48,2% da população feminina encontram-se com excesso de peso. Já 18,6% da população masculina e 19,4% da população feminina apresentam-se obesa. Porto Alegre é a nona capital brasileira em número de adultos com excesso de peso (55,1%). Em termos de obesidade, a capital gaúcha ocupa a décima segunda colocação, com 19% de sua população adulta obesa(18).

O número de jovens com obesidade vem aumentando também nos últimos anos. Atualmente 43 milhões tem sobrepeso e 92 milhões tem obesidade, o que pode significar um aumento nos indicadores de saúde nos próximos anos(19).

Um estudo epidemiológico foi realizado baseando-se em 450 pesquisas de 144 países, onde foi projetado que em 2020, 9,1% das crianças estarão obesas ou com sobrepeso. De acordo com o estudo, em 2010, a margem de sobrepeso e obesidade

no mundo estava em 6,7%, onde a grande maioria se encontra nos países em desenvolvimento.(19)

No Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), foi feita uma pesquisa onde foram realizadas a antropometria e o estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos entre o período de 1974-2009. Os resultados mostraram que a relação de sobrepeso nos adolescentes aumentou bruscamente para os meninos (de 3,7% para 21,5%) e um pouco menos para as meninas (de 7,6% para 19,4%). Já para a obesidade, os índices apresentaram quase 6% para os meninos e 4% para as meninas (20).

## **2.2 Composição Corporal**

A análise da composição corporal mediante técnicas que fornecem informações sobre os componentes de forma individualizada como a percentagem de gordura e massa magra, oferecem informações mais precisas para avaliação da obesidade e de outras alterações nos componentes do corpo que estão relacionados ao estado de saúde(21).

Em crianças e adolescentes a avaliação da composição corporal é utilizada para verificar os padrões de crescimento e desenvolvimento do indivíduo e analisar de maneira específica os principais componentes corporais relacionados com a saúde(2,22,23).

Segundo a literatura, no início do século XIV, despertou-se o interesse em verificar os diferentes componentes do corpo humano; entretanto, foi a partir do século XX, devido à crescente epidemia de excesso de gordura corporal e aparecimento de diversas doenças coronárias, que a relevância clínica da composição corporal aumentou(21). A dissecação de cadáveres foi a primeira forma de analisar a composição corporal. Cabe salientar que esse método de avaliação é até hoje a única forma direta de medir os principais componentes do corpo(24).

Os métodos de composição corporal são divididos em grupos, sendo eles: diretos, indiretos e duplamente indiretos(25–27). O método direto possui um nível elevado de precisão; entretanto, apresenta limitações uma vez que depende da dissecação de cadáveres(28). Esse método é utilizado somente para pesquisas, pois necessita de pesagem isolada de cada um dos componentes corporais(25).

Os métodos indiretos também são precisos, mas têm um custo financeiro alto. Geralmente são mais utilizados principalmente para validar as técnicas duplamente indiretas(29). Entre esses métodos, a densitometria por dupla emissão de raios-X (DEXA) aparece como um dos mais utilizados, e é atualmente considerado “padrão ouro”(28). Na prática clínica, entretanto, apresenta limitações em razão do custo do equipamento, treinamento de pessoas especializadas para o manuseio, questões de deslocamento e limitação ao tamanho corporal do indivíduo(30).

Os métodos duplamente indiretos são menos rigorosos; entretanto, mostram uma melhor aplicação prática e menor custo financeiro, fazendo com que seja empregado facilmente em pesquisas de campo ou estudos clínicos. O seu manuseio é bem mais acessível e possibilita maior interpretação dos dados. Dentre esses métodos destacam-se a antropometria e a bioimpedância elétrica (BIA)(31).

### **2.2.1 Antropometria**

Um dos métodos mais utilizados para diagnosticar o estado nutricional na população é mediante os parâmetros antropométricos como o peso e IMC. Em crianças, a Diretriz Brasileira de Obesidade indica uma série de parâmetros antropométricos como parte da avaliação do estado nutricional, como o percentil e escore z de peso para idade, estatura para idade, peso para estatura e índice de massa corporal (IMC) para idade. O IMC é o parâmetro mais utilizado para classificação de excesso de peso e difere de acordo com o sexo e a faixa etária, conforme mostrado no quadro 1. (32)

Quadro 1: Classificação do estado nutricional de crianças e adolescentes

CONDIÇÃO	IDADE: DO NASCIMENTO ATÉ 5 ANOS** PONTOS DE CORTE	IDADE: DE 5 A 19 ANOS* PONTOS DE CORTE
Magreza grave*/ Desnutrido grave**	Escore Z < -3	Escore Z < -3
Magro*/ Desnutrido**	Escore Z < -2	Escore Z < -2
Eutrófico	Escore Z ≥ -2 e ≤ +1	Escore Z ≥ -2 e ≤ +1
Risco de sobrepeso	Escore Z > +1 e ≤ +2	
Sobrepeso	Escore Z > +2 e ≤ +3	Escore Z ≥ +1 (equivalente ao IMC 25 kg/m <sup>2</sup> aos 19 anos) e ≤ +2
Obesidade	Escore Z > +3	Escore Z > +2 (equivalente ao IMC 30 kg/m <sup>2</sup> aos 19 anos) e ≤ +3
Obesidade grave		Escore Z > +3

Fonte: Diretrizes Brasileiras de Obesidade(32).

A antropometria caracteriza-se por ser um método simples, de baixo custo, não invasivo e de boa qualidade na maioria dos cenários(33–35). Em razão destes fatores citados, ela é o método mais utilizado por profissionais e pesquisadores(36). Dentro dos métodos utilizados para avaliar a composição corporal de forma indireta e um pouco mais específica, as técnicas circunferência do braço, prega cutânea tricipital e subescapular, são recomendadas na avaliação de crianças(37).O principal uso da avaliação das dobras cutâneas, por exemplo, é na mensuração do nível de gordura corporal (38).

Existe um número expressivo de equações para interpretação dos resultados das dobras cutâneas. Essas equações foram baseadas em diferentes modelos em diversas populações. Essas podem ser divididas em equações generalizadas e específicas. As equações generalizadas são utilizadas em populações que envolvem grande variação de idade e níveis de gordura corporal. A segunda é mais aplicada em populações que utilizam características semelhantes à idade, ao sexo, à etnia e nível de atividade física(10,23).

As primeiras equações datam da década de 50 e foram feitas para populações específicas por Brozek e Keys(39). Para criação dessas equações os autores utilizaram dobras cutâneas e equações para avaliar a densidade corporal de jovens do sexo masculino. No início de 1960 foram publicadas equações semelhantes para

mulheres de grupos etários selecionados a partir de inúmeras combinações de dobras cutâneas(40).

Durnin e Womersley(41), foram os pioneiros, na década de 70, a considerar a abordagem generalizada. Os autores forneceram equações por uma única curva comum, mas que podia ser ajustada para idade. Complementando esta pesquisa Jackson e Pollock(42) descreveram equações generalizadas para homens e mulheres adultos.

