



# Validação de um sistema de análise de impedância bioelétrica para a avaliação da composição corporal de pacientes com DPOC

Fernanda Rodrigues Fonseca<sup>1,2,a</sup>, Manuela Karloh<sup>2,3,b</sup>, Cintia Laura Pereira de Araujo<sup>1,2,c</sup>, Cardine Martins dos Reis<sup>1,2,d</sup>, Anamaria Fleig Mayer<sup>1,2,3,e</sup>

1. Programa de Pós-Graduação em Fisioterapia, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.
  2. Núcleo de Assistência, Ensino e Pesquisa em Reabilitação Pulmonar, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.
  3. Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.
- a. <http://orcid.org/0000-0003-4620-9064>  
b. <http://orcid.org/0000-0003-2082-2194>  
c. <http://orcid.org/0000-0001-6184-9495>  
d. <http://orcid.org/0000-0003-3992-924X>  
e. <http://orcid.org/0000-0003-0320-4810>

Recebido: 30 abril 2017.

Aprovado: 15 dezembro 2017.

Trabalho realizado no Núcleo de Assistência, Ensino e Pesquisa em Reabilitação Pulmonar, Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC – Florianópolis (SC) Brasil.

## INTRODUÇÃO

A perda de peso e a depleção de massa muscular são manifestações sistêmicas comuns na DPOC<sup>(1)</sup> e têm sido associadas ao prognóstico da doença. Sabe-se que o índice de massa corpórea (IMC) está relacionado ao número de hospitalizações<sup>(2)</sup> e ao tempo de internação<sup>(3)</sup> por exacerbação aguda em pacientes com DPOC, com impacto na mortalidade.<sup>(4,5)</sup> O índice de massa livre de gordura (MLG), no entanto, parece ser um preditor mais forte de mortalidade<sup>(6)</sup> e de gravidade da doença<sup>(7)</sup> que o IMC em pacientes com DPOC, justificando a avaliação rotineira da composição corporal desses pacientes.

O uso da *dual-energy X-ray absorptiometry* (DEXA, absorciometria por dupla emissão de raios X) é recomendado para a avaliação da composição corporal de pacientes com DPOC.<sup>(8,9)</sup> Esse sistema distingue a composição corporal em três compartimentos por meio da diferença na atenuação dos raios X entre os tecidos corporais. Em comparação com a DEXA, o sistema de *bioelectrical impedance analysis* (BIA, análise de

## RESUMO

**Objetivo:** Este estudo teve como objetivo investigar a validade de um sistema de *bioelectrical impedance analysis* (BIA, análise de impedância bioelétrica) com oito eletrodos de contato presente em uma balança doméstica para a avaliação da composição corporal total de pacientes com DPOC. **Métodos:** Dezessete pacientes com DPOC (média de idade =  $67 \pm 8$  anos; média do  $VEF_1 = 38,6 \pm 16,1\%$  do previsto; média de índice de massa corpórea =  $24,7 \pm 5,4$  kg/m<sup>2</sup>) foram submetidos à avaliação da composição corporal por *dual-energy X-ray absorptiometry* (DEXA, absorciometria por dupla emissão de raios X) e por um sistema BIA com oito eletrodos de contato. **Resultados:** Houve forte correlação intermétodos para massa gorda ( $r = 0,95$ ), massa livre de gordura ( $r = 0,93$ ) e massa magra ( $r = 0,93$ ), mas correlação moderada para conteúdo mineral ósseo ( $r = 0,73$ ;  $p < 0,01$  para todos). Na análise de concordância, os valores entre DEXA e o sistema BIA diferiram em apenas 0,15 kg ( $-6,39$  a 6,70 kg), 0,26 kg ( $-5,96$  a 6,49 kg),  $-0,13$  kg ( $-0,76$  a 0,50 kg) e  $-0,55$  kg ( $-6,71$  a 5,61 kg) para massa livre de gordura, massa magra, conteúdo mineral ósseo e massa gorda, respectivamente. **Conclusões:** O sistema BIA com oito eletrodos de contato mostrou-se uma ferramenta válida na avaliação da composição corporal total em nossa amostra de pacientes com DPOC.

