

Artigo de  
Atualização

## Bioimpedância Elétrica Aplicada à Insuficiência Cardíaca

Bioelectrical Impedance Analysis in Heart Failure

1

Eleonora Peixoto de Britto, Evandro Tinoco Mesquita

### Resumo

O emprego da bioimpedância elétrica (BIA) na avaliação da composição corporal tem se tornado comum em diversas situações clínicas, mas permanecem algumas controvérsias sobre seu uso, principalmente em condições onde há uma alteração do estado volêmico, como é o caso da insuficiência cardíaca (IC). A caquexia é considerada uma das principais complicações da IC. Somente a mensuração do peso corporal é um método de baixa acurácia, devido à flutuação decorrente do acúmulo de líquidos. Assim, é importante aprimorar a forma de avaliação do estado nutricional, sendo este um marcador prognóstico da IC. A BIA é um método não-invasivo, fácil e reprodutível e pode detectar precocemente a retenção de fluidos corporais, auxiliando a terapêutica medicamentosa, inibindo a deterioração funcional e a piora da qualidade de vida do paciente com insuficiência cardíaca. O objetivo desta revisão é apresentar a metodologia da BIA e descrever os principais estudos da BIA na IC.

**Palavras-chave:** Bioimpedância elétrica, Bioimpedância elétrica e insuficiência cardíaca, Bioimpedância elétrica e composição corporal

### Abstract

Although the use of Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) for assessing body composition has become commonplace in many clinical situations, there are still some uncertainties about its use, mainly under conditions where there is an alteration in the volemic status, such as that which occurs in heart failure (HF). Cachexia is rated as one of the main complications in HF. Merely measuring body weight is not an accurate method, because of fluctuations caused by the build-up of liquids. It is thus important to upgrade ways of assessing nutritional status, as this is a prognostic marker of HF. Easy and replicable, BIA is a non-invasive method for the early detection of water retention, guiding medicamentous treatment, helping preserve functions and slowing the deterioration of the quality of life among patients with HF. The purpose of this review is to present the BIA methodology and describe the main studies of its use in HF.

**Keywords:** Bioelectrical impedance, Bioelectrical impedance and heart failure, Bioelectrical impedance and body composition

### Introdução

O emprego da bioimpedância elétrica (BIA) na avaliação da composição corporal tem se tornado comum em diversas situações clínicas, mas permanecem algumas controvérsias sobre seu uso, principalmente em condições onde há uma alteração do estado volêmico, como é o caso da insuficiência cardíaca (IC).

De acordo com a Sociedade Européia de Nutrição Enteral e Parenteral<sup>1,2</sup> (ESPEN) entre 1990 e 2003 havia cerca de 1600 artigos publicados sobre o assunto, porém com diferentes metodologias e equações, causando uma série de questionamentos a respeito de como e quando usar a BIA. Assim, recentemente, a ESPEN publicou uma diretriz padronizando os princípios, os métodos e a utilização da BIA na prática clínica.

Departamento de Pós-Graduação em Ciências Cardiovasculares - Universidade Federal Fluminense (UFF) - Niterói (RJ), Brasil

Correspondência: eleonora\_britto@hotmail.com

Eleonora Peixoto de Britto | Rua Ari Parreiras, 403 ap. 1402 - Icaraí - Niterói (RJ), Brasil | CEP: 24230-320

Recebido em: 26/03/2008 | Aceito em: 09/06/2008

A caquexia é considerada uma das principais complicações da IC. Somente a mensuração do peso corporal nesses pacientes é um método de baixa acurácia, devido à flutuação decorrente do acúmulo de líquidos. É importante aprimorar a forma de avaliação do estado nutricional, sendo este um marcador prognóstico da IC.

Os mecanismos exatos pelo qual a caquexia se instala ainda não são totalmente conhecidos. Múltiplos mecanismos adaptativos que ocorrem inicialmente para combater a perda de células miocárdicas, tais como a ativação de neuro-hormônios e a produção de mediadores inflamatórios, acabam influenciando diretamente o estado nutricional e o desenvolvimento e a progressão da caquexia cardíaca, quando perpetuados.

