Bioimpedância Elétrica

Lílian Ramos Sampaio
Michaela Eickemberg
Pricilla de Almeida Moreira
Carolina Cunha de Oliveira

SciELO Books / SciELO Livros / SciELO Libros

SAMPAIO, L.R., EICKEMBERG, M., MOREIRA, P.A., and OLIVEIRA, C.C. Bioimpedância Elétrica. In: SAMPAIO, L.R., org. *Avaliação nutricional* [online]. Salvador: EDUFBA, 2012, pp. 113-132. Sala de aula collection. ISBN: 978-85-232-1874-4.
<https://doi.org/10.7476/9788523218744.0009>.

All the contents of this work, except where otherwise noted, is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International license](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo o conteúdo deste trabalho, exceto quando houver ressalva, é publicado sob a licença [Creative Commons Atribuição 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Todo el contenido de esta obra, excepto donde se indique lo contrario, está bajo licencia de la licencia [Creative Commons Reconocimiento 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Bioimpedância elétrica

Lílian Ramos Sampaio

Michaela Eickemberg

Pricilla de Almeida Moreira

Carolina Cunha de Oliveira

Introdução

A estimativa da composição corporal constitui uma importante etapa na identificação de possíveis distúrbios nutricionais e nas intervenções dietética e dietoterápica. Encontram-se disponíveis na literatura diferentes métodos para a determinação da composição corporal, desenvolvidos e validados em várias populações e com inúmeras finalidades.

Objeto de crescente número de estudos, a Bioelettrictal Impedance Analysis – Bioimpedância Elétrica (BIA) tem sido indicada como um método preciso e confiável para determinar a composição corporal, sobretudo pela boa reprodutibilidade e possibilidade de se trabalhar com equipamento portátil, de fácil manuseio.

A BIA tem sido validada para estimar a composição corporal e o estado nutricional em indivíduos saudáveis e em diversas situações clínicas, como desnutrição, traumas, câncer pré e pós-operatório, doenças hepáticas e insuficiência renal em crianças, idosos e atletas.

Princípios da BIA

A análise da BIA baseia-se na medida da resistência (R) total do corpo à passagem de uma corrente elétrica de pequena intensidade (imperceptível ao corpo humano), de baixa amplitude (0,8 mA) e alta frequência (50 KHz). A BIA fundamenta-se no princípio de que os tecidos corporais oferecem diferentes oposições à passagem da corrente elétrica, que flui através do corpo pela movimentação dos íons.

Os tecidos magros são altamente condutores de corrente elétrica devido à grande quantidade de água e eletrólitos, ou seja, apresentam baixa resistência à passagem da corrente elétrica. Por outro lado, a gordura, o osso, a pele e os pulmões constituem um meio de baixa condutividade, apresentando, portanto, elevada resistência. Assim, quanto maior a quantidade de água contida em um órgão, mais facilmente a corrente irá passar e menor será a impedância (resistência).

A oposição ao fluxo total da corrente, também chamada impedância (Z), medida através do analisador de BIA, gera dois componentes: a resistência (R) e a reactância (X_c). O vetor R é a medida de oposição ao fluxo da corrente elétrica através dos espaços intra e extracelulares do corpo, estando esta diretamente associada ao nível de hidratação destes meios. O vetor X_c reflete a oposição ao fluxo de corrente causada pela capacitância produzida

pela membrana celular. Após identificar os níveis de R e X_c , do organismo à corrente elétrica, o analisador avalia a quantidade de água corporal total e, assumindo que o corpo mantém uma hidratação constante, prediz a quantidade de massa livre de gordura para, em seguida, calcular a gordura corporal.

A X_c , ou resistência capacitiva, é a oposição ao fluxo da corrente causado pela capacitância (propriedade de armazenar energia), assemelhando-se a um capacitor que é formado por duas ou mais membranas condutoras separadas por um material isolante ou não condutivo, capaz de armazenar energia elétrica. Do mesmo modo, a membrana celular do ser humano é constituída por duas camadas de material protéico (bom condutor) e uma camada de lipídio (isolante), podendo tanto armazenar energia por um período pequeno de tempo, “atrasando” a corrente, quanto atuar como resistor - isso dependerá da frequência da corrente elétrica a ser aplicada. Este “atraso” no fluxo da corrente elétrica, causado pela capacitância, gera uma queda na tensão da corrente ou uma mudança de fase, que é definida como ângulo de fase (AF), ou ainda como arco tangente da relação X_c e R .