Em 1984, Slaughter et al.(43) recrutaram crianças e adultos, divididos em pré-púberes, púberes, pós-púberes e adultos, com o intuito de analisarem a influência da maturação sobre as dobras cutâneas e a densidade corporal. Foram selecionados 317 indivíduos de ambos os sexos, negros e brancos para o estudo. As dobras mensuradas nas crianças foram: tríceps, panturrilha, coxa e abdômen. Os autores identificaram que houve mudanças significativas entre a densidade corporal e a soma das quatro dobras cutâneas, ocorrendo na transição da fase pré-púbere à fase púbere e da púbere à pós-púbere.

Em 1988(44), Slaughter et al. deram continuação a pesquisa anterior com um novo estudo que descreveu dados do percentual de gordura corporal. A pesquisa incluiu 310 indivíduos, dos 8 aos 29 anos, de ambos sexos e diferentes etnias. Os resultados do estudo proporcionaram a criação de duas equações de dobras cutâneas para crianças (tríceps e subescapular; tríceps e panturrilha). A fim de obter melhores resultados para as crianças que tiveram o somatório das dobras maior ou menor que 35 mm, foram aferidos o tríceps e a subescapular

A equação de Huang(45) foi desenvolvida com crianças, de ambos os sexos, dos 7 aos 13 anos, em Los Angeles, Estados Unidos. O estudo incluiu 96 (60 meninos e 36 meninas) crianças que foram convidadas a participar da pesquisa mediante o anúncio em jornais, rádios, panfletos e comunicação verbal. Como critério de inclusão, os avós maternos e paternos deveriam ter ascendência mexicana, centro-americana ou sul-americana. Os indivíduos com menos de 7 e mais de 14 anos, que fizessem uso de medicamentos que pudessem alterar a composição corporal ou que possuíssem qualquer doença grave diagnosticada desde o nascimento foram excluídos. Dois terços da amostra foram randomizados para o grupo em que as equações foram desenvolvidas (40 meninos e 24 meninas); as outras foram colocadas em um grupo de validação cruzada (20 meninos e 12 meninas). Para validação das medidas da gordura corporal foi utilizado o DEXA.

A equação de Goran(46) foi desenvolvida em crianças de 4 a 10 anos de idade, utilizando o DEXA como referência. Todos participantes eram brancos, exceto quatro meninas que eram descendentes de nativos americanos. A pesquisa selecionou 98 indivíduos, sendo a metade de cada sexo. A massa gorda estimada pela DEXA se correlacionou com outros índices clínicos, como a dobra cutânea tricipital, o IMC, o peso corporal e a dobra cutânea subescapular.

A fim de definir o percentual de gordura de crianças e adolescentes Mukherjee e Roche(47) e Lohman(48) deram sequência aos estudos descritos. Lohman criou equações para estimar a gordura corporal em crianças e adolescentes de 6 a 16 anos, baseando-se nos pressupostos de Boileau(49) sobre a imaturidade química de crianças. Utilizando-se das alterações apresentadas com as idades dos indivíduos, desenvolveu equações de dobras cutâneas do método de 2C (tríceps e subescapular), baseando-se no método de Siri(50), que considerava as variáveis nas proporções de água e mineral da massa livre de gordura. Essas técnicas são utilizadas até hoje. A fórmula proposta foi:  $\%GC = 1,35(TR + SB) - 0,012(TR+SB)^2 - C$ , em que TR: dobra cutânea tricipital e SB= dobra cutânea subescapular.

### **2.2.2 Bioimpedância Elétrica**

A bioimpedância elétrica (BIA) é um aparelho que estima a composição corporal, mediante uma corrente elétrica alternada, correntes que passam nos tecidos corporais. Os fluídos corporais atuam como condutores, e as membranas seriam os elementos condensadores. A BIA oferece medidas parâmetros corporais como volume de água corporal massa livre de gordura (MLG) e a gordura corporal (GC)(51). A corrente elétrica da BIA é imperceptível ao indivíduo e até o momento, não foram descritos nenhum efeito adverso como consequência da aplicação da técnica. A BIA tem sido considerada uma avaliação válida e factível(3,52). Em crianças e adolescentes, a BIA tem sido utilizada para estimar a distribuição da composição corporal(53,54).

### **3 JUSTIFICATIVA**

A mensuração das dobras cutâneas é um método não invasivo, factível e baixo custo em relação às outras técnicas. No entanto, na população brasileira existe um número limitado de estudos que avaliam a precisão das dobras cutâneas para avaliação da composição corporal mediante a comparação com outras técnicas mais precisas como a bioimpedância.

Considerando a relevância da técnica da importância e a escassez de estudos que avaliaram a concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na avaliação no percentual de gordura corporal em crianças e adolescentes brasileiros saudáveis.

## **4 OBJETIVOS**

### ***4.1 Objetivo Geral***

Avaliar a concordância entre as pregas cutâneas e a bioimpedância elétrica na avaliação no percentual de gordura corporal em crianças e adolescentes

### ***4.2 Objetivo Específico***

- Avaliar a correlação entre as equações mais utilizadas na população brasileira com a bioimpedância elétrica.

## **5 MÉTODOS**

Esse estudo faz parte de um projeto guarda-chuva desenvolvido pelo Programa de Pós-Graduação em Pediatria e Saúde da Criança, da Escola de Medicina, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (PUCRS), denominado “Valores de Referência de Composição Corporal para a População Brasileira”, coordenado pela Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Rita Mattiello.

### **5.1 Delineamento**

A pesquisa caracteriza-se por ser um estudo transversal.

### **5.2 População**

Foram recrutados no Brasil, mediante comunicação verbal, crianças e adolescentes, entre os 2015 e 2017, para fazerem parte do estudo. Indivíduos com menos de cinco anos ou mais de 20 anos, recebendo medicamentos que são conhecidos ou suspeitos de afetar a composição corporal (por exemplo, metilfenidato, hormônio do crescimento, prednisona), ou diagnosticados com qualquer doença grave desde o nascimento foram excluídos.

### **5.3 Coleta de dados**

Previamente à avaliação nutricional foi aplicado questionário sociodemográfico com as seguintes variáveis: sexo, idade e etnia.

#### **5.3.1 Avaliação antropométrica e composição corporal**

As medidas antropométricas incluíram altura, peso corporal, circunferência do braço e circunferência da cintura, seguindo os padrões internacionais para avaliação antropométrica (55).

A estatura foi avaliada por meio de um estadiômetro de metal (Cescorf, Brasil) fixado em barra vertical com apoio de cabeça ajustável. Os indivíduos foram instruídos a ficar de pés descalços, braços ao longo do corpo e cabeça no plano horizontal de Frankfurt(56).

O peso foi avaliado por meio de balança digital calibrada (modelo Charder MS6121, Brasil), com capacidade de 200kg e precisão de 100g, com o mínimo de vestimentas possível, sem calçados e sem objetos metálicos no corpo.

O índice de massa corporal ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) e o percentil foram então calculados, e os indivíduos testados foram classificados como abaixo do peso, peso normal, sobrepeso ou obeso de acordo com os pontos de corte padrão recomendados pela Organização Mundial de Saúde.