Anker et al.<sup>3</sup> baseados nos dados do *Studies of Left Ventricular Dysfunction* (SOLVD) sugeriram como definição para caquexia cardíaca, aquela em que se pode observar uma perda >6% em relação ao peso habitual. Segundo os autores, essa definição apresenta um maior grau de especificidade e sensibilidade em prever mortalidade subsequente.

Entretanto, baseado em pesquisa atual<sup>4</sup> realizada com portadores de IC na atenção primária - Programa Médico de Família, na cidade de Niterói (RJ), encontrou-se uma elevada prevalência (70%) de pacientes portadores de IC com síndrome metabólica (SM). A SM é reconhecida como um fator de risco para doenças cardiovasculares (DCV) e, recentemente, tem sido associada como fator independente para IC. Pode-se perceber assim uma mudança no perfil dos pacientes acometidos pela doença.

A BIA também é particularmente útil para a detecção precoce de retenção de fluidos corporais, auxiliando a terapêutica medicamentosa, inibindo a deterioração funcional e a piora da qualidade de vida do paciente com insuficiência cardíaca.

É importante ressaltar que existem diferenças entre a BIA e a bioimpedância transtorácica. Esta é uma forma de pletismografia que utiliza mudanças na impedância elétrica apenas do tórax, para estimar mudanças no volume sanguíneo no interior da aorta e mudanças no volume de fluido do tórax.

O objetivo desta revisão é apresentar a metodologia da BIA e descrever os principais estudos da BIA na IC.

## Metodologia

Foram pesquisados no PUBMED, em dezembro de 2007, artigos que utilizaram a BIA como forma de avaliação da composição corporal na IC. Foram identificados 7374 artigos em língua inglesa, utilizando o termo *bioelectrical impedance*, e 62 artigos com os termos *bioelectrical impedance and heart failure*, de onde foram selecionados 19 estudos.

## Princípios da Bioimpedância Elétrica

A propriedade elétrica dos tecidos tem sido estudada desde 1871, mas somente em 1970 os fundamentos da BIA foram descritos e, desde então, uma variedade de aparelhos foram postos no mercado. É um método não-invasivo, rápido, prático e indolor que se baseia na passagem de corrente elétrica de baixa intensidade através do corpo e a impedância (Z), ou oposição ao fluxo da corrente, é medida através do analisador de BIA<sup>5</sup>. A água corporal total (ACT) pode ser medida pela impedância, porque os eletrólitos na água são excelentes condutores de corrente elétrica. Quanto maior o teor de água mais a corrente flui facilmente. Assim o tecido adiposo, que tem 80% de gordura, é um mau condutor de corrente elétrica e possui maior resistência (R). Já a massa corporal magra (MCM), que em situações estáveis contém 73% de água, tem menos resistência à passagem da corrente elétrica.

Quando se aplica a corrente elétrica ao corpo humano é gerada uma oposição por dois componentes: a resistência (R) e a reactância (Xc). A resistência pode ser definida como a capacidade de uma substância se opor à passagem de corrente elétrica. Já a reactância é a medida da habilidade de cada material de "atrasar" a corrente elétrica. No corpo humano, as membranas celulares podem funcionar como capacitores, armazenando a energia por um período pequeno de tempo, "atrasando" a corrente; ou como resistores, dependendo da frequência da corrente aplicada. A baixas frequências (~ 1kHz) nenhuma corrente elétrica passa pelas membranas celulares, então as membranas funcionam como resistores e apenas o fluido extracelular pode ser medido. Em frequências maiores, a corrente elétrica pode passar através das membranas celulares permitindo as medidas de impedância dentro e fora das células. A Xc se relaciona com o balanço hídrico extra e intracelular estando na dependência da membrana celular.