**Descritores:** Doença pulmonar obstrutiva crônica; Composição corporal; Impedância elétrica.

impedância bioelétrica) convencional, com quatro eletrodos gel adesivos, apresenta acurácia clínica adequada para estimar a composição corporal de pacientes com DPOC.<sup>(10)</sup> O sistema BIA, que se baseia na oposição diferencial à corrente elétrica entre os tecidos do corpo, tem sido utilizado para a avaliação da composição corporal de pacientes com DPOC em diversos estudos.<sup>(11-13)</sup>

A medição da massa magra (MM) por um sistema BIA com oito eletrodos de contato já foi validada contra a DEXA em pessoas com idades variando entre 6 e 64 anos.<sup>(14)</sup> Além disso, esse sistema simples, prático e conveniente foi utilizado em um estudo epidemiológico em que a MLG e o índice de MLG foram determinados em homens e mulheres de etnia branca com idades variando entre 45 e 69 anos.<sup>(15)</sup> No entanto, até onde sabemos, a avaliação da composição corporal utilizando esse sistema ainda não foi estudada em pacientes com DPOC. Nesses pacientes, outros fatores além da idade contribuem para a atrofia muscular, tais como desuso, inflamação, estresse oxidativo, hipoxemia, hipercapnia, baixos níveis de hormônios anabólicos ou de fatores de

## Endereço para correspondência:

Anamaria Fleig Mayer. Núcleo de Assistência, Ensino e Pesquisa em Reabilitação Pulmonar, Universidade do Estado de Santa Catarina, Rua Paschoal Simone, 358, CEP 88080-350, Florianópolis, SC, Brasil.

Tel.: 55 48 3664-8608. E-mail: [anamaria.mayer@udesc.br](mailto:anamaria.mayer@udesc.br)

Apoio financeiro: Este estudo recebeu apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Santa Catarina/Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAPESC/CNPq; Processo n. 3509/2010-2).

crescimento, comprometimento do equilíbrio energético, uso de corticosteroides e deficiência de vitamina D.<sup>(16)</sup> Assim, o objetivo do presente estudo foi investigar a validade de um sistema BIA com oito eletrodos de contato presente em uma balança doméstica para a avaliação da composição corporal total de pacientes com DPOC, utilizando a DEXA como método padrão.

## MÉTODOS

Trata-se de um estudo transversal realizado entre julho e dezembro de 2011. A amostra do estudo foi selecionada por conveniência e incluiu pacientes com DPOC classificados como *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease* (GOLD) 2, 3 ou 4 (presença de relação  $VEF_1/CVF < 0,70$  após o uso de broncodilatador e  $VEF_1 < 80\%$  do previsto),<sup>(17)</sup> de ambos os sexos, com carga tabágica  $\geq 20$  anos-maço, estabilidade clínica nas últimas quatro semanas antes do início do estudo e idade  $\geq 40$  anos. Os critérios de exclusão foram tabagismo atual e presença de doenças associadas, como cardiomiopatia, doenças musculoesqueléticas, câncer, tuberculose ou asma. Um total de 17 pacientes com DPOC clinicamente estáveis (14 homens) e provenientes de ambulatórios de pneumologia públicos ou privados aceitou participar do estudo. O estudo foi aprovado pelos Comitês de Ética em Pesquisa da Universidade do Estado de Santa Catarina e da Universidade Federal de Santa Catarina (Protocolos n. 85/2010 e n. 865.2010, respectivamente). Todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido.

### Função pulmonar

A função pulmonar foi avaliada por meio de um espirometro (EasyOne®; nnd Medical Technologies, Zurique, Suíça) previamente calibrado. A espirometria foi realizada antes e após a inalação de 400 µg de salbutamol, de acordo com os padrões da *American Thoracic Society/European Respiratory Society*.<sup>(18)</sup> Os valores previstos foram calculados com base nas equações propostas por Pereira et al.<sup>(19)</sup>

### Estado nutricional

Durante a avaliação do estado nutricional, os indivíduos permaneceram descalços e sem adornos, vestindo apenas um avental. A altura foi medida com um estadiômetro de parede (Standard; Sanny, São Bernardo do Campo, Brasil) de acordo com a padronização proposta por Gordon et al.<sup>(20)</sup> O peso e as variáveis de composição corporal foram medidos com um monitor de composição corporal segmentar para uso doméstico (BC-558 Ironman; Tanita Corp., Tóquio, Japão). Esse monitor de composição corporal opera em 50 kHz e contém oito eletrodos de contato, sendo dois pares de eletrodos ligados a uma plataforma de metal para os pés e dois pares para preensão manual. A plataforma de metal é conectada a um transdutor de força para a medição do peso, e os oito eletrodos de contato são ligados a um circuito digital. A medição das variáveis de composição corporal pelo sistema

BIA com oito eletrodos de contato foi realizada de acordo com as instruções do fabricante e conforme recomendado por Kyle et al.<sup>(21)</sup> As medições foram feitas dez minutos após os pacientes terem sido colocados em posição ortostática, a fim de minimizar erros causados por alterações agudas na distribuição dos fluidos corporais.<sup>(22)</sup> Foram coletados dados referentes a composição corporal total — percentual de gordura corporal, massa muscular e massa óssea.