Foram mensurados os perímetros do braço relaxado e da panturrilha, utilizando fita métrica, inelástica, com resolução 0,1cm (Mabbis®). A circunferência do braço foi medida no ponto médio entre o acrômio e o olécrano do braço não dominante, e a circunferência da panturrilha na maior circunferência.

As equações de espessura das pregas cutâneas foram aplicadas conforme proposto por Slaughter, Goran e Huang. A espessura das dobras cutâneas foi medida por meio de um compasso científico de espessura das dobras cutâneas (Cescorf, Porto Alegre, Brasil), com sensibilidade de 0,1mm e amplitude de leitura de 85mm, com pressão constante de  $10\text{g}/\text{mm}^2$ . Três locais anatômicos do lado direito do corpo tríceps, panturrilha e subescapular foram medidos (em mm) em triplicata. A média aritmética das três medições foi calculada para determinar o valor anatômico do ponto.

A análise de bioimpedância elétrica foi realizada com um modelo de dispositivo portátil, multifrequência BIA (Modelo InBodyS10, da Ottoboni). A BIA estima a composição corporal por meio da diferença de condutividade dos vários tecidos, devido à diferença de suas características biológicas. Para a análise é aplicada uma corrente de  $100\mu\text{A}$  (1KHz) a  $500\mu\text{A}$ . Esse aparelho pode aferir indivíduos com faixa de idade de 3 a 99 anos, de 10 a 250 Kg e 95 a 220cm de estatura. Cada participante realizou duas avaliações e a média dessas avaliações foi considerada como resultado final. A mensuração foi realizada de acordo com as especificações do fabricante, com os indivíduos em decúbito dorsal, membros afastados do corpo e com o mínimo de roupa possível. Após a obtenção dos valores de resistência (C) e reatância ( $X_c$ ), o vetor de bioimpedância foi calculado com o software BIVA1,

através do método gráfico resistência-reatância de análise vetorial (RCXc), no qual a resistência é o vetor horizontal, a reatância é o vetor vertical. Estes vetores, quando combinados geram um terceiro vetor (Z) que representa a bioimpedância.

#### **5.4 Análise estatística**

Um teste de Shapiro-Wilk verificou se a distribuição era normal para todos os parâmetros. Os resultados foram apresentados como frequência absoluta e relativa (proporção), média  $\pm$  desvio padrão (DP) ou mediana e intervalo interquartil (P25-P75) para distribuições assimétricas. A composição corporal obtida com os diferentes métodos (BIA e dobras cutâneas) foi comparada usando o teste t de *student* ou o teste U de Mann - Whitney conforme a assimetria das variáveis. Foi utilizada a abordagem gráfica de Bland-Altman para verificar a concordância entre os métodos e o viés. Considerou-se clinicamente aceitável um desvio de até 5% nos limites de concordância de 95% (viés relativo dentro de 1,96 x desvio padrão), segundo Lohman. A análise de Bland-Altman foi realizada por sexo. O coeficiente de correlação de Pearson foi usado para avaliar a correlação entre diferentes métodos.

Os dados foram analisados usando SPSS (versão 17.0; IBM Corporation, Armonk, Nova York) e MedCalc Software (versão 12.1.4; Ostend, Bélgica). Valores de P abaixo de 0,05 foram considerados significativos.

O tamanho da amostra foi determinado utilizando o gráfico de Bland-Altman, considerando um poder de 80% e um nível de significância de 0,05, média esperada de diferenças de 5%, desvio padrão esperado de diferenças de 2% e diferença máxima permitida entre métodos 10%, 172 sujeitos seriam necessários no estudo.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul (CAAE: 48270515.3.1001.5336). O consentimento informado foi obtido dos pais dos participantes.

## 6 CONCLUSÃO

A antropometria ainda é um dos métodos mais utilizados para avaliação do estado nutricional, em especial, a âmbito de saúde pública. No entanto, o que tem se observado é o uso clínico apenas do IMC, medida que não diferencia a composição corporal.

Nas últimas décadas, foram propostas equações de estimativas de composição corporal para crianças, em especial, para avaliação do percentual de gordura corporal. Essas equações são baseadas nas medidas antropométricas corriqueiramente realizadas nos centros de saúde. No entanto, nenhuma delas foi criada para a população brasileira. A equação mais utilizada ainda é a de Slaughter, que foi baseada em indivíduos americanos.

Nosso estudo, portanto, buscou avaliar a concordância entre as principais equações utilizadas para avaliação do percentual de gordura entre as crianças e adolescentes brasileiros com os valores mensurados através da bioimpedância elétrica. Baseando-se nos resultados encontrados, conclui-se que a análise da espessura das dobras cutâneas e da bioimpedância não deve ser usada de forma intercambiável em crianças e adolescentes.

## 7 REFERÊNCIAS

1. Obesity WC on. Obesity: Preventing and managing the global epidemic. World Heal Organ - Tech Rep Ser. 2000.
2. Lohman T. Advances in body composition assessment. Kinects H, organizador. Champaign (IL); 1992.
3. Cocetti M, Castilho SD, de Azevedo Barros Filho A. Dobras cutâneas e bioimpedância elétrica perna-perna na avaliação da composição corporal de crianças. Rev Nutr. 2009.
4. Ochiai H, Shirasawa T, Nishimura R, Morimoto A, Shimada N, Ohtsu T, et al. Relationship of body mass index to percent body fat and waist circumference among schoolchildren in Japan - The influence of gender and obesity: A population-based cross-sectional study. BMC Public Health. 2010;10:1–6.
5. Lawlor DA, Benfield L, Logue J, Tilling K, Howe LD, Fraser A, et al. Association between general and central adiposity in childhood, and change in these, with cardiovascular risk factors in adolescence: Prospective cohort study. BMJ. 2010.
6. Guedes DP. Cineantropometria e Desenvolvimento Motor Recursos antropométricos para análise da composição corporal. Rev Bras Educ Física e Esporte. 2006.
7. Guedes DP, Correa C, Elisabete J PR. Reprodutibilidade e Validade do Questionário Internacional de Atividade Física em adolescentes. Soc Bras Med do Esporte. 2005.
8. Matsudo S, Araújo T, Matsudo V, Andrade D, Andrade E, Oliveira LC, et al. Questionário Internacional de Atividade Física (IPAQ): Estudo de validade e reprodutibilidade no Brasil. Rev Bras Atividade Física Saúde. 2001;6(2):5–18.
9. BRASIL. Guia Alimentar para a população brasileira: promovendo a alimentação saudável. MS Brasília, organizador. 2006.
10. Heyward VH, Stolarczyk LM. Avaliação da composição corporal aplicada. Avaliação antropométrica nos ciclos da vida uma visão prática. 2000;
11. Malina RM. Body Composition in Athletes: Assessment and Estimated Fatness. Clin Sports Med. 2007.
12. Enes CC, Slater B. Obesidade na adolescência e seus principais fatores determinantes. Rev Bras Epidemiol. 2010;
13. Mancini MC. Tratado de obesidade. 2º ed. Koogan G, organizador. Rio de Janeiro; 2015.
14. Ng, M.; Fleming, T.; Robinson, M.; Thomson, B.; Graetz, N.; Margono, C.; Mullany, E.C.; Biryukov, S.; Abbafati, C.; Abera SF. et al. Global, regional, and national prevalence of overweight and obesity in children and adults during 1980–2013: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study