A relação geométrica entre Z , R , X_c e AF depende da frequência da corrente elétrica administrada e é ilustrada na Figura 1. Em frequências menores (f_1) ($\sim 1\text{kHz}$), a impedância das células e de suas membranas é muito alta para que a corrente consiga penetrar no conteúdo celular; logo, nenhuma corrente elétrica passa pelas membranas celulares e estas funcionam como resistores com apenas o fluido extracelular sendo possível de ser medido. O componente capacitivo do sistema é um circuito aberto, sendo a X_c igual a zero e a Z puramente resistiva (R_o).

Conforme a frequência aumenta, a X_c avança na proporção da R , constituindo o AF, e, neste ponto máximo, o semicírculo atinge a frequência característica (f_c) específica para o sistema. A f_c é o

valor máximo do semicírculo imaginário da bioimpedância e, ao alcançá-la, a X_c começa a diminuir na proporção da R , enquanto ocorre aumento na frequência da corrente elétrica.

Em frequências maiores (f_h) (50 e 100kHz), a corrente elétrica passa através das membranas celulares, permitindo as medidas de impedância dentro e fora das células, o que determina o balanço hídrico intra e extracelular e causa redução na X_c , aumento na R e diminuição do AF. Em altas frequências, o componente capacitivo do sistema é um curto circuito, sendo a Z nova e puramente resistiva (R_i).

Desta forma é possível determinar a relação entre Z e os compartimentos corporais, em que a magnitude da Z é igual ao vetor função de R e X_c , ou seja, $Z = \sqrt{R^2 + X_c^2}$, que é dependente da frequência.

Assim, através dos valores obtidos para estas variáveis (Z , R e X_c), em diferentes frequências, o analisador calcula a quantidade de água corporal total e sua distribuição intra e extracelular. Ao assumir uma hidratação constante, é determinada, primeiramente, a massa corporal magra e, em seguida, a composição corporal.

O gráfico de Cole (figura 1) permite visualizar estas descrições e fundamenta-se na aproximação dos valores obtidos por uma curva e no prolongamento desta até o eixo R , formando um semicírculo. Este prolongamento permite extrapolar valores de Z obtidos para cada frequência (entre 5 KHz e 1000 KHz), relacionando Z , R , X_c , AF e frequência. É importante salientar que esta é uma abordagem teórica, uma vez que frequências muito baixas ou muito altas não devem ser introduzidas ao corpo devido à ocorrência de múltiplas dispersões, ou ainda pelo possível estímulo elétrico de alguns tecidos condutores, como o tecido cardíaco.

Figura 1 - Demonstração da derivação gráfica do ângulo de fase, sua relação com a resistência, reactância, impedância e frequência da corrente aplicada através do Gráfico de Cole

Fonte: Adaptado de Cole (1940).

Método da BIA

Existe uma variedade de aparelhos de BIA disponíveis no mercado que avaliam a composição corporal de diferentes formas: por região, quando a corrente atravessa apenas a porção superior ou inferior do corpo (BIA mão-mão ou pé-pé); total, quando a corrente atravessa todo o corpo (BIA mão-pé), e segmentar, onde os segmentos corporais ou membros separadamente podem ser avaliados. Quanto ao tipo de frequência, atualmente é possível encontrar aparelhos de frequência única (50 KHz) e multifrequenciais (de 5 a 1000 KHz).

A transmissão da corrente elétrica pelo corpo se dá, geralmente, por quatro sensores metálicos (modelo tetrapolar) que, em contato com as mãos e/ou pés, registram a impedância dos segmentos

corporais entre membros superiores e tronco, ou somente entre membros inferiores, ou ainda entre membros superiores e inferiores. Todavia, o aparelho que avalia os segmentos superiores e inferiores é o modelo mais utilizado da BIA, pois consiste na utilização de quatro eletrodos fixados à mão, próximo à articulação metacarpo-falangea da superfície dorsal; ao pulso, entre as proeminências distais do rádio e da ulna; ao pé, no arco transversal da superfície superior e ao tornozelo, entre os máléolos medial e lateral (Figura 2).