A impedância é a soma vetorial desses dois componentes. O ângulo formado entre R e Xc chama-se ângulo de fase ( $\Phi$ ), que varia entre 5° e 15°, sendo

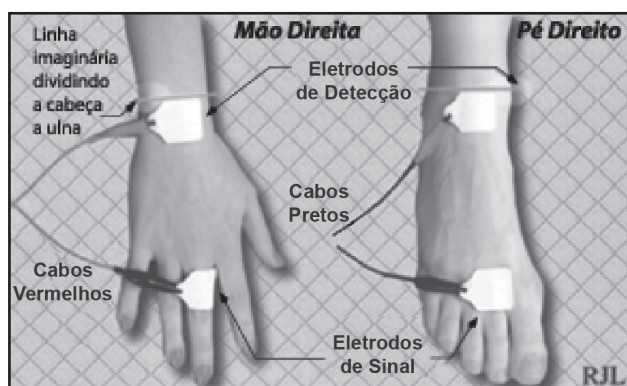
calculado pela fórmula:  $\Phi = \arctan(Xc/R)$ . Quando o  $\Phi$  está aumentado, associa-se com adequado estado de saúde e a  $Xc$  é alta; se o  $\Phi$  estiver baixo, associa-se com existência ou agravamento da doença e com  $Xc$  baixa e morte celular.

O uso da impedância na avaliação da composição corporal parte da idéia de que o corpo humano é um cilindro perfeito com comprimento e área transversal uniforme, o que não é totalmente verdade. Assume-se, então, que o corpo humano seja composto por cinco cilindros conectados em série e não de um cilindro único. A impedância ( $Z$ ) à corrente é relacionada diretamente ao comprimento do condutor e inversamente à sua área transversal. Tipicamente, utiliza-se a frequência de sinal de 50kHz na medição, e a estatura ao quadrado dividida pela resistência como estimador da composição corporal<sup>5</sup>.

## O método da BIA

Há vários tipos de equipamentos para a medida da impedância. Alguns estudos apontam para possíveis diferenças nas medidas, de acordo com o equipamento usado. Entretanto, de acordo com o estudo de Coppini et al.<sup>6</sup> não houve diferenças significativas de resistência e de reactância entre os três modelos de equipamentos pesquisados.

O modelo mais comumente utilizado é o tetrapolar no qual se usam quatro eletrodos aplicados à mão, ao pulso, ao pé e ao tornozelo, e então uma corrente elétrica é aplicada aos eletrodos-fonte (distais) e a queda da voltagem, devido à impedância, é detectada pelos eletrodos proximais (Figura 1).



**Figura 1**  
Posicionamento dos eletrodos no modelo tetrapolar  
Fonte: <<http://www.rjlsystems.com>>

## Modelos de Predição

Estudos clínicos têm sido conduzidos com o intuito de validar a BIA na mensuração e avaliação do estado nutricional através de equações de regressão linear, obtidas em comparação com métodos padrão-ouro.

As equações de BIA estimam a MCM e a ACT, e são baseadas tanto em modelos populacionais específicos como generalizados. Na tentativa de melhorar a exatidão das medidas, algumas equações foram desenvolvidas para subgrupos homogêneos, levando em conta idade, sexo, etnia, gordura corporal; portanto, essas equações só podem ser utilizadas para indivíduos com características semelhantes àquelas do subgrupo específico<sup>5</sup>.

Como exemplo, pode-se observar o estudo de Kushner et al.<sup>7</sup> que demonstrou a validade do método em prever a ACT em pacientes com doença inflamatória intestinal os quais recebiam nutrição parenteral total. Nesse estudo, foram avaliados 20 pacientes obesos e 20 pacientes não-obesos e desenvolveu-se uma equação para prever a ACT, de acordo com o peso e o sexo. Dessa forma, não se observou diferença entre a ACT avaliada pela bioimpedância e aquela determinada por método de diluição por deutério. Esses achados sugerem o uso da bioimpedância para avaliar ACT em indivíduos com função metabólica alterada.

Segal et al.<sup>8</sup> estudaram a massa magra de pacientes obesos comparados com não-obesos e acharam que em pacientes obesos a massa magra avaliada pela BIA foi superestimada quando comparada com a densitometria corporal, considerada método padrão-ouro. Sendo assim, propuseram várias fórmulas específicas para essa população, encontrando, então, uma melhor correlação.

Gray et al.<sup>9</sup>, utilizando as fórmulas propostas por Segal et al.<sup>8</sup>, também concluíram que tais fórmulas, nas quais o sexo, o peso, a altura e a idade são levados em consideração, produzem uma boa correlação da bioimpedância com métodos-padrão para estimar a MLG. Porém em pacientes muito obesos (>48% gordura corporal) as fórmulas podem apresentar erros.