No mesmo dia, a composição corporal também foi avaliada por DEXA de corpo inteiro, que foi realizada por um técnico em radiologia médica certificado pela Sociedade Brasileira de Densitometria Clínica. Os indivíduos permaneceram imóveis e em decúbito dorsal durante a avaliação. O densitômetro ósseo (Lunar Prodigy Advance; GE Healthcare, Madison, WI, EUA) foi previamente calibrado de acordo com as recomendações do fabricante e utilizado em conjunto com o software enCORE, versão 12.30 (GE Healthcare) para a aquisição das seguintes variáveis de composição corporal: conteúdo mineral ósseo (CMO); MM; massa gorda (MG); e MLG (em kg para todos). Para a análise intermétodos, considerou-se o seguinte:  $MG = (\text{peso corporal total} \times \text{MG}\%)/100$ ;  $MLG = \text{peso corporal total} - MG$ ; MM = massa muscular; e CMO = massa óssea.

### Análise estatística

Os dados foram relatados como média  $\pm$  dp. O teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para analisar a normalidade dos dados. O teste t pareado foi utilizado para comparar as médias das variáveis de composição corporal obtidas via BIA e DEXA. A associação entre as variáveis obtidas pelos dois métodos de avaliação foi testada por meio do coeficiente de correlação de Pearson, enquanto a concordância entre os métodos foi avaliada por meio da disposição gráfica de Bland & Altman. O nível de significância estatística adotado foi de  $p < 0,05$ . Todas as análises estatísticas foram realizadas com o programa IBM SPSS Statistics, versão 20.0 (IBM Corporation, Armonk, NY, EUA).

## RESULTADOS

A amostra foi composta por 17 indivíduos (14 homens) classificados como GOLD 2 (DPOC moderada;  $n = 4$ ), GOLD 3 (DPOC grave;  $n = 6$ ) ou GOLD 4 (DPOC muito grave;  $n = 7$ ). Em relação a medicamentos, 14 (80%) dos indivíduos relataram uso de  $\beta_2$ -agonistas de longa duração em combinação com corticosteroides, 11 (67%) utilizavam anticolinérgicos de longa duração, 9 (53%) utilizavam  $\beta_2$ -agonistas de longa duração, 3 (20%) utilizavam  $\beta_2$ -agonistas de curta duração em combinação com anticolinérgicos e 1 (7%) utilizava xantinas de curta duração. As características da amostra são apresentadas na Tabela 1.

Não houve diferenças significativas entre as variáveis de composição corporal obtidas por DEXA e por BIA (Tabela 2), ambas se correlacionando positivamente. As variáveis medidas por BIA (MLG, MM e MG) apresentaram fortes correlações com as respectivas

**Tabela 1.** Características do grupo estudado.

Características	Média ± dp	Varição
Idade, anos	67 ± 8	56-79
Carga tabágica, anos-maço	50 (24-74) <sup>a</sup>	21-150
VEF <sub>1</sub> /CVF <sup>b</sup>	0,45 ± 0,11	0,26-0,65
VEF <sub>1</sub> , l <sup>b</sup>	1,17 ± 0,48	0,54-2,04
VEF <sub>1</sub> , % previsto <sup>b</sup>	38,6 ± 16,1	15-65
CVF, l <sup>b</sup>	2,53 ± 0,61	1,51-3,49
CVF, % previsto <sup>b</sup>	64,5 ± 16,0	42-103
IMC, kg/m <sup>2</sup>	24,7 ± 5,4	16,9-33,9

IMC: índice de massa corpórea. <sup>a</sup>Valor expresso em mediana (intervalo interquartil). <sup>b</sup>Valores pós-broncodilatador.

