

**Artigo original****Análise da bioimpedância corporal em portadores de DPOC:  
uma visão para o diagnóstico cinesiológico funcional**  
***Analysis of body impedance in COPD patients for functional  
kinesiologic diagnostic***

Denise da Vinha Ricieri

.....

*Fisioterapeuta (UEL/PR), Mestre em Fisioterapia Cardio-Respiratória (UNIT - MG), Doutoranda em Biomecânica Respiratória (UNICAMP - SP), Docente do Curso de Fisioterapia da Universidade Tuiuti do Paraná (Curitiba - PR)*

**Resumo**

Num estudo retrospectivo, as variáveis obtidas através da bioimpedância corporal (BIC) em portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) e de Hipertensão arterial sistêmica (HAS) foram comparadas, avaliando a aplicação dos resultados no acompanhamento clínico do DPOC. Foram consultados 37 prontuários, sendo 23 de portadores de DPOC e 14 de portadores de HAS, organizados em quatro grupos: (a) GERAL, com todos os portadores de DPOC; (b) DPOC/NHAS: componentes do grupo GERAL sem HAS associada; (c) DPOC/HAS: componentes do grupo GERAL com HAS associada; (d) HAS: portadores de HAS sem associação a pneumopatias. Através da BIC foram obtidos a reatância ( $X_c$ ), bioresistência (R), massa magra (MM) e taxa metabólica basal (TMB), e foram calculados o coeficiente de impedância corporal (CIC) e índice de massa corporal (IMC). Os resultados ( $p < 0,05$ ) mostraram: (1) MM menor nos grupos DPOC; (2) comportamento inverso entre IMC e R, e entre CIC e R; (3) menores valores de  $X_c$  nos grupos DPOC; (4) valores crescentes para  $X_c$  e CIC nos grupos DPOC, respectivamente: DPOC/NHAS, GERAL e DPOC/HAS; (5)  $X_c$  como única variável que se diferenciou em todas as comparações que envolveram os grupos DPOC. Tendo em vista os resultados alcançados, concluiu-se que a avaliação pela BIC pode ser aplicada ao portador de DPOC como rotina complementar, em que o progresso clínico pode ser quantificado pelo: 1) aumento nos valores de  $X_c$  e CIC; 2) redução dos valores de R; 3) aumento da MM e 4) adequação do IMC entre 19 a 25 kg/m<sup>2</sup>.

**Palavras-chave:**

Doença pulmonar obstrutiva crônica, impedância, composição corporal.

*Artigo recebido em 9 de agosto de 2002; revisado em 15 de fevereiro de 2003; aceito em 28 de fevereiro de 2003*

**Endereço para correspondência:** Rua Nodiran Gonçalves Cordeiro, 34/casa 1, Bairro Uberaba 81550-510 Curitiba PR,

E-mail: denise.ricieri@utp.br

**Key-words:**

Chronic obstructive pulmonary disease, impedance, body composition.

**Abstract**

In a retrospective study, we compared variables from total body impedance (BIC) in chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and systemic blood pressure (SBP) patients, making evaluation about application this values in clinical accomplishment for COPD patients. Was consulted 37 data registers, 23 COPD patients and 14 SBP patients, divided in four groups: (a) GERAL, for all COPD patients; (b) DPOC/NSBP, for GERAL group components without SBP association; (c) DPOC/SBP, for GERAL group components with SBP association; (d) SBP, for SBP patients without pulmonar disease. From body impedance (BI) was obtained reactance (Xc), bioresistance (R), lean mass (LM) and basal metabolism rate (BMR), and calculated body impedance rate (BIR) and body mass index (BMI). The results ( $p < 0,05$ ) shown: (1) COPD groups presents lower values for LM; (2) inverse behavior between BMI and R, and between BIR and R; (3) lower values for Xc in COPD groups; (4) crescent values for Xc and BIR in COPD groups, in order: DPOC/NSBP, GERAL e DPOC/SBP; (5) Xc as only one variable different in all comparisons that involved COPD groups. By the results aimed, we concluded that BIC evaluation can be applied in COPD patients as a complementary element, where clinical progress can be quantified by: 1) increase in Xc and BIR values; 2) decrease for R values; 3) LM increase and 4) BMI fitting between 19 to 25 kg/m<sup>2</sup>.

.....