Figura 2 – Demonstração do local de colocação dos eletrodos

Fonte: Adaptado de Britto e Mesquita (2008).

Em seguida, uma corrente de excitação é aplicada aos eletrodos-fonte (distais) na mão e no pé, e a queda de tensão, provocada pela impedância, é detectada pelos eletrodos-sensor (proximal), localizados no pulso e no tornozelo.

Nos aparelhos de BIA, modelo mão-mão ou pé-pé, a transmissão da corrente elétrica se dá por sensores metálicos que, em contato com as mãos ou pés, registram a impedância dos segmentos corporais entre membros superiores e tronco, ou somente entre membros inferiores (Figura 3).

O modelo de BIA tradicional (mão-pé) parece apresentar melhor acurácia do que os aparelhos que possuem apenas um segmento

corporal, como o BIA mão-mão ou pé-pé, sendo este último geralmente realizado através de plataforma de balanças. Nestes, os eletrodos estão em contato apenas com as regiões plantares, passando a corrente elétrica apenas pelas pernas e região pélvica. Isto possivelmente resulta em uma avaliação deficitária da composição corporal, devido ao fato desta técnica desconsiderar o tronco e os membros superiores, podendo superestimar a proporção de água se o indivíduo apresentar edema, por exemplo, ao nível dos membros inferiores, ou simplesmente se a bexiga estiver cheia. Entretanto, até o momento, as informações não são conclusivas.

Figura 3 – Demonstração da BIA mão-mão (à esquerda), pé-pé (ao centro) e mão-pé (à direita)

Fonte: Jambassi Filho e colaboradores (2010).

Mais recentemente, a BIA segmentar foi desenvolvida. Ela aborda aspectos da análise da composição corporal que podem eliminar certas inconsistências existentes na avaliação da massa corporal total, analisando o corpo por segmento; ou seja: esta técnica determina, isoladamente, a massa dos membros e do tronco (Figura 4).

Estudiosos afirmam que as alterações na massa magra do tronco, separadamente, provavelmente não são descritas de forma confiável através das medidas de impedância do corpo inteiro, e ainda que mudanças na impedância do corpo inteiro podem estar relacionadas às alterações tanto na massa magra dos membros, como do tronco, e que, por isso, é dada a importância da avaliação isolada.

A BIA segmentar tem sido utilizada para determinar deslocamentos e distribuição de fluidos em algumas doenças, como ascite e insuficiência renal, e em cirurgia. Esta técnica pode também ser útil em fornecer informações sobre o acúmulo de líquidos na região pulmonar ou abdominal. Entretanto, ressalta-se que ainda não existem estudos conclusivos sobre a aplicação do modelo segmentar da BIA.

Figura 4 – Demonstração da BIA segmentar (BD - braço direito; BE - braço esquerdo, T- tronco; RD- perna direita; PE - perna esquerda

Fonte: KYLE e colaboradores (2004).

Equações de Predição

Encontram-se disponíveis, na literatura, diversas equações de predição que, a partir dos valores de R e X_c , obtidos pela BIA e combinados com informações de peso corporal, altura, idade, sexo e atividade física, estimam a composição corporal e, assim, quantificam a massa de gordura, massa magra e água corporal total.

Estudos de desenvolvimento e validação de equações de BIA vêm sendo amplamente realizados, entretanto, as equações de predição variam conforme o aparelho e apresentam validade apenas para a população de origem, o que constitui um fator limitante para sua utilização em outros grupos populacionais. Neste sentido, deve-se analisar cuidadosamente a escolha de uma equação de BIA que seja específica para determinado grupo de indivíduos.

Aplicação da BIA

A BIA é um método de avaliação nutricional que estima os componentes corporais e a distribuição dos fluidos nos espaços intra e extracelulares. É um método que permite detectar precocemente a retenção de fluidos corporais, podendo auxiliar na terapêutica medicamentosa, inibindo a deterioração funcional e a piora da qualidade de vida.