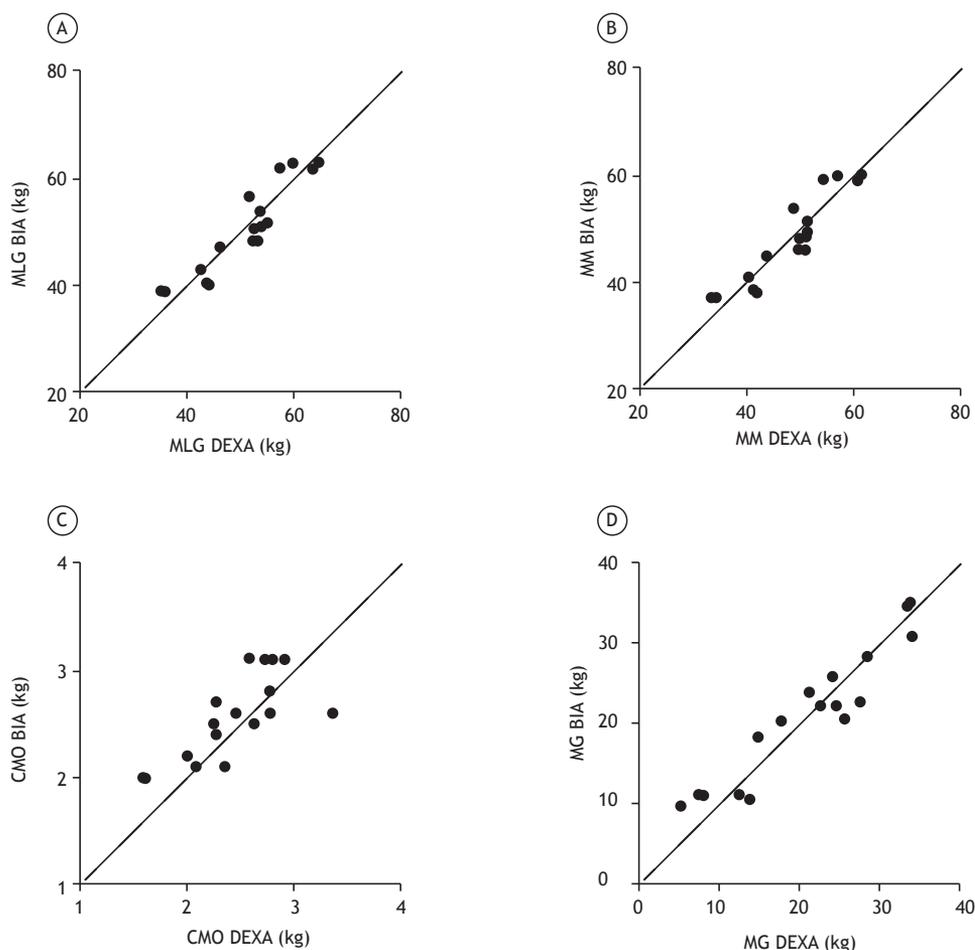
variáveis medidas por DEXA, enquanto os valores de CMO apresentaram correlação moderada entre os métodos (Figura 1).

A Figura 2 apresenta a concordância entre as variáveis de composição corporal medidas por DEXA e por BIA. As diferenças intermétodos (DIMs) e os limites de concordância (LC) para os valores de MLG, MM, CMO e MG foram de 0,15 kg (-6,39 a 6,70 kg), 0,26 kg (-5,96 a 6,49 kg), -0,13 kg (-0,76 a 0,50 kg) e -0,55 kg (-6,71 a 5,61 kg), respectivamente. As variáveis de composição corporal ficaram dentro dos LC, com exceção do valor de CMO de um paciente.

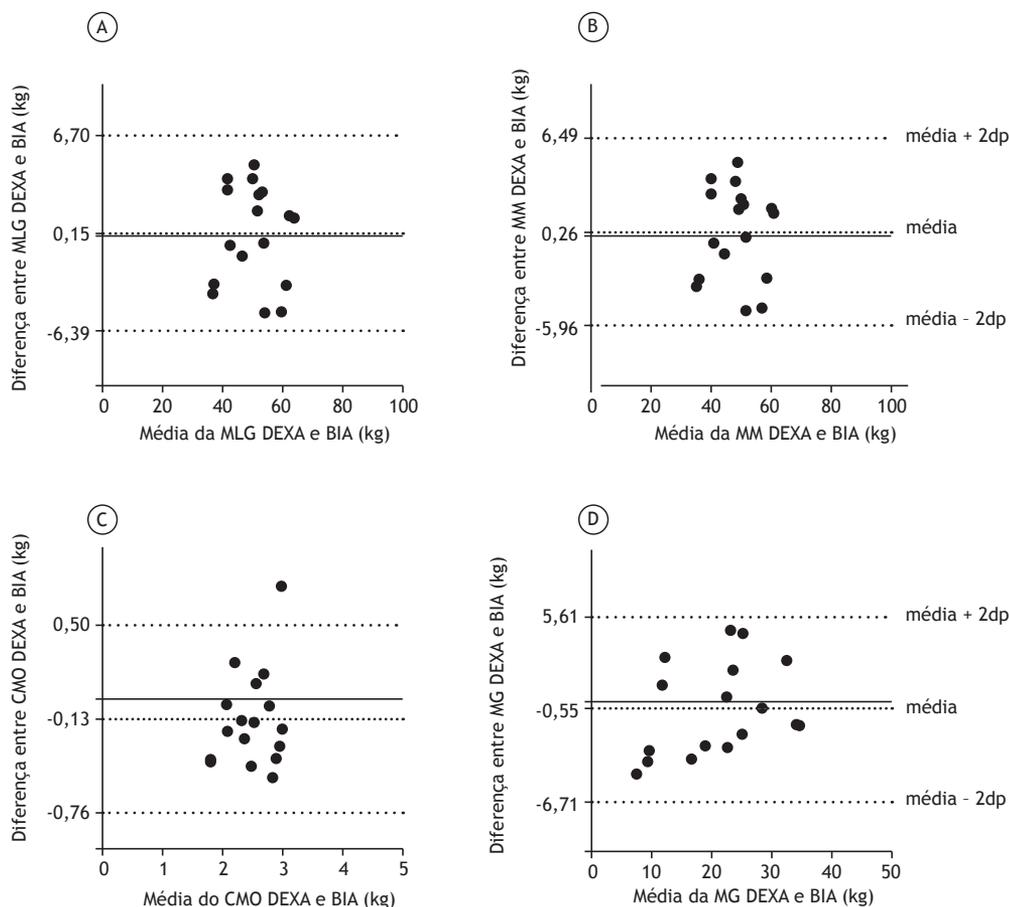
**Tabela 2.** Composição corporal do grupo estudado.