2013. Lancet. 2014.
15. Kumar S, Kelly AS. Review of Childhood Obesity: From Epidemiology, Etiology, and Comorbidities to Clinical Assessment and Treatment. Mayo Clinic Proceedings. 2017.
  16. Porto Oliveira T, Suely Caribé de Araújo Andrade S, Maria Alves da Silva M, Carvalho Malta D, Aline Siqueira Santos M. Avanços do Plano de Ações Estratégicas para o Enfrentamento das Doenças Crônicas não Transmissíveis no Brasil, 2011-2015. Epidemiol e Serviços Saúde. 2016.
  17. WHO. Global recommendations on physical activity for health. WHO. 2010.
  18. Brasil. VIGITEL Brasil 2015. Brasil. Ministério da Saúde. 2016.
  19. Mercedes de Onis, Monika Blössner and EB. Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children. The American journal of clinical nutrition, 92(5):1257–1264, 2010. Deloitte. 2017.
  20. IBGE. Pesquisa de Orçamentos Familiares 2008-2009: Antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil. 2008<sup>o</sup>–2009<sup>o</sup> ed. Ministério do Planejamento orçamento e gestão, organizador. 2009.
  21. Heymsfield SB, Wang ZM, Visser M, Gallagher D, Pierson RN. Techniques used in the measurement of body composition: An overview with emphasis on bioelectrical impedance analysis. In: American Journal of Clinical Nutrition. 1996.
  22. Fomon SJ, Haschke F, Ziegler EE, Nelson SE. Body composition of reference children from birth to age 10 years. Am J Clin Nutr. 1982;
  23. Lukaski HC. Methods for the assessment of human body composition: Traditional and new. American Journal of Clinical Nutrition. 1987.
  24. Shen W, St-Onge M-P WZH. Study of Body Composition: An Overview. In: Heymsfiel SB, Lohman TG, Wang Z, Going SB. 2<sup>o</sup> ed. Human Kinetics, organizador. United States of America; 2005.
  25. Martin AD, Drinkwater DT. Variability in the Measures of Body Fat: Assumptions or Technique? Sport Med. 1991;
  26. Monteiro AB, Fernandes Filho J. Análise da composição corporal: Uma revisão de métodos. Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano. 2002.
  27. Kuriyan R, Kurpad A V. Prediction of total body muscle mass from simple anthropometric measurements in young Indian males. Indian J Med Res. 2004.
  28. Sant'Anna M de SL, Priore SE, Franceschini S do CC. Métodos de avaliação da composição corporal em crianças. Rev Paul Pediatr. 2009.
  29. Siri WE. Body composition from fluid spaces and density: analysis of methods. In: Techniques for measuring Body composition. 1961.
  30. Talma H, Chinapaw MJM, 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. *Obesity Reviews*. 2013.
31. Lu H-K, Chiang L-M, Chen Y-Y, Chuang C-L, Chen K-T, Dwyer G, et al. Hand-to-Hand Model for Bioelectrical Impedance Analysis to Estimate Fat Free Mass in a Healthy Population. *Nutrients*. 2016.
  32. ABESO AB para o E da O e da SM. Diretrizes brasileiras de obesidade 2016/ABESO. 4.ed - São Paulo, SP. 2016.
  33. Pecoraro P, Guida B, Caroli M, Trio R, Falconi C, Principato S, et al. Body mass index and skinfold thickness versus bioimpedance analysis: Fat mass prediction in children. In: *Acta Diabetologica*. 2003.
  34. Heyward VH. Avaliação física e prescrição de exercício: técnicas avançadas. *ArtMed*. 2004.
  35. Petroski E. Antropometria: Técnicas e Padronizações. 2º ed. Palotti, organizador. Porto Alegre; 2003.
  36. Heyward VH. Practical body composition assessment for children, adults, and older adults. *Int J Sport Nutr*. 1998.
  37. Eisenstein et al. Nutrição na Adolescência. *J Pediatr (Rio J)*. 2000.
  38. Vannucchi H et al. Aplicações das recomendações nutricionais adaptadas à população brasileira. *Cad Nutr São Paulo*. 1990;2:63–7.
  39. Brožek J, Keys A. The Evaluation of Leanness-Fatness in Man: Norms and Interrelationships. *Br J Nutr*. 1951.
  40. Durnin JVGA, Rahaman MM. The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. *Br J Nutr*. 1967.
  41. Durnin J V, Womersley J. Body fat assessed from total body density and its estimation from skinfold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. *Br J Nutr*. 1974.
  42. Jackson AS, Pollock ML. Generalized equations for predicting body density of men. *Br J Nutr*. 1978.
  43. Slaughter M, Lohman T, Boileau R. Influence of maturation on relationship of skinfolds to body density: a cross-sectional study. *Hum Biol*. 1984.
  44. Slaughter M, Lohman T, Boileau R, Horswill C, Stillman R, Loan V, et al. Skinfold Equations for Estimation of Body Fatness in Children and Youth. *Hum Biol*. 1988.
  45. TT H, MP W, MI G. Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. *Obes Res*. 2003.
  46. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, Nagy TR, Hunter G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr*. 1996.

47. Roche AF. The Estimation of Percent Body Fat , Body Density and Total Body Fat by Maximum R<sup>2</sup> Regression Equations Author ( s ): Debabrata Mukherjee and Alex F . Roche Stable URL : <http://www.jstor.org/stable/41463551> . Hum Biol. 1984.
48. LOHMAN TG. Applicability of Body Composition Techniques and Constants for Children and Youths. *Exerc Sport Sci Rev.* 1986.
49. Boileau R.A. LTGS. Exercise and body composition of children and youth. *Scand J Sport Sci.* 1985.
50. SIRI WE. The gross composition of the body. In: *Adv Biol Med Phys.* United States; 1956.
51. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Gómez JM, et al. Bioelectrical impedance analysis - Part I: Review of principles and methods. *Clin Nutr.* 2004.
52. Aglago KE, Menchawy I EI, Kari K EI, Hamdouchi A EI, Barkat A, Bengueddour R, et al. Development and validation of bioelectrical impedance analysis equations for predicting total body water and fat-free mass in North-African adults. *Eur J Clin Nutr.* 2013.
53. Gonz K, Correa-bautista JE, Garc A, Prieto-benavides DH, Tordecilla-sanders A, Id CA. Comparison of Bioelectrical Impedance Analysis , Estimating Body Fat Percentage in Colombian Children and Adolescents with Excess of Adiposity. 2018.
54. Golec J, Kmiotek EK, Czechowska D, Szczygieł E, Masłoń A, Tomaszewski KA, et al. Analysis of body composition among children and adolescents - A cross-sectional study of the Polish population and comparison of body fat measurement methods. *J Pediatr Endocrinol Metab.* 2014.
55. Stewart A, Marfell-Jones M. International standards for anthropometric assessment. *Int Stand Anthr Assess.* 2001.
56. Seiffert H. Orientacoes para a Coleta e Analise de Dados Antropometricos em Serviços de Saúde. Ministério da Saúde. 2011.