O emprego da BIA na avaliação da composição corporal tem se tornado comum em diversas situações clínicas, mas existem algumas controvérsias sobre seu uso, principalmente em condições em que há uma alteração do estado de hidratação do indivíduo, a exemplo dos casos de hiperhidratação, que podem superestimar o valor da massa magra corporal.

Abaixo segue uma tabela reunindo pesquisas que utilizaram a BIA como método de avaliação da composição corporal, em comparação com outros métodos tradicionalmente utilizados.

Tabela 1 – Estudos de comparação da BIA com outros métodos de avaliação da composição corporal

Autores	Amostra	Resultados encontrados
FRANZ	125 pacientes de 44 a 80 anos de idade.	Correlação positiva para valores de BIA, IMC e PCT.
HEITMANN	139 dinamarqueses com idade entre 35 e 65 anos.	Estimativas confiáveis do IMC, Σ quatro pregas cutâneas e BIA para gordura corporal total.
FERNANDEZ e outros	811 jovens de 11 a 17 anos de idade.	BIA apresentou bom desempenho na identificação do excesso de gordura visceral e sobre peso/obesidade, em comparação com PCT e CC.
BARRETO-SILVA e outros	105 pacientes com doença renal crônica estágios III e IV.	Para não obesos, o IMC, as dobras cutâneas e a BIA podem ser aplicados com boa equivalência para estimar gordura corporal.
RODRÍGUEZ e outros	230 pré-escolares argentinas saudáveis de 4 a 6 anos.	Alta correlação entre IMC, CC, BIA e DEXA para estimar composição corporal.
LIMA; RECH; PETROSKI	60 homens idosos, de 60 a 81 anos de idade.	Forte correlação entre BIA, DEXA e IMC ($r=0,90$) para estimar a massa muscular esquelética.
COCETTI; CASTILHO; BARROS FILHO	1286 escolares de 7 a 9 anos.	Alta e significativa correlação entre dobras cutâneas e BIA para o percentual de gordura corporal, para massa gorda e massa magra, mostrando boa concordância.

*BIA- bioimpedância elétrica; IMC- índice de massa corporal; PCT- prega cutânea tricipital; Σ - somatório; *CC- circunferência da cintura; DEXA- absorção do raio X de dupla energia.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Procedimentos para Realização da BIA

Como os resultados obtidos através da BIA podem ser afetados por diversas condições, o controle prévio de alguns fatores deve ser realizado para a confiabilidade do método na prática clínica, sendo estes apresentados no quadro a seguir:

Fatores a serem controlados para aplicação da bia
Calibração regular do aparelho.
Mantimento dos eletrodos em sacos fechados, protegidos do calor.
No momento da avaliação, o avaliado deve estar na posição supina, em uma superfície não condutora, com braços separados do tronco em um ângulo de 30° e pernas a 45°.
O avaliado deve estar em jejum de 4 horas.
A ingestão alcoólica e a prática de atividade física ou sauna não devem ocorrer por, no mínimo, 8 horas antes do exame.
A bexiga deve ser esvaziada antes da realização do exame.
A temperatura do ambiente deve estar em torno de 22°C.
Antes de colocar os eletrodos, a pele deve ser limpa com álcool e não deve conter lesões.
A distância entre os eletrodos deve ser, no mínimo, de 5 cm.
Observar a fase do ciclo menstrual por conta da possível retenção hídrica.
Utilizar material isolante entre as pernas de indivíduos obesos (ex. toa-lhas).
A técnica é contra-indicada para pacientes que utilizam marca-passo.

Quadro 1 - Recomendações para aplicações práticas da BIA

Fonte: Kyle e colaboradores (2004).

BIA e o Ângulo de Fase

O Ângulo de Fase (AF) é um parâmetro derivado da relação entre as medidas de R e X_c , obtidas a partir da BIA, sendo calculado pela equação: $X_c/R \times 180^\circ/\pi$. Este ângulo é formado quando parte da corrente elétrica é armazenada pelas membranas celulares (capacitância dos tecidos), criando uma mudança de fase, medida geometricamente como transformação angular da capacitância.

Cada vez mais utilizado na prática clínica, a medida do ângulo de fase, por ser uma ferramenta de diagnóstico nutricional que se relaciona com o equilíbrio celular, tem sido utilizado como medida de gravidade de doença, como instrumento de avaliação funcional e como indicador geral de saúde. Estudos recentes têm validado este ângulo como indicador prognóstico em pacientes críticos.