Variáveis	DEXA		BIA		p
	Média ± dp	Varição	Média ± dp	Varição	
MLG, kg	50,7 ± 8,5	35,1-64,3	50,6 ± 8,6	38,9-63,0	0,848
MM, kg	48,3 ± 8,2	33,6-61,4	48,0 ± 8,2	36,9-59,9	0,730
CMO, kg	2,43 ± 0,46	1,59-3,35	2,56 ± 0,39	2,00-3,10	0,107
MG, kg	20,7 ± 9,4	5,06-33,9	21,3 ± 8,3	9,89-35,3	0,471

DEXA: *dual-energy X-ray absorptiometry* (absorciometria por dupla emissão de raios X); BIA: *bioelectrical impedance analysis* (análise de impedância bioelétrica); MLG: massa livre de gordura; MM: massa magra; CMO: conteúdo mineral ósseo; e MG: massa gorda.



**Figura 1.** Correlação entre variáveis de composição corporal avaliadas por absorciometria por dupla emissão de raios X e pelo sistema de análise de impedância bioelétrica com oito eletrodos de contato. DEXA: *dual-energy X-ray absorptiometry* (absorciometria por dupla emissão de raios X); BIA: *bioelectrical impedance analysis* (análise de impedância bioelétrica); MLG: massa livre de gordura; MM: massa magra; CMO: conteúdo mineral ósseo; e MG: massa gorda.



**Figura 2.** Diferenças médias e limites de concordância entre variáveis de composição corporal avaliadas por absorciometria por dupla emissão de raios X e pelo sistema de análise de impedância bioelétrica com oito eletrodos de contato. DEXA: *dual-energy X-ray absorptiometry* (absorciometria por dupla emissão de raios X); BIA: *bioelectrical impedance analysis* (análise de impedância bioelétrica); MLG: massa livre de gordura; MM: massa magra; CMO: conteúdo mineral ósseo; e MG: massa gorda.

## DISCUSSÃO

O objetivo do presente estudo foi investigar a validade de um sistema BIA com oito eletrodos de contato para a avaliação da composição corporal total em uma amostra de pacientes com DPOC moderada a muito grave, utilizando a DEXA como método padrão de avaliação. As medidas de MLG, MM e MG obtidas pelos dois métodos apresentaram fortes correlações positivas. Na análise de concordância, foram observadas ligeiras DIMs entre as variáveis de composição corporal obtidas por DEXA e pelo sistema BIA, sem diferenças estatísticas. Até onde sabemos, a validade desse sistema BIA para a avaliação da composição corporal de pacientes com DPOC nunca foi investigada antes. No entanto, estudos anteriores utilizaram a DEXA como método critério para a análise da capacidade de diversas equações para estimar a composição corporal por meio de sistemas BIA convencionais como método de avaliação para esses pacientes.<sup>(10,23-26)</sup>

No presente estudo, foi encontrada uma forte correlação intermétodos para os valores de MLG, MM e MG. Lerario et al.<sup>(10)</sup> também observaram uma forte

correlação entre valores de MLG medidos por DEXA e por um sistema BIA convencional em pacientes com DPOC ( $r = 0,95$ ;  $p < 0,001$ ), o que já havia sido mostrado anteriormente por Kyle et al.<sup>(24)</sup> em pacientes com insuficiência respiratória crônica ( $r = 0,952$ ;  $p < 0,0001$ ). Pichard et al.<sup>(23)</sup> estudaram a associação entre DEXA e várias equações para estimativa da composição corporal utilizando um sistema BIA convencional em pacientes com insuficiência respiratória crônica. Esses autores encontraram um coeficiente de correlação mínimo de 0,66 ( $p < 0,001$ ) para MLG e MG. Em fumantes pesados, Rom et al.<sup>(27)</sup> mostraram uma forte correlação entre CMO ( $r = 0,81$ ), MM ( $r = 0,94$ ) e MG ( $r = 0,97$ ) medidas por um sistema BIA com oito eletrodos de contato e por DEXA.