*Siglas utilizadas no texto*

f: ângulo de fase	GIBI: grupo integrado em bioimpedância	PI max: pressão inspiratória máxima
AVD: atividade da vida diária	HAS: hipertensão arterial sistêmica	R: bioresistência
BIC: bioimpedância corporal	IMC: índice de massa corporal	TBW: água corporal total
CIC: coeficiente de impedância corporal	LIC: líquido intracelular	TMB: taxa metabólica basal
DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica	MG: massa gordurosa	Xc: reatância
GAE: ganho aeróbico efetivo	MM: massa magra	Z: bioimpedância

**Introdução**

A bioimpedância vem sendo aplicada desde 1940, quando foi relatado o uso da impedância elétrica no estudo da relação do eletrocardiograma e dos sons cardíacos [1]. A utilização mais conhecida deste tipo de tecnologia está na avaliação do volume sistólico, débito cardíaco e estudo do ciclo cardíaco pela bioimpedância torácica [2,3,4,5]. Mas foi somente na década de 80 que o uso da impedância para avaliação da composição corporal foi corroborado pela comparação da técnica com métodos tradicionalmente utilizados para este fim [6,7]. Desde então, novos rumos se deram ao aproveitamento dos equipamentos e dados fornecidos pela análise da bioimpedância corporal (BIC).

Em substratos homogêneos, a aplicação de uma corrente elétrica gera uma força de oposição à passagem do fluxo, denominada bioresistência ou resistência biológica (R), inversamente proporcional à condutividade ou condutância do meio. Se no substrato existirem estruturas com comportamento funcional de condensadores ou capacitores,

haverá outra fonte de oposição, virtual, denominada reatância (Xc). O fundamento biofísico da BIC é a aplicação de uma corrente elétrica alternada, de baixa amplitude e alta frequência, em um substrato orgânico. Sendo o corpo humano um meio não-homogêneo, as membranas celulares compõem a típica estrutura de capacitores elétricos, com suas camadas fosfolipídicas não-condutoras (*dielétrico*), envolvidas por meios altamente condutores (LIC e LEC) na forma de dipolos (*princípio da eletroneutralidade*). Assim, quando uma corrente elétrica é aplicada a um segmento corporal em frequência previamente estabelecida e dita *crítica* (que induz à máxima Xc), a oposição à passagem do fluxo elétrico é gerada por R e Xc, cuja resultante vetorial é denominada Z [8].

A publicação, em 1989, do trabalho de Zarowitz e Pilla [9] relacionando positivamente valores de Xc, R e f em pacientes críticos comparados a sadios, e induzindo à discussão da utilização prognóstica dos resultados da técnica em terapia intensiva, abriu novos horizontes para sua utilização na prática clínica. A relação entre Z e R foi então pesquisada especificamente na biologia humana, sendo

comprovado que seus valores absolutos eram estatisticamente iguais [10]. No tecido medular renal, através de variações no hematócrito e em concentrações salinas, comprovou-se que variações na Z são determinadas principalmente por mudanças na concentração iônica do LEC [11]. Ao estudar a Z em eritrócitos humanos, sob diferentes frequências de corrente elétrica e temperatura, foi demonstrado um aumento acentuado na capacitância da membrana celular aos 37°C, sugerindo uma transição no comportamento bioquímico, para esta temperatura [12]. Tecidos frescos, de mesma origem, coletados em órgãos saudáveis e com tumores malignos, mostraram aumento da condutância na membrana celular dos tecidos malignos, nos quais o metabolismo é acentuadamente maior [13]. Em hepatócitos submetidos a edemas osmóticos induzidos, o aumento da condutância da membrana celular foi relacionado à ativação de canais pré-existentes [14].

A BIC baseia-se no fato de que a Z está relacionada ao volume corporal total, como um condutor [15]. Dessa maneira, tanto Z como R possuem valores maiores na massa gordurosa anidra, comparativamente à massa biologicamente ativa (MM), que contém praticamente toda água corpórea com eletrólitos, portanto altamente condutiva e com baixa R [16]. Os equipamentos para avaliação da composição corporal através da BIC (BioDynamics, Maltron e RJL) registram os valores primários de R e Xc, a partir da frequência elétrica crítica, já conhecida para tecidos biológicos (50 kHz). Os valores derivados de MG, TBW e TMB, fornecidos pelos equipamentos, têm sua precisão discutida, embora já tenham sido objeto de pesquisas em diferentes situações e fisiopatologias [7,17,18,19]. Se por um lado, a análise da MG pela BIC pode ser superestimada em alguns casos [20], por outro lado, os valores de oposição real e virtual ao fluxo elétrico mostram-se fidedignos em todas as situações, mesmo quando os dados antropométricos do paciente foram alterados propositalmente [21]. Somente com valores de Xc e R, acrescidos de operações matemáticas simples, podem ser obtidas informações relativas ao balanceamento hídrico intra e extra-celular, estado nutricional, valor preditivo da evolução clínica do paciente e eficácia do tratamento, a curto prazo [18,22,23].