O ângulo de fase está associado também com a qualidade, tamanho e integridade celulares, portanto, indica alterações na composição corporal, na função da membrana celular ou no estado de saúde. Em um indivíduo saudável, o AF pode apresentar valores de, aproximadamente, 4 a 15 graus. Valores de AF menores podem ser associados à existência ou agravamento de doença, morte celular ou a alguma alteração na permeabilidade seletiva da membrana. Valores mais altos podem associar-se à maior quantidade de membranas celulares intactas, ou seja, maior massa celular corpórea e adequado estado de saúde.

Assim, modificações na massa celular corporal ou defeitos funcionais das membranas celulares podem resultar em mudanças no AF, sendo esperado que ocorram mudanças em seus valores de acordo com o sexo e idade, pois, com o envelhecimento, a capacitância dos tecidos associada à variabilidade do tamanho das

células, à permeabilidade da membrana celular e à composição intracelular tornam-se diferentes, assim como a distribuição dos fluidos corporais entre os tecidos.

Pesquisas realizadas para investigar o papel do AF como indicador prognóstico em pacientes hospitalizados, portadores de doenças graves, como alguns tipos de câncer, AIDS, insuficiência renal crônica, doença pulmonar obstrutiva crônica, cirrose hepática ou bacteremia, e em pacientes criticamente doentes, evidenciaram associação positiva com o tempo de sobrevivência destes pacientes. Os autores sugerem que o AF poderia ser uma importante ferramenta para avaliar sinais clínicos e monitorar a progressão da doença, sendo até mesmo superior a outros indicadores, séricos ou antropométricos.

O AF também tem sido utilizado como um indicador do estado nutricional. Cogita-se que, clinicamente, ele seja um marcador de nutrição relevante que possa caracterizar o acréscimo de massa extracelular corporal e o decréscimo de massa celular corporal, provavelmente porque a nutrição está interligada às alterações na integridade da membrana celular e no equilíbrio dos fluidos corporais.

O AF é um parâmetro que independe de equações de regressão e pode ser realizado mesmo em situações nas quais a aplicação da BIA não é recomendada para estimar a composição corporal, eliminando uma enorme fonte de erro casual. Este parâmetro pode, inclusive, ser utilizado mesmo em pacientes nos quais o peso e a altura não possam ser mensurados.

Contudo, sua escassa utilização na prática clínica deve-se ao fato da inexistência de valores de referência para a população. Estes valores são necessários para avaliar os desvios individuais em

relação à média populacional e para analisar a influência do AF em resultados de estudos epidemiológicos.

A seguir, na tabela 2, estão descritos alguns trabalhos que analisaram a utilização do AF como indicador prognóstico e de estado nutricional de indivíduos em diferentes condições clínicas.

Tabela 2 – Estudos que avaliaram o ângulo de fase como indicador prognóstico e de estado nutricional

Autores	Amostra	Resultados encontrados
GUPTA e outros	73 pacientes com CA colorretal estágios III e IV.	Pacientes bem nutridos apresentaram média de AF significativamente maior quando comparados aos desnutridos. Os autores sugerem que o AF é um potencial indicador nutricional nesta população.
BARBOSA-SILVA e outros	1967 americanos saudáveis, de 18 a 94 anos de idade.	Os autores mostram que o AF muda conforme o gênero, idade, IMC e %GC. O AF demonstrou correlação positiva com o IMC.
MAGGIORI e outros	131 pacientes em hemodiálise.	AF apresentou correlação significativa com todos os índices nutricionais, exceto IMC. Houve uma associação significativa para AF e albumina sérica, índice de catabolismo proteico, ASG, massa celular corporal total e idade.
NAGANO e outros	81 crianças hospitalizadas, de 1 mês a 6 anos de idade.	O AF foi correlacionado ao peso corporal e à CMB nos pacientes bem nutridos, sendo menos nos desnutridos.