Ao analisarmos a concordância entre os métodos no presente estudo, constatamos que o sistema BIA com oito eletrodos de contato subestimou ligeiramente os valores de MLG em comparação com os medidos por DEXA. Corroborando esses resultados, valores subestimados para MLG obtidos por sistemas BIA convencionais comparados com os medidos por DEXA

em pacientes com DPOC também foram observados em outros estudos.<sup>(10,25,26)</sup> O viés variou entre 0,57 e 4,1 kg, maior do que o observado no presente estudo.<sup>(10,25,26)</sup> No entanto, os valores de MLG foram superestimados pela BIA em comparação com a DEXA em outros estudos envolvendo pacientes com insuficiência respiratória crônica, com vieses entre 0,1 e 8,0 kg.<sup>(23,24)</sup>

No presente estudo, o sistema BIA com oito eletrodos de contato subestimou a MM em comparação com a DEXA. Sabe-se que a MLG é composta principalmente por MM, e, portanto, quando há subestimação da MLG, também se espera subestimação da MM. Valores de MG superestimados foram obtidos pelo sistema BIA com oito eletrodos de contato em comparação com os obtidos por DEXA. No entanto, Rom et al.<sup>(27)</sup> encontraram valores subestimados de MG obtidos por um sistema BIA com oito eletrodos de contato em comparação com os obtidos por DEXA (DIMs = 0,19 kg) em fumantes pesados. Em idosos europeus saudáveis, Mally et al.<sup>(28)</sup> constataram que um sistema BIA com oito eletrodos de contato subestimou a MM (DIMs = 1,0 kg) e superestimou a MG (DIMs = -5,8 kg) em comparação com os valores obtidos por DEXA em homens, o que confirma os resultados observados no presente estudo, já que nossa amostra foi composta principalmente por homens. No presente estudo, também foi constatado que o sistema BIA com oito eletrodos de contato superestimou ligeiramente os valores de CMO em comparação com os obtidos por DEXA e que os valores de CMO medidos pelos dois métodos apresentaram uma correlação moderada. O CMO é um componente da MLG e parece estar diminuído em pacientes com DPOC.<sup>(29)</sup> Sabe-se que a DEXA permite a identificação de perda mineral óssea nesses pacientes<sup>(8)</sup> e é considerada o padrão ouro para a determinação da massa óssea. Isso sugere que o sistema BIA com oito eletrodos de contato não é um método tão acurado quanto a DEXA para a avaliação do estado esquelético de pacientes com DPOC.

Embora não seja considerada o padrão ouro para a avaliação da composição corporal,<sup>(30)</sup> a DEXA tem sido recomendada como método de referência para esse fim em pacientes com DPOC.<sup>(8,9)</sup> Seu alto custo e a necessidade de treinamento e de recursos tecnológicos, no entanto, limitam seu uso na prática clínica. Como a BIA tem custos menores e é de fácil utilização, ela foi escolhida como método para a avaliação da composição corporal em pacientes com DPOC em

alguns estudos.<sup>(11,12)</sup> O sistema BIA com oito eletrodos de contato presente em balanças domésticas dispensa o uso de eletrodos gel adesivos, tem custos menores que os do monitor de BIA convencional e permite a avaliação fácil e imediata da composição corporal e do peso. Constatamos que, além da sua simplicidade, praticidade e conveniência, o sistema BIA com oito eletrodos de contato pode ser utilizado como alternativa a métodos mais complexos para a avaliação rotineira da composição corporal em pacientes com DPOC na prática clínica e em estudos epidemiológicos.

A exclusão de pacientes com obstrução leve ao fluxo aéreo em nossa amostra pode ser identificada como um fator limitante, fazendo com que a extrapolação dos resultados observados não seja possível para esses pacientes. Ademais, o pequeno tamanho da amostra, recrutada por conveniência em ambulatórios de pneumologia públicos e privados, reduz a validade externa do estudo, pois a amostra pode não ser representativa da população geral com DPOC quanto à composição corporal. Além disso, não foi possível realizar a análise dos grupos segundo a gravidade da obstrução ao fluxo aéreo, sexo e estado nutricional. Apesar do pequeno tamanho da amostra, o poder estatístico para todas as correlações observadas entre as variáveis de composição corporal obtidas por DEXA e pelo sistema BIA com oito eletrodos de contato foi maior que 90%. Recomendam-se mais investigações com uma amostra maior e aleatória de pacientes com DPOC para confirmar nossos resultados. Outra limitação que pode ser apontada é que a responsividade do sistema BIA a intervenções não foi avaliada em razão do delineamento transversal do presente estudo.