Sun et al.<sup>10</sup>, avaliando 1474 pacientes brancos e 355 negros, também desenvolveram equações para uso em estudos epidemiológicos, com excelente precisão em avaliar ACT e MLG.

A principal fonte de erro de medidas são fatores que podem alterar o estado de hidratação do paciente. Por

isso, de acordo com a ESPEN, algumas condições devem ser observadas para a confiabilidade das medidas (Quadro 1).

#### **Quadro 1** **Recomendações para aplicações práticas da BIA**

1. O aparelho deve ser calibrado regularmente.
2. Manter os eletrodos em sacos fechados, protegidos do calor.
3. O exame deve ser feito em posição supina.
4. Os pacientes devem estar em jejum.
5. Bebidas alcoólicas são proibidas por 8 horas antes do exame.
6. Não se deve fazer atividade física ou fazer sauna por 8 horas antes do exame.
7. Deve-se esvaziar a bexiga antes do exame.
8. A temperatura do ambiente deve ser adequada\*.
9. A pele deve ser limpa com álcool e não deve conter lesões.
10. Observar uma distância mínima entre os eletrodos de 5cm.
11. Os braços devem estar separados do tronco em um ângulo de 30° e pernas a 45° (em obesos, usar material isolante entre as pernas, como toalhas).
12. O paciente não pode ter contato com superfície metálica.
13. Em estudos longitudinais, realizar o exame no mesmo horário.
14. Observar a fase do ciclo menstrual.
15. Não deve ser realizado em indivíduos portadores de marca-passo.
16. Em pacientes com insuficiência cardíaca, as medições poderão ser realizadas somente em pacientes estáveis, pois alterações de volume podem interferir nos resultados.

\*alguns artigos preconizam temperatura em torno de 22°C  
Fonte: ESPEN; 2004.

## **BIA e IC**

Um dos primeiros estudos que validou o uso da BIA em pacientes com IC foi publicado em 1998, quando Steele et al.<sup>11</sup> avaliaram 12 homens com IC estável, com classe funcional entre II e III (NYHA). Todos os pacientes estavam em uso de diuréticos e sem evidências de sobrecarga de volume. Nesse estudo, a BIA quando foi comparada com métodos de referência, mostrou ser um método reprodutível e com resultados bem correlacionados ( $r=0,76$ ), podendo direcionar a terapia com diuréticos de maneira eficaz, no entanto superestimou a ACT em 2,4kg, possivelmente pela fórmula utilizada.

Atualmente a BIA já aparece em alguns artigos como forma de avaliação da massa corporal em pacientes com IC. Assim, Lainscak et al.<sup>12</sup>, em estudo prospectivo, utilizaram a BIA para avaliar as mudanças na composição corporal de pacientes com IC, não-caquéticos, tratados com betabloqueadores pelo método da bioimpedância. Para isso utilizaram fórmulas fornecidas pelo aparelho, e através de avaliações seriadas evidenciaram ganho de massa gorda com o uso do medicamento, associado à maior sobrevida. Embora o objetivo desse artigo não tenha sido validar a BIA em IC, a BIA foi útil ao que se propôs, com boa reprodutibilidade entre as medidas (0,1%).

Em estudo recente<sup>13</sup> para verificar a segurança da BIA em detectar fluidos corporais em pacientes idosos com IC, os autores concluíram que a BIA, utilizando frequência de 50kHz, é útil para estimar a ACT em pacientes idosos saudáveis e em casos de desbalanço hídrico, mas pouco seguro para avaliar a água extracelular quando há sobrecarga hídrica.

Em importante estudo publicado<sup>14</sup> com pacientes com IC crônica estável, a BIA foi comparada a métodos-padrão para avaliação da massa magra, uma vez que esta é considerada um marcador sistêmico de severidade de doenças crônicas (como a IC), nas quais a caquexia é relacionada à maior grau de morbimortalidade. Foram avaliados 22 portadores de IC com disfunção sistólica (FE <45) sem evidências clínicas de sobrecarga de volume, e 24 pacientes-controle. A composição corporal foi avaliada pela BIA, DEXA (densitometria óssea) e diluição por deutério para estimar ACT, e diluição por bromido para a avaliação de água extracelular (AEC). Como resultado foi encontrado um forte coeficiente de correlação ( $r=0,93$   $p=0,001$ ) entre a BIA e a diluição por deutério. A importância desse estudo está no fato da validação do uso da BIA em IC como instrumento alternativo e adequado, uma vez que outros métodos são caros e não aplicáveis na prática clínica, e da proposição de equação de regressão baseada naqueles métodos de referência, específicos para pacientes com IC. No entanto, como uma das limitações do estudo a autora cita o pequeno tamanho da amostra.