Autores	Amostra	Resultados encontrados
BARBOSA-SILVA e outros	279 pacientes de cirurgia gastrointestinal eletiva, de 18 a 80 anos de idade.	Concordância moderada entre a ASG e AF. Os pacientes desnutridos graves, de acordo com a ASG, tiveram menores valores de AF.
GUPTA e outros	52 pacientes com CA colorretal estágio IV.	O AF é um indicador de prognóstico em pacientes com CA colorretal avançado.
SCHWENK e outros	598 pacientes HIV ⁺ em tratamento antirretroviral altamente ativo (HAART)	Baixo AF é um marcador prognóstico adverso independente da evolução clínica e sobrevivência dos pacientes em HAART.
GUPTA e outros	259 pacientes com CA de mama.	O AF é um indicador prognóstico independente em pacientes com CA de mama.
SELBERG e outros	Pacientes com cirrose hospitalizados e pacientes com controles saudáveis.	AF baixos associaram-se com reduzido tempo de sobrevivência nos pacientes com cirrose, sendo os maiores valores de AF observados nos controles saudáveis.

*CA- câncer; AF- ângulo de fase; BIA- bioimpedância elétrica; ASG- avaliação subjetiva global; IMC- índice de massa corporal; %GC- percentual de gordura corporal; HIV- vírus da imunodeficiência humana; HAART- tratamento anti-retroviral altamente ativo; R- resistência; Xc- reactância; CMB- competência motora baixa.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Vantagens e Limitações da BIA

No quadro a seguir estão descritas, resumidamente, as principais vantagens e limitações da BIA.

Vantagens	Limitações
Confortável e não-invasiva.	Nem sempre os equipamentos dispõem das equações adequadas para avaliar determinados grupos de indivíduos, a exemplo de jovens e idosos.
Equipamento portátil, de fácil manuseio e custo relativamente baixo.	Apresenta custo mais elevado do que as técnicas antropométricas, comumente utilizadas.
Fornecer resultados rapidamente.	Influenciada pelo estado de hidratação dos indivíduos avaliados, que pode inviabilizar sua utilização.
Alta correlação com os métodos antropométricos e técnicas consideradas padrão-ouro para avaliar a composição corporal.	A confiabilidade depende do seguimento do protocolo.
Não requer a presença de técnicos altamente especializados para a sua utilização.	Depende de grande colaboração do avaliado.

Quadro 2 – Vantagens e limitações da utilização da Bioimpedância

Fonte: (HEYWARD; STOLARCZYK, 2000; COSTA, 2000).

Referências

- ACOSTA, E. J.; GÓMES-TELLO, V.; RUIZ S. S. Nutritional assessment of the severely ill patient. *Nutrición Hospitalaria*, Madrid, v. 20, n. 2, p. 5-8, 2005.
- AZEVEDO, Z. M. A. et al. Associação entre ângulo de fase, PRISM I e gravidade da sepse. *Revista brasileira de terapia intensiva*. São Paulo, v. 19, n. 3, p. 297-303, jul./set. 2007.
- BARBOSA-SILVA, M. C., et al. Bioelectrical impedance analysis: population reference values for phase angle by age and sex. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, MD, v. 82, n. 1, p. 49-52, jul. 2005.
- _____. Can bioelectrical impedance analysis identify malnutrition in preoperative nutrition assessment? *Nutrition*, Bethesda, MD, v. 19, n. 5, p. 422-426, maio, 2003.
- BARRETO-SILVA, M. I. et al. Agreement between anthropometry and bioelectrical impedance for measuring body fat in nonobese and obese nondialyzed chronic kidney disease patients. *Journal of renal nutrition*, Philadelphia, v. 18, n. 4, p. 355-362, jul, 2008.
- BAUMGARTNER, R. N. et al. Bioelectric impedance phase angle and body composition. *American Journal of Clinical Nutrition*, Houston, TX, v. 48, n. 1, p. 16-23, jul. 1998.
- BRITTO, E. P.; MESQUITA, E. T. Bioimpedância elétrica aplicada à insuficiência cardíaca. *Revista da SOCERJ*, Rio de Janeiro, v. 21, n. 3, p. 178-183, maio/jun. 2008.
- COCETTI M.; CASTILHO S. D.; BARROS FILHO A. A. Dobras cutâneas e bioimpedância elétrica perna-perna na avaliação da composição corporal de crianças. *Revista nutrição*, Campinas, v. 22, n. 4, p. 527-536, jul./ago. 2009.
- COLE, K. S. Permeability and Impermeability off cell membranes for íons. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, New York, v. 8, n. 1, p. 110-22, 1940.
- COSTA, R. F. A Impedância Bioelétrica e Suas Aplicações Para a Educação Física e Áreas Afins. *Revista de Educação Física da Cidade de São Paulo*, São Paulo, v. 1, n. 1, p. 43-50, 2000.
- DEMİNICI, R.; ROSA, F. T. Pregas cutâneas vs impedância bioelétrica na avaliação da composição corporal de atletas: uma revisão crítica. *Revista brasileira cineantropometria e desempenho humano*, Santa Catarina, v. 11, n. 3, p. 334-340, 2009.
- DEURENBERG, P. Assessment of body composition by bioelectrical impedance in a population aged > 60 years. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, MD, v. 51, n. 1, p. 3-6, 1990.