## 8 APÊNDICES

### 8.1 *Aprovação sipesq*



## SIPESQ

Sistema de Pesquisas da PUCRS

---

Código SIPESQ: 8568

Porto Alegre, 27 de março de 2018.

Prezado(a) Pesquisador(a),

A Comissão Científica da ESCOLA DE MEDICINA da PUCRS apreciou e aprovou o Subprojeto de Pesquisa "Concordância entre medidas antropométricas padrão e a bioimpedância elétrica na avaliação da composição corporal" vinculado ao Projeto Guarda-Chuva "6725 - VALORES DE REFERÊNCIA DE COMPOSIÇÃO CORPORAL PARA A POPULAÇÃO BRASILEIRA".

Este projeto necessita da apreciação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP). Toda a documentação anexa deve ser idêntica à documentação enviada ao CEP, juntamente com o Documento Unificado gerado pelo SIPESQ.

Atenciosamente,

Comissão Científica da ESCOLA DE MEDICINA

## 8.2 Artigo Original

**Title:** Can skinfold thickness equations interchanged bioimpedance analysis in children?

**Running title:** Skinfold thickness equations and multi-frequency bioimpedance

**Authors:** Carlos Alberto Sandre Rodrigues<sup>1</sup>, Rita Mattiello<sup>2</sup>

### Authors and affiliations

<sup>1</sup> MSc, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brazil.

<https://orcid.org/0000-0001-8609-4551>, carlinhosasr@hotmail.com

<sup>2</sup> PhD, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brazil.

<http://orcid.org/0000-0002-0548-3332>, rita.mattiello@pucrs.br

\*Both authors contributed equally to the manuscript.

**Competing Interests:** We have no conflict of interest to declare

### Corresponding author

Name: Rita Mattiello

Full postal address: Av. Ipiranga, 6690 – Prédio 60 – Partenon – Porto Alegre/RS,  
Programa de Pós-graduação em Pediatria e Saúde da Criança da PUCRS

Telephone number: 55 51 993273252

E-mail address: rita.mattiello@pucrs.br

**Manuscript word counts:** 1780

**Abstract word counts:** 194

**Tables:** 1

**Figures:** 1

## ABSTRACT

**Objective:** The aim of the present study was to evaluate the agreement between the most used skinfold thickness equations with the multiple frequency electrical bioimpedance (BIA) in prediction of body fat levels in children.

**Method:** A cross-sectional study of healthy Brazilian community-dwelling individuals. The anthropometric assessment included height, body mass, arm circumference and waist circumference. The percentage of body fat was obtained by measuring skinfold thickness equations and by using BIA, and the skinfold thickness were measured using a scientific skinfold thickness caliper. Bland–Altman plot analysis was used to verify the agreement between the methods.

**Results:** 439 children and adolescents with a mean age of  $11.6\pm 3.7$  years were evaluated. The mean body fat by the BIA was  $22.8\pm 10.4\%$ , as compared to Slaughter (1)  $22.4\pm 8.8\%$ , Slaughter (2)  $20.4\pm 9.2\%$ , Goran  $19.6\pm 4.4\%$  and Huang  $24.7\pm 10.0\%$  equations. Bland-Altman plot analysis revealed limits of agreement greater than 8% between the bioimpedance and equations, exceeding the clinically acceptable limit predefined a priori. None of the equations had good agreement with the BIA.

**Conclusion:** We conclude that skinfolds thickness and bioimpedance analysis should not be used interchangeably in children and adolescents.

**KEYWORDS:** Skinfold Thickness, Bioimpedance, Body Composition, Child, Adolescent

## INTRODUCTION

Overweight and obesity have risen at alarming rates worldwide.<sup>1</sup> Obesity is characterized by excessive body fat, which is the main cause of chronic non-transmissible diseases in adulthood.<sup>2</sup> Therefore, preservation of recommended range lean mass is one of the goals of treating these diseases. Therefore, body composition analysis is being recognized as a research and a potentially important clinical analysis tool.<sup>3</sup> However, isolated measures as body mass index (BMI), arm and waist circumferences can be inaccurate to predict total body fat mass.<sup>3</sup>

Body composition can be measured by a variety of techniques, and these methods vary in their cost, accuracy, feasibility, and sophistication.<sup>4</sup> There is no direct method to measure adiposity, and the most commonly indirect feasible methods, are bioelectrical impedance analysis (BIA) and skinfolds thickness.<sup>5-7</sup> The greatest advantage of using this methods is the low cost and feasibility of performing the exam.<sup>8,9</sup> An important number of equations have been developed to estimate body composition from anthropometry. Studies identified a significant and moderate correlation between percentage of body fat (%BF) measured by the skinfold thickness equations and bioimpedance analysis.<sup>10-13</sup> However, there is a lack of evidence on the agreement between bioimpedance and standard skinfold equations, and therefore whether they can be used interchangeably in children and adolescents.

The aim of the present study was to evaluate the agreement between the most used skinfold thickness equations with the multiple frequency electrical bioimpedance in prediction of body fat levels in children. Our hypothesis is that standard anthropometric methods and BIA analysis can be used interchangeably.

## **METHODS**

The present study followed the guidelines for writing observational articles STROBE Statement.<sup>14</sup>

### ***Study design***

This was a cross-sectional study.

### ***Setting and Participants***

Children and adolescents were recruited for convenience. Healthy children and adolescents aged 5 to 18 years were recruited for convenience. Participants were considered if they had not been diagnosed with any chronic disease or were on continuous medication. Exclusion criteria were contraindications to BIA, such as diseases affecting the electrical resistance of the skin, pregnancy, persons with an implanted pacemaker or cardioverter defibrillator, and persons with amputation or using prosthesis/orthosis.

Participants were considered healthy if they had not been diagnosed with any chronic disease or were on continuous medication.

Data were collected from December 2015 to February 2018 in public and private schools, companies, and events in South of Brazilian cities. Recruitment occurred through word of mouth.

### ***Data measurements***

Anthropometric measurements included height, body mass, arm circumference and waist circumference following international standards for anthropometric assessment.<sup>15</sup> Height was assessed using a metal stadiometer

(Cescorf, Brazil) affixed on a vertical bar with an adjustable headpiece. The individuals were instructed to stand bare feet, arms along the body and head in the Frankfort horizontal plane. Weight was assessed using a calibrated digital scale (Charder MS6121 model, Brazil) with a capacity of 200 kg and accuracy of 100 g, with as little clothing as possible, no shoes and no metal objects on the body. Body mass index ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) was then calculate. Arm circumference was measured at the midpoint between of the lateral superior edge of the acromial process, adjusted in the lateral deltoid position, viewed from the side and from the proximal and lateral edge of the radius head <sup>15</sup>. After marking, the midpoint was performed and the perimeter of the relaxed right arm was measured. Waist circumference was defined at the minimum circumference between the iliac crest and the rib cage. <sup>16</sup>

The percentage of body fat was obtained by measuring skinfold thickness equations and by using multi-frequency BIA, which estimates body composition using the difference of conductivity of the various tissues due to the difference of their biological characteristics.