Em oposição a esse estudo, Sandek et al.<sup>15</sup> questionam o uso da BIA em pacientes congestos, uma vez que a retenção de água aumenta o compartimento extracelular, superestimando a massa livre de gordura. E ainda, que a alteração de volume pode ocorrer em pacientes com IC mesmo na ausência de edema identificável ou elevada pressão venosa jugular e refluxo hepatojugular. Ascite pode frequentemente ser encontrada em pacientes com IC, o que também superestimaria a MLG. Em relação à equação proposta para pacientes com IC, duas questões foram levantadas:

a necessidade de ser validada em populações maiores, e também que a fórmula proposta não contempla as diferenças de distribuição de MLG entre os sexos, o que poderia causar erros.

Os autores do estudo<sup>16</sup> rebatem as críticas dizendo que todos os pacientes por eles avaliados estavam em tratamento agressivo, e eram constantemente acompanhados em uma clínica especializada em IC, portanto a fórmula proposta seria válida para esse grupo de pacientes.

Apesar da discussão sobre qual fórmula a ser usada na IC, em outro estudo<sup>17</sup> também usando a BIA como método de avaliação na IC, concordando que na IC a hidratação tecidual é variável, o autor propõe o uso somente de “medidas cruas” para avaliação, como medidas de Xc e R, ou o ângulo de fase. A vantagem seria a de não depender de equações de regressão ou do peso do paciente.

A favor disso, Maggiore et al.<sup>18</sup>, avaliando pacientes em hemodiálise, correlacionaram a queda da reactância com mortalidade. Da mesma forma, Mattar et al.<sup>19</sup> observaram alterações importantes da impedância corpórea em pacientes críticos, e os valores de reactância estiveram baixos em pacientes críticos sépticos que faleceram.

Exemplos do uso clínico da BIA:

#### Caso 1 : Paciente com IC crônica estável, sem evidências clínicas de edema

Sexo	feminino
Idade	61 anos
Peso atual	45kg
Altura	147cm
IMC	23kg/m <sup>2</sup> (eutrofia)
Circunferência abdominal	78cm
Circunferência quadril	87cm
Razão cintura-quadril	0,89 (risco elevado)
FEVE	63%
Classe funcional (NYHA)	II
Enalapril	10mg
Carvedilol	25mg
Furosemida	40mg
Digoxina	0,25mg

Dados da BIA:

R - 635 Ohms, Xc - 67 Ohms, ACT - 24,7L - 79% MM  
MM - 29,8kg, MG - 15,2kg

Diagnóstico: paciente com elevado percentual de gordura, apresenta perda de massa magra e elevado teor ACT, apesar de IMC normal.

IMC= índice de massa corpórea; FEVE= fração de ejeção do ventrículo esquerdo; MM=massa magra; MG=massa gorda; ACT=água corporal total

#### Caso 2 : Paciente com IC crônica estável, sem evidências clínicas de edema

Sexo	masculino
Idade	38 anos
Peso atual	115kg
Altura	177cm
IMC	36,7kg/m <sup>2</sup> (obeso grau II)
Circunferência abdominal	135cm
Circunferência quadril	128cm
Razão cintura-quadril	1,05 (risco elevado)
FEVE	38%
Classe funcional (NYHA)	II
Captopril	50mg
Carvedilol	12,5mg
Furosemida	80mg
Digoxina	0,5mg
Aldactone	50mg
Sinvastatina	80mg

Dados da BIA:

R - 368,5 Ohms, Xc - 49,2 Ohms, ACT - 62,2L e 74% da MM  
MM - 84,1kg, MG - 30,9kg

Diagnóstico: paciente obeso mórbido segundo o IMC, com ACT normal, obesidade à custa de aumento de MG, mas com perda de MM.