DITTMAR, M. Comparison of bipolar and tetrapolar impedance techniques for assessing fat mass. *American Journal of Human Biology*, New York, v. 16, n. 1, p. 593-597, 2004.

FERNANDEZ, R. A. et al. Utilização da impedância bioelétrica na indicação do excesso de gordura visceral e subcutânea. *Jornal de pediatria*, Porto Alegre, v. 83, n. 6, p. 529-534, 2007.

FRANZ, L. B. B. Bioimpedância elétrica como método de avaliação da composição corporal de indivíduos adultos e idosos. São Paulo: Centro Universitário São Camilo, 1998. p. 87.

GUPTA, D. et al. Bioelectrical impedance phase angle as a prognostic indicator in breast cancer. *BMC Cancer*, London, v. 8, p. 249, ago. 2008a.

_____. Bioelectrical impedance phase angle in clinical practice: implications for prognosis in stage IIIB and IV non-small cell lung cancer. *BMC Cancer*, London, v. 9, p. 37, jan, 2009.

_____. The relationship between bioelectrical impedance phase angle and subjective global assessment in advanced colorectal cancer. *Nutrition journal*, Bethesda, MD, v. 7, p. 19, jun, 2008b.

HEITMANN, B. L. Avaliação de gordura corporal estimado do índice de massa corporal, dobras cutâneas e impedância. Um estudo comparativo. *European journal of clinical nutrition*, London, v. 44, n. 11, p. 831-837, 1990.

HEYWARD, V. H.; STOLARCZYK, L. M. *Avaliação da composição corporal aplicada*. São Paulo: Manole, 2000.

JAMBASSI FILHO, J. C. et al. Estimativa da composição corporal e análise de concordância entre analisadores de impedância bioelétrica bipolar e tetrapolar. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, São Paulo, v. 16, n. 1, p. 13-17, jan./fev. 2010.

KAMIMURA, M. A. et al. Métodos de avaliação da composição corporal em pacientes submetidos à hemodiálise. *Revista de nutrição* São Paulo, v. 17, n. 1, p. 97-105, jan./ mar. 2004.

KYLE, U. G. et al. Bioelectrical impedance analysis – part I: review of principles and methods. *Clinical nutrition*, ESPEN Guidelines, Philadelphia, v. 23, n. 5, 1226-1246, 2004.

LIMA, L. R. A.; RECH, C. R.; PETROSKI, E. L. Utilização da impedância bioelétrica para estimativa da massa muscular esquelética em homens idosos. *Archivos latino-americanos de nutricion* – ALAN, Caracas, v. 58, n. 4, p. 386-391, dez. 2008.