Skinfold thickness were measured using a scientific skinfold thickness caliper (Cescorf, Porto Alegre, Brazil). Three anatomical sites on the right side of the body triceps, calf, and subscapularis were measured (in mm) in triplicate. The arithmetic average of the three measurements was calculated to determine the anatomical point value. Skinfold thickness equations were applied as proposed by Slaughter, <sup>17</sup> Goran <sup>18</sup> and Huang <sup>19</sup> (Supplementary material).

Bioelectrical impedance analysis was performed with a portable device model, InBodyS10 multi-frequency (USA). In accordance with the manufacturer's guidelines, electrodes are placed at 8 precise tactile-points of the body to achieve a multi-segmental frequency analysis. A total of 30 impedance measurements are obtained

using six different frequencies (1 kHz, 5 kHz, 50 kHz, 250 kHz, 500 kHz, 1000 kHz) at the five following segments of the body: right and left arms, trunk, right and left legs.

### ***Statistical analysis***

A Shapiro-Wilk test verified the normal distribution for all parameters. The results were presented as cases (proportion), mean  $\pm$  standard deviation (SD), or by median and interquartile range (P25-P75) for asymmetric distributions. Body composition obtained with the different methods (BIA and skinfold thickness) were compared using the Student's t test or Mann-Whitney U test when appropriate. We used the graphical approach of Bland-Altman to verify the agreement between the methods and bias. We considered clinically acceptable a deviation up to 8% in the 95% Limits Of Agreement (LOA) (relative bias within 1.96 x standard deviation), according to previous study.<sup>20,21</sup>

The data were analyzed using SPSS (version 17.0; IBM Corporation, Armonk, New York), and MedCalc Software (version 12.1.4; Ostend, Belgium). P-values below 0.05 were considered significant.

The study was approved by the Ethics Committee at the Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Brazil (CAAE: 48270515.3.1001.5336). Informed consent was obtained from the parents of the participants.

Sample size was determined using the Bland-Altman plot, considering a power of 80% and a level of significance of 0.05, expected mean of differences 5%, expected standard deviation of differences 2% and maximum allowed difference between methods 10%, 172 subjects would be needed in the study.

## RESULTS

A total of 439 subjects, 144 (32.8%) children and 295 (67.2%) adolescents with mean age  $11.6 \pm 3.7$  years, were evaluated. There was a predominance of females 243 (55.4%) and self-declared Caucasian 251 (65.9%). The mean weight was  $47.0 \pm 18.5$  kg; of the Body Mass Index  $20.4 \pm 4.4$  kg/m<sup>2</sup>; waist circumference  $66.8 \pm 11.8$  cm; arm circumference  $21.9 \pm 3.4$  cm; arm muscular area  $19.1 \pm 5.5$  mm<sup>2</sup>; area of arm fat  $11.2 \pm 6.5$  mm<sup>2</sup> (Table 1).

Percentage of fat according to Slaughter 1 =  $22.4 \pm 8.8\%$ ; Slaughter 2 =  $20.4 \pm 9.2\%$ ; Goran  $19.6 \pm 4.4\%$ ; Huang  $24.7 \pm 10.0\%$ ; Bioimpedance  $22.8 \pm 10.4\%$  (Table 1)

The bias for %BF by the Slaughter 1 and BIA was  $-1.71$  (95% CI =  $-3.09$  to  $-0.32$ ) ( $p = 0.0159$ ). The lower and upper limits of agreement were  $-13.72$  (95% CI =  $-16.09$  to  $-11.34$ ) and  $10.29$  (95% CI =  $7.92$  to  $12.66$ ), respectively. The bias for %BF by the Slaughter 2 and BIA was  $0.37$  (95% CI =  $-0.99$  to  $1.74$ ) ( $p=0.5869$ ). The lower and upper limits of agreement were  $-11.52$  (95% CI =  $-13.87$  to  $-9.17$ ) and  $12.27$  (95% CI =  $9.92$  to  $14.62$ ), respectively. The bias for %BF by the Huang equation and BIA was  $10.86$  (95% CI =  $10.17$  to  $11.55$ , ( $p<0.0001$ )). The lower and upper limits of agreement were  $-4.90$  (95% CI =  $-6.07$  to  $-3.72$ ) and  $26.63$  (95% CI =  $25.45$  to  $27.80$ ), respectively. The bias for %BF by the Goran equation and BIA was  $0.89$  (95% CI =  $-0.37$  to  $2.16$ ) ( $p=0.1662$ ). The lower and upper limits of agreement were  $-10.16$  (95% CI =  $-12.34$  to  $-7.98$ ) and  $11.94$  (95% CI =  $9.76$  to  $14.13$ ) (Figure1).

## DISCUSSION

The aim of the present study was to evaluate the agreement of four predictive equations based on the skinfolds thickness and BIA in children and adolescent for

percentage of fat assessment. None of the equations had good agreement with the BIA.-The wide variability among individuals observed in the Bland–Altman plots, with 95% limits of agreement exceeding 8% does not make clinically acceptable.

This variation, underestimating or overestimating the %BF, can be observed in other studies, independently of nutritional status.<sup>10,12</sup> We must consider that available equations are used world wide they have been developed in different population and most of them were only had good correlation with others measurement of body composition. Slaughter equations were developed in Illinois and replicated in Arizona, with 310 children, including four maturations groups of black and white children, adolescents, and adults.<sup>17</sup> Huang's equations were developed in the Hispanic population, with 96 children recruited in Los Angeles, USA, and with age between seven and thirteen years.<sup>19</sup> Goran's equations were developed in Vermont and Arizona, with heterogeneous groups of 98 children aged 4 to 10 years.<sup>18</sup> We also tested the correlation between the skinfolds thickness and BIA parameters. All skinfolds thickness parameters had a moderate correlation with BIA, and equations (Slaughter 1,  $r^2 = 0.702$ ; Slaughter 2,  $r^2 = 0.736$ ; Goran,  $r^2 = 0.703$ ; Huang,  $r^2 = 0.614$ ;  $p < 0.001$ , respectively) confirmed earlier evidences.<sup>13,22-24</sup> However, good correlation doesn't does not mean good agreement. Agreement is not something can be interpreted with global indices, such as correlation coefficients. They do not help the clinician interpret a measurement, though they have a place in the study of associated questions such as the validity of measurement methods. Widely used statistical approaches which we think are misleading include correlation.