Concluindo, o sistema BIA com oito eletrodos de contato é uma ferramenta simples e útil para a avaliação da composição corporal total de pacientes com DPOC moderada a muito grave e clinicamente estáveis, e a diferença dos LC parece não ter impacto na validade do método.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Leila Marques John Steidle, Pablo Moritz, Tatjana Almeida Prado, Camilo Fernandes e Fatima Almeida Saitn Martin (pneumologistas) o encaminhamento dos seus pacientes para nosso estudo. Agradecemos também a Ivo Sebastian Garzel Junior (radiologista) e à clínica de diagnóstico médico por imagem Sonitec® a realização dos exames de DEXA.

## REFERÊNCIAS

- Choudhury G, Rabinovich R, MacNee W. Comorbidities and systemic effects of chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Chest Med.* 2014;35(1):101-30. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2013.10.007>
- Hallin R, Koivisto-Hursti UK, Lindberg E, Janson C. Nutritional status, dietary energy intake and the risk of exacerbations in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD). *Respir Med.* 2006;100(3):561-7. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.05.020>
- Gupta B, Kant S, Mishra R, Verma S. Nutritional status of chronic obstructive pulmonary disease patients admitted in hospital with acute exacerbation. *J Clin Med Res.* 2010;2(2):68-74. <https://doi.org/10.4021/jocmr2010.03.261e>
- Cao C, Wang R, Wang J, Bunjhoo H, Xu Y, Xiong W. Body mass index and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: a meta-analysis. *PLoS One.* 2012;7(8):e43892. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043892>
- Guo Y, Zhang T, Wang Z, Yu F, Xu Q, Guo W, et al. Body mass index and mortality in chronic obstructive pulmonary disease: A dose-response meta-analysis. *Medicine (Baltimore).* 2016;95(28):e4225. <https://doi.org/10.1097/MD.0000000000004225>
- Schols AM, Broekhuizen R, Welin-Scheepers CA, Wouters EF.