IMC= índice de massa corpórea; FEVE= fração de ejeção do ventrículo esquerdo; MM=massa magra; MG=massa gorda; ACT=água corporal total

#### Conclusão

A BIA é um método de avaliação não-invasivo de composição corporal de boa precisão em pessoas saudáveis e em enfermidades crônicas. Em casos de alteração do estado volêmico, a BIA pode ser utilizada desde que se obedeça aos critérios estabelecidos. Uma boa alternativa seria o uso de índices da BIA, resistência e reactância, sem utilizar equações de regressão. Ao utilizar as fórmulas, sejam aquelas fornecidas pelo aparelho, ou fórmula específica para pacientes estáveis com IC, as avaliações devem ser seriadas.

#### Referências

1. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis: Part I. Review of principles and methods. Clin Nutr. 2004;23(5):1226-243.
2. Kyle UG, Bosaeus I, De Lorenzo AD, et al. Bioelectrical impedance analysis: Part II. Utilization in clinical practice. Clin Nutr. 2004;23(6):1430-453.
3. von Haehling S, Doehner W, Anker SD. Nutrition, metabolism, and the complex pathophysiology of cachexia in chronic heart failure. Cardiovasc Res. 2007;73(2):298-309.

4. Coelho FAC, Moutinho MAE, Miranda V. Associação da síndrome metabólica e seus componentes na insuficiência cardíaca encaminhada da atenção primária. *Arq Bras Cardiol.* 2007;89(1):42-51.
5. Heyward V, Stolarczyk L. Avaliação da composição corporal aplicada. São Paulo: Manole; 2000.
6. Coppini LZ, Waitzberg D. Bioimpedância elétrica. In: Waitzberg D. Nutrição oral, enteral e parenteral na prática clínica. 3a ed. São Paulo: Atheneu; 2002:295-304.
7. Kushner RF, Schoeller DA. Estimation of total body water by bioelectrical impedance analysis. *Am J Clin Nutr.* 1986;44:417-24.
8. Segal KR, Gutin B, Presta E, et al. Estimation of human body composition by electrical impedance methods: a comparative study. *J Appl Physiol.* 1985; 58(5):1565-571.
9. Gray D, Bray G, Gemayel N, et al. Effect of obesity on bioelectrical impedance. *Am J Clin Nutr.* 1989;50:255-60.
10. Sun S, Chumlea W, Heymsfield S, et al. Development of bioelectrical impedance analysis prediction equations for body composition with the use of a multicomponent model for use in epidemiologic surveys. *Am J Clin Nutr.* 2003;77:331-40.
11. Steele IC, Young IS, Stevenson HP, et al. Body composition and energy expenditure of patients with chronic cardiac failure. *Eur J Clin Invest.* 1998;28:33-40.
12. Lainscak M, Keber I, Anker SD. Body composition changes in patients with systolic heart failure treated with beta blockers: a pilot study. *Int J Cardiol.* 2006;106(3):319-22.
13. Sergi G, Lupoli L, Volpato S, et al. Reliability of bioelectrical impedance methods in detecting body fluids in elderly patients with congestive heart failure. *Scand J Clin Lab Invest.* 2006;66(1):19-30.
14. Uszko-Lencer NH, Bothmer F, Schols AM, et al. Measuring body composition in chronic heart failure: a comparison of methods. *Eur J Heart Fail.* 2006;8:208-14.
15. Sandek A, Rauchhaus M. Use of bioimpedance analysis in patients with chronic heart failure? [Letter]. *Eur J Heart Fail.* 2007;9(1):105
16. Uzko-Lencer NH, Schols AM. Author response to letter from Drs Sandek and Rauchhaus. [Letter]. *Eur J Heart Fail.* 2007;9(1):105-106.
17. Martinez L, Ramirez E, Tejada A, et al. Bioelectrical impedance and strength measurements in patients with heart failure: comparison with functional class. *Nutrition.* 2007;23(5):412-18.
18. Maggiore Q, Nigrelli S, Cicarelli C, et al. Nutritional and prognostic correlates of bioimpedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney Int.* 1996;50:2103-108.
19. Mattar JA. Bioimpedância, resistência e reactância: parâmetros biofísicos úteis em suporte nutricional e medicina intensiva. *Rev Metab Nutr (Porto Alegre).* 1995;2:58-62.