25

The potential limitations of our study should be considered. Our study is the absence of using a method that is considered gold standard, such as dual x-ray

absorptiometry, but as its use requires exposure to radiation, albeit, at a low dose, high cost, difficult transportation of the equipment and need for specific training, it is little used in clinical practice. In addition, a recent study, with Brazilian sample, confirmed the potential of electrical bioimpedance to predict body composition in this population.<sup>26</sup> The present study also used a specific multi-frequency, tetra-polar bioimpedance with six measures of frequency, which allows an assessment of water balance and nutritional status with great precision.<sup>27</sup>

Despite the limitations, our study demonstrates that in clinical practice none of the equations had good agreement with the BIA. Considering that the obesity increase risk of developing the chronic non-transmissible disease in adulthood and costs with medications, it is important to conduct an adequate nutritional and clinical assessment of children and adolescents. In addition, this study included multiple ethnicities, urban and rural population and body types. Another important point of this study is the use of specific multi-frequency BIA because it allows a detailed assessment of the water balance and nutritional status with great precision due to its direct segmental measurement technology.

We conclude that skinfolds thickness and bioimpedance analysis should not be used interchangeably in children and adolescents.

**ACKNOWLEDGMENTS:** Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), and Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul (FAPERGS).

**FUNDING SOURCE:** This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

## REFERENCES

1. GBD 2015 Obesity Collaborators, Afshin A, Forouzanfar MH, Reitsma MB, Sur P, Estep K, et al. Health Effects of Overweight and Obesity in 195 Countries over 25 Years. *N Engl J Med*. 2017;377(1):13–27.
2. Nimptsch K, Konigorski S, Pischon T. Diagnosis of obesity and use of obesity biomarkers in science and clinical medicine. *Metabolism*. 2019;92:61-70.
3. Teigen LM, Kuchnia AJ, Mourtzakis M, Earthman CP. The Use of Technology for Estimating Body Composition Strengths and Weaknesses of Common Modalities in a Clinical Setting. *Nutr Clin Pract*. 2017;32(1):20–9.
4. Kuriyan R. Body composition techniques. *Indian J Med Res*. 2018;148(5):648–58.
5. Jensen NSO, Camargo TFB, Bergamaschi DP. Comparison of methods to measure body fat in 7-to-10-year-old children: a systematic review. *Public Health*. 2016;133:3–13.
6. Noradilah MJ, Ang YN, Kamaruddin NA, Deurenberg P, Ismail MN, Poh BK. Assessing Body Fat of Children by Skinfold Thickness, Bioelectrical Impedance Analysis, and Dual-Energy X-Ray Absorptiometry: A Validation Study Among Malay Children Aged 7 to 11 Years. *Asia-Pacific J public Heal*. 2016;28(5 Suppl):74S-84S.
7. Tewari N, Awad S, Macdonald IA, Lobo DN. A comparison of three methods to assess body composition. *Nutrition*. 2018;47:1–5.
8. Ripka WL, Ulbricht L, Gewehr PM. Body composition and prediction equations using skinfold thickness for body fat percentage in Southern Brazilian adolescents. *PLoS One*. 2017;12(9):e0184854.
9. Grove J, Hung Y-J. Body fat prediction equations for skinfold and bioelectrical

- impedance analysis using dual-energy x-ray absorptiometry data as the criterion. *J Phys Ther Sport Med*. 2017;1(1):5-11.
10. Golec J, Kmiotek EK, Czechowska D, Szczygieł E, Masłoń A, Tomaszewski KA, et al. Analysis of body composition among children and adolescents - a cross-sectional study of the Polish population and comparison of body fat measurement methods. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2014;27(7–8):603–9.
  11. Kamimura MA, José Dos Santos NS, Avesani CM, Fernandes Canziani ME, Draibe SA, Cuppari L, et al. Comparison of three methods for the determination of body fat in patients on long-term hemodialysis therapy. *J Am Diet Assoc*. 2003;103(2):195–9.
  12. Aguirre CA, Salazar GDC, Lopez de Romaña D V, Kain JA, Corvalán CL, Uauy RE. Evaluation of simple body composition methods: assessment of validity in prepubertal Chilean children. *Eur J Clin Nutr*. 2015;69(2):269–73.
  13. Orta Duarte M, Flores Ruelas Y, López-Alcaraz F, del Toro-Equihua M, Sánchez-Ramírez CA. Correlation between percentage of body fat measured by the Slaughter equation and bio impedance analysis technique in Mexican schoolchildren. *Nutr Hosp*. 2014;29(1):88-93.
  14. von Elm E, Altman DG, Egger M, Pocock SJ, Gøtzsche PC, Vandenbroucke JP, et al. The Strengthening the Reporting of Observational Studies in Epidemiology (STROBE) Statement: guidelines for reporting observational studies. *Int J Surg*. 2014;12(12):1495–9.
  15. Stewart A, Marfell-Jones M, Olds T, De Ridder J. International Standards for Anthropometric Assessment. Vol. 137, Potchefstroom, South Africa, ISAK. 2011.
  16. Wang J, Thornton JC, Bari S, Williamson B, Gallagher D, Heymsfield SB, et al.

- Comparisons of waist circumferences measured at 4 sites. *Am J Clin Nutr.* 2003;77(2):379–84.
17. Slaughter MH, Lohman TG, Boileau RA, Horswill CA, Stillman RJ, Van Loan MD, et al. Skinfold equations for estimation of body fatness in children and youth. *Hum Biol an Int Rec Res.* 1988;60(5):709–23.
  18. Goran MI, Driscoll P, Johnson R, Nagy TR, Hunter G. Cross-calibration of body-composition techniques against dual-energy X-ray absorptiometry in young children. *Am J Clin Nutr.* 1996;63(3):299–305.
  19. Huang TTK, Watkins MP, Goran MI. Predicting total body fat from anthropometry in Latino children. *Obes Res.* 2003;11(10):1192–9.
  20. Wells JCK, Williams JE, Chomtho S, Darch T, Grijalva-Eternod C, Kennedy K, et al. Body-composition reference data for simple and reference techniques and a 4-component model: A new UK reference child. *Am J Clin Nutr.* 2012;96(6):1316–26.
  21. Demerath EW. Do Changes in Body Mass Index Percentile Reflect Changes in Body Composition in Children? Data From the Fels Longitudinal Study. *Pediatrics.* 2006;117(3):e487-95.
  22. Boeke CE, Oken E, Kleinman KP, Rifas-Shiman SL, Taveras EM, Gillman MW. Correlations among adiposity measures in school-aged children. *BMC Pediatr.* 2013;13(1).
  23. Diniz Araújo ML, Coelho Cabral P, Kruze Grande de Arruda I, Siqueira Tavares Falcão a P, Silva Diniz a. Body fat assessment by bioelectrical impedance and its correlation with anthropometric indicators. *Nutr Hosp.* 2012;27(6):1999–2005.
  24. Liu LF, Roberts R, Moyer-Mileur L, Samson-Fang L. Determination of body