- Body composition and mortality in chronic obstructive pulmonary disease. *The Am J Clin Nutr.* 2005;82(1):53-9. <https://doi.org/10.1093/ajcn/82.1.53>
7. Ischaki E, Papatheodorou G, Gaki E, Papa I, Koulouris N, Loukides S. Body mass and fat-free mass indices in COPD: relation with variables expressing disease severity. *Chest.* 2007;132(1):164-9. <https://doi.org/10.1378/chest.06-2789>
  8. Engelen MP, Schols AM, Heidendal GA, Wouters EF. Dual-energy X-ray absorptiometry in the clinical evaluation of body composition and bone mineral density in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr.* 1998;68(6):1298-303. <https://doi.org/10.1093/ajcn/68.6.1298>
  9. Miller A, Strauss BJ, Mol S, Kyoong A, Holmes PH, Finlay P, et al. Dual-energy X-ray absorptiometry is the method of choice to assess body composition in COPD. *Respirology.* 2009;14(3):411-8. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1843.2009.01499.x>
  10. Lerario MC, Sachs A, Lazaretti-Castro M, Saraiva LG, Jardim JR. Body composition in patients with chronic obstructive pulmonary disease: which method to use in clinical practice? *Br J Nutr.* 2006;96(1):86-92. <https://doi.org/10.1079/BJN20061798>
  11. Schols AM, Soeters PB, Dingemans AM, Mostert R, Frantzen PJ, Wouters EF. Prevalence and characteristics of nutritional depletion in patients with stable COPD eligible for pulmonary rehabilitation. *Br J Nutr.* 2006;96(1):86-92.
  12. Vermeeren MA, Creutzberg EC, Schols AM, Postma DS, Pieters WR, Roldaan AC, et al. Prevalence of nutritional depletion in a large out-patient population of patients with COPD. *Respir Med.* 2006;100(8):1349-55. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2005.11.023>
  13. Humphreys K, Cross G, Frith P, Cafarella P. Nutritional status and dietary intake of outpatients with chronic obstructive pulmonary disease. *Nutr Diet.* 2008;65(2):168-74. <https://doi.org/10.1111/j.1747-0080.2008.00235.x>
  14. Pietrobelli A, Rubiano F, St-Onge MP, Heymsfield SB. New bioimpedance analysis system: improved phenotyping with whole-body analysis. *Eur J Clin Nutr.* 2004;58(11):1479-84. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1601993>
  15. Franssen FM, Rutten EP, Groenen MT, Vanfleteren LE, Wouters EF, Spruit MA. New reference values for body composition by bioelectrical impedance analysis in the general population: results from the UK Biobank. *J Am Med Dir Assoc.* 2014;15(6):448.e1-6. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2014.03.012>
  16. Maltais F, Decramer M, Casaburi R, Barreiro E, Burelle Y, Debigaré R, et al. An official American Thoracic Society/European Respiratory Society statement: update on limb muscle dysfunction in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2014;189(9):e15-62 <https://doi.org/10.1164/rccm.201402-0373ST>
  17. Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease (GOLD) [homepage on the Internet]. Bethesda: GOLD [cited 2017 Apr 1]. GOLD 2017 Global Strategy for the Diagnosis, Management and Prevention of COPD. Available from: <http://www.goldcopd.org/>.
  18. Miller MR, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, Coates A, et al. Standardisation of spirometry. *Eur Respir J.* 2005;26(2):319-38. <https://doi.org/10.1183/09031936.05.00034805>
  19. Pereira CA, Sato T, Rodrigues SC. New reference values for forced spirometry in white adults in Brazil. *J Bras Pneumol.* 2007;33(4):397-406. <https://doi.org/10.1590/S1806-37132007000400008>
  20. Gordon CC CW, Roche AF. Stature, recumbent length, weight. In: Lohman TG, Roche AF, Martorell R. *Anthropometric standardizing reference manual.* Champaign, IL: Human Kinetics Books; 1988.
  21. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, Deurenberg P, Elia M, Manuel Gómez J, et al. Bioelectrical impedance analysis-part II: utilization in clinical practice. *Clin Nutr.* 2004;23(6):1430-53. <https://doi.org/10.1016/j.clnu.2004.09.012>
  22. Jebb SA, Cole TJ, Doman D, Murgatroyd PR, Prentice AM. Evaluation of the novel Tanita body-fat analyser to measure body composition by comparison with a four-compartment model. *Br J Nutr.* 2000;83(2):115-22. <https://doi.org/10.1017/S0007114500000155>
  23. Pichard C, Kyle UG, Janssens JP, Burdet L, Rochat T, Slosman DO, et al. Body composition by X-ray absorptiometry and bioelectrical impedance in chronic respiratory insufficiency patients. *Nutrition.* 1997;13(11-12):952-8. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(97\)00336-5](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(97)00336-5)
  24. Kyle UG, Pichard C, Rochat T, Slosman DO, Fitting JW, Thiebaut D. New bioelectrical impedance formula for patients with respiratory insufficiency: comparison to dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur Respir J.* 1998;12(4):960-6. <https://doi.org/10.1183/09031936.98.12.040960>
  25. Steiner MC, Barton RL, Singh SJ, Morgan MD. Bedside methods versus dual energy X-ray absorptiometry for body composition measurement in COPD. *Eur Respir J.* 2002;19(4):626-31. <https://doi.org/10.1183/09031936.02.00279602>
  26. Rutten EP, Spruit MA, Wouters EF. Critical view on diagnosing muscle wasting by single-frequency bio-electrical impedance in COPD. *Respir Med.* 2010;104(1):91-8. <https://doi.org/10.1016/j.rmed.2009.07.004>
  27. Rom O, Reznick AZ, Keidar Z, Karkabi K, Aizenbud D. Body composition in heavy smokers: comparison of segmental bioelectrical impedance analysis and dual-energy X-ray absorptiometry. *Adv Exp Med Biol.* 2015;840:1-11.
  28. Mally K, Trentmann J, Heller M, Dittmar M. Reliability and accuracy of segmental bioelectrical impedance analysis for assessing muscle and fat mass in older Europeans: a comparison with dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur J Appl Physiol.* 2011;111(8):1879-87. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1795-x>
  29. Engelen MP, Schols AM, Lamers RJ, Wouters EF. Different patterns of chronic tissue wasting among patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Clin Nutr.* 1999;18(5):275-80. [https://doi.org/10.1016/S0261-5614\(98\)80024-1](https://doi.org/10.1016/S0261-5614(98)80024-1)
  30. Genton L, Hans D, Kyle UG, Pichard C. Dual-energy X-ray absorptiometry and body composition: differences between devices and comparison with reference methods. *Nutrition.* 2002;18(1):66-70. [https://doi.org/10.1016/S0899-9007\(01\)00700-6](https://doi.org/10.1016/S0899-9007(01)00700-6)