LINTSI, M.; KAARMA, H.; KULL, I. Comparison of hand-to-hand bioimpedance and anthropometry equations versus dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of body fat percentage in 17-18-year-old

- conscripts. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, Oxford, v. 24, n. 2, p. 85-90, mar. 2004.
- LUKASKI, H. Biological indexes considered in the derivation of the bioelectrical impedance analysis. *American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, MD, v. 64, n. 3, p. 307-404, set. 1996.
- MAGGIORE, Q. et al. Nutritional and prognostic correlates of bioelectrical impedance indexes in hemodialysis patients. *Kidney International*, Cranford, NJ, v. 50, n. 6, p. 2103-2108, dez. 1996.
- MATTAR, R. Avaliação da composição corporal por bioimpedância: uma nova perspectiva. *Journal of biomolecular medical*, New England, v. 4, n. 1, p. 27-29, 1998.
- Mc ARDLE, W. C.; KATCH, F. I.; KATCH, V. L. *Fisiologia do exercício: energia, nutrição e desempenho humano*. Tradução de Giuseppe Taranto. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.
- NAGANO, M.; SUITA, S.; YAMANOUCHI, T. The validity of bioelectrical impedance phase angle for nutrition assessment in children. *Journal of pediatric surgery*, Northern Ireland, v. 35, n. 7, p. 1035-1039, jul. 2000.
- NOLAN, M. F. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. *Physical therapy*, North Fairfax Street Alexandria, v. 71, n. 10, p. 746-751, out. 1991.
- NYBOER, J. Electrical impedance plethysmography. A physical and physiologic approach to peripheral vascular study. *Circulation*, Dallas, v. 2, p. 811-821, dez. 1950.
- OTT, M. et al. Bioelectrical impedance analysis as a predictor of survival in patients with human immunodeficiency virus infection. *J Acquir Immune Defic Syndr Hum Retrovirol*, v. 9, n. 1, p. 20-25, maio 1995.
- PIRLICH, M. et al. Bioelectrical impedance analysis is a useful bedside technique to assess malnutrition in cirrhotic patients with and without ascites. *Hepatology*, Geneva, Switzerland, v. 32, p. 1208-1215, dez. 2000.
- REZENDE, F. Revisão crítica dos métodos disponíveis para avaliar a composição corporal em grandes estudos populacionais e clínicos. *Archivos latino-americanos de nutricion – ALAN*, Caracas, v. 57, n. 4, dez. 2007.
- RODRIGUES, M. N.; et al. Estimativa da gordura corporal através de equipamentos de bioimpedância, dobras cutâneas e pesagem hidrostática. *Revista Brasileira de Medicina e Esporte*. Rio de Janeiro, v. 7, n. 4, p. 125-130, jul./ago. 2001.
- RODRÍGUEZ, P. N. Composición corporal en niños preescolares: comparación entre métodos antropométricos simples, bioimpedancia y

absorciometría de doble haz de rayos X. *Archivos Argentinos de Pediatría*, v. 106, n. 2, p. 102-109, mar./abr. 2008.

ROMAN, M.C.; TORRES, S. P.; BELLIDO, M. C. Bases físicas del análisis de La impedância bioelétrica. *Vox Paediatr.*, v. 7, n. 2, p. 139-143, 1999.

SANT'ANNA, M. S. et al. Body fat assessment by bioelectrical impedance and its correlation with different anatomical sites used in the measurement of waist circumference in children. *Journal of Pediatrics*, Porto Alegre, v. 85, n. 1, p. 61-66, jan./fev. 2009.

SCHEUNEMANN L.; WAZLAWIK, E.; TRINDADE, E. B. S. M. Aplicação do ângulo de fase na prática clínica nutricional. *Revista Brasileira de Nutrição Clínica*, Porto Alegre, v. 23, n. 4, p. 292-297, 2008.

SCHWENK, A. Phase angle from bioelectrical impedance analysis remains an independent predictive marker in HIV-infected patients in the era of highly active antiretroviral treatment. *The American Journal of Clinical Nutrition*, Bethesda, MD, n. 72, p. 496-501, ago. 2000.

SELBERG, O.; SELBERG, D. Norms and correlates of bioimpedance phase angle in healthy human subjects, hospitalized patients, and patients with liver cirrhosis. *European Journal of Applied Physiology*, New York, NY, n. 86, p. 509-516, abr. 2002.

SLINDE, F.; ROSSANDER-HULTHEN, L. Bioelectrical impedance: effect of three identical meals on diurnal impedance variation and calculation of body composition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, v. 74, n. 474-478, out. 2001.

THOMASSET, A. Bioelectrical properties of tissue impedance measurements. *Journal of medicine Lyon*, Lyon, n. 207, p. 107-118, jul. 1962.