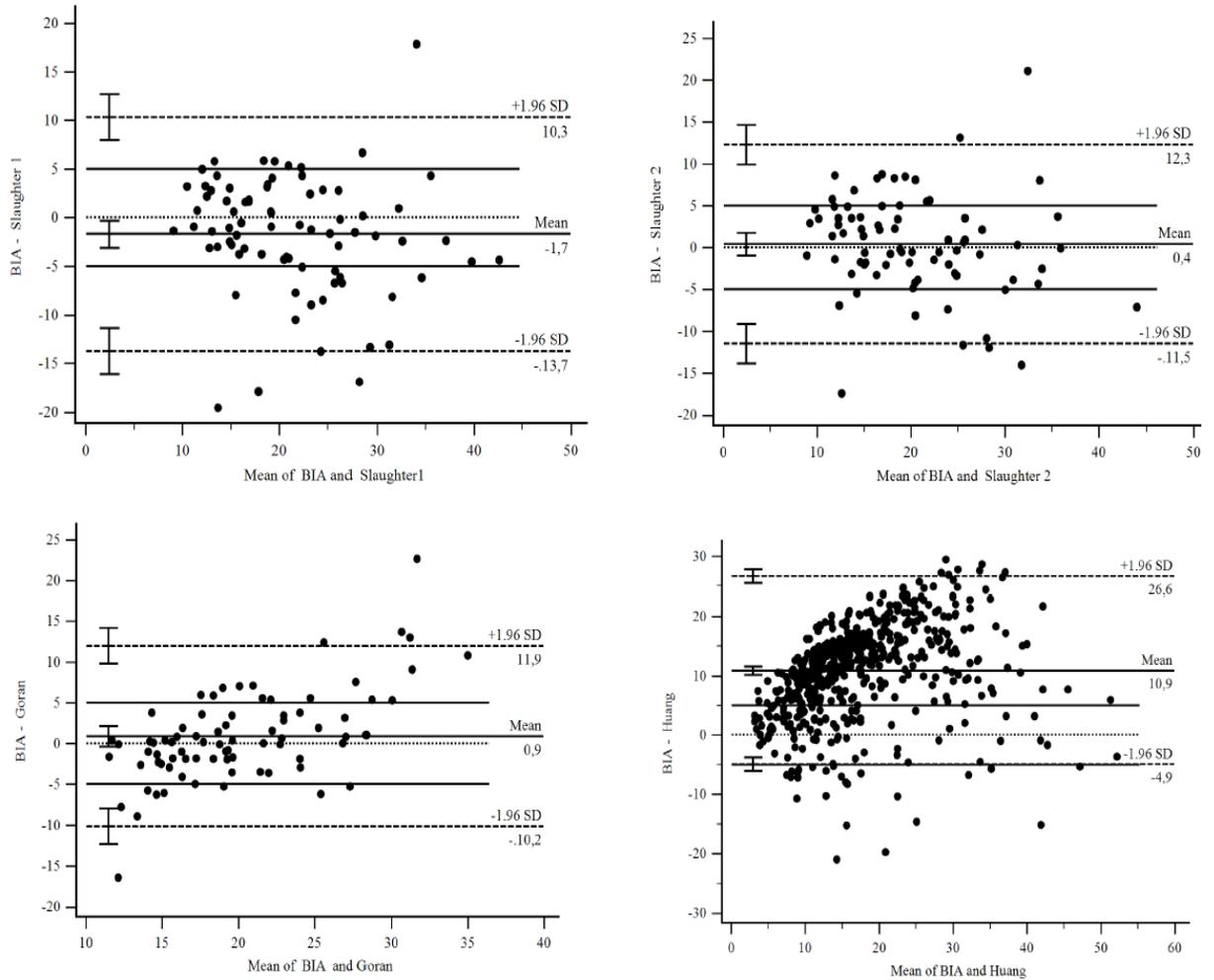
- composition in children with cerebral palsy: Bioelectrical impedance analysis and anthropometry vs dual-energy x-ray absorptiometry. *J Am Diet Assoc.* 2005;105(5):794–7.
25. Giavarina D. Understanding Bland Altman analysis. *Biochem Med* 2014;25(2):141-51.
  26. Gonzalez MC, Orlandi SP, Santos LP, Barros AJD. Body composition using bioelectrical impedance: Development and validation of a predictive equation for fat-free mass in a middle-income country. *Clin Nutr* 2018;38(5):2175–9.
  27. Lim JS, Hwang JS, Lee JA, Kim DH, Park KD, Jeong JS, et al. Cross-calibration of multi-frequency bioelectrical impedance analysis with eight-point tactile electrodes and dual-energy X-ray absorptiometry for assessment of body composition in healthy children aged 6-18 years. *Pediatr Int.* 2009;51(2):263-8.

**Table 1:** Descriptive values for anthropometric measurements and body composition

<b>Variables</b>	<b>(N=439)</b>
Age (years)	11.6 ± 3.7
Body mass index (kg/m <sup>2</sup> )	20.4 ± 4.4
Waist circumference (cm)	66.8 ± 11.8
Arm circumference (cm)	21.9 ± 3.4
Arm muscle circumference (cm)	17.3 ± 2.4
Arm muscular area (mm <sup>2</sup> )	19.1 ± 5.5
Arm fat area	11.2 ± 6.5
Tricipital skinfold	14.7 ± 6.1
Subscapular skinfold	9.7 ± 6.7
Tricipital + calf skinfold	28.9 ± 12.9
Tricipital + subscapular skinfold	23.8 ± 12.2
%BF_Slaughter_1	22.4 ± 8.8
%BF_Slaughter_2	20.4 ± 9.2
%BF_Goran	19.6 ± 4.4
%BF_Huang	24.7 ± 10.0
%BF_BIA	22.8 ± 10.4

N= number of subjects; %BF= percentage body fat; BIA= bioimpedance electric analysis. Values expressed as mean ± standard deviation.

**Figure 1:** Bland-Altman plots illustrating the level of agreement between the bioelectrical impedance analysis (BIA) and Slaughter 1, Slaughter 2, Goran and Huang equations estimates of percent body fat. SD: standard deviation.



## Supplementary Material

### Skinfolds thickness equations.

#### *Slaughter 1*

*Females: %BF = 0.610 (sum triceps and calf skinfolds) + 5.1*

*Males: %BF = 0.735 (sum triceps and calf skinfolds) + 1.0*

#### *Slaughter 2: for subjects with sum triceps and subscapular skinfolds > 35mm*

*Females: %BF = 0.546 (sum triceps and subscapular skinfolds) + 9.7*

*Males: %BF = 0.783 (sum triceps and subscapular skinfolds) + 1.6*

#### *Slaughter 2: for subjects with sum triceps and subscapular skinfolds < 35mm*

*Females: %BF = 1.33 (sum triceps and subscapular skinfolds) – 0.013 (sum triceps and subscapular SF)<sup>2</sup> - 2.5*

*Males: 1.21 (sum triceps and subscapular SF) – 0.008 (sum triceps and subscapular skinfolds)<sup>2</sup> - 3,4*

#### *Goran*

*%BF = (0.18 \* Weight + 0.23 \* subscapular skinfolds + 0.13\*triceps skinfolds – 3) \*100/weight*

#### *Huang*

*%BF = [(0.764\*weight) – (0.471\*height) + 45.955] \*100/weight*