A BIC foi também amplamente estudada em terapia intensiva [8,15,22,23]. No Brasil, um grupo multicêntrico de profissionais da saúde (Grupo Integrado em BioImpedância – GIBI)<sup>1</sup> pesquisou e elaborou um banco de dados central sobre comportamento de variáveis da BIC em diferentes condições fisiopatológicas e clínicas [23,24,25].

Pesquisas mostraram que situações que alteram o conteúdo hídrico corporal, relação entre exercícios extenuantes e síndrome inflamatória, ação de drogas que interferem na variação do fluxo iônico ou nos canais e bombas da membrana celular, situações de liberação de radicais oxidantes, quimioterapia e radioterapia, além de outras situações

clínicas, apresentam repercussões diretas nas variáveis da BIC [5,7,9,10,15,16,22,24]. Dentre as situações que alteram o conteúdo hídrico corporal pode-se citar pós-operatórios de cirurgias cardíacas, com e sem circulação extra-corpórea, desidratação e processos dialíticos, enquanto a isquemia tecidual e a isquemia seguida de reperfusão podem exemplificar as situações de liberação de radicais oxidantes. Além disso, tais pesquisas discutem como interpretar essas repercussões e quando utilizá-las a favor da conduta terapêutica.

Em portadores de DPOC, os relatos sobre a utilização da BIC restringem-se aos trabalhos da equipe de Schols [19]. Inicialmente o grupo confirmou a validade da técnica na avaliação da composição corporal nessa classe de pacientes [19]. Posteriormente, discutiu as relações entre tolerância ao exercício, espirometria, MM e IMC, antes e após programas de reabilitação [26]. Um estudo piloto da equipe GIBI demonstrou a possibilidade da existência de um padrão no comportamento de Xc e CIC, norteador de condutas e acompanhamento clínico [25].

O objetivo deste estudo foi comparar, num estudo retrospectivo, os valores de Xc, R, CIC e IMC em portadores de DPOC e em portadores de HAS, avaliando a existência de associação dos resultados com a fisiopatologia, a clínica e o benefício gerado do uso da técnica como exame complementar na rotina do acompanhamento clínico do DPOC.

## Material e métodos

O estudo apresentado caracteriza-se por ser um estudo retrospectivo em que foram avaliados os registros de avaliação inicial dos prontuários fisioterapêuticos de 37 pacientes adultos de um serviço de atendimento ambulatorial de fisioterapia cardíaco-respiratória.

Foram consultados 58 prontuários, tendo sido selecionados todos aqueles que apresentassem informações completas para avaliação de bioimpedância corporal (BIC). Assim, a amostra foi composta pelos prontuários de 23 portadores de DPOC e 14 portadores de HAS, entre 25 e 74 anos de idade. Entre os pneumopatas havia 13 pacientes que apresentavam HAS em associação à doença pulmonar, tendo sido considerados como um sub-grupo à parte no momento das comparações.

Assim, os prontuários foram divididos em quatro grupos, de acordo com os critérios da Tabela I e as comparações realizadas estão descritas na Tabela II.

**Tabela I -** Comparações realizadas entre os grupos clínicos analisados.

Grupo	n	Critério
GERAL	23	Portadores de DPOC DPOC/NHAS (n=10): Portadores de DPOC sem associação a HAS DPOC/HAS (n=13): Portadores de DPOC com associação a HAS
HAS	14	Portadores de HAS primária sem associação a pneumopatias

<sup>1</sup>Coordenado pelo médico intensivista Prof. Dr. João Augusto Máttar (SP).

**Tabela II** - Comparações realizadas entre os grupos clínicos analisados

	GERAL	DPOC/NHAS	DPOC/HAS	HAS (n=14)
GERAL (n=23)	-	X	X	X
DPOC/NHAS (n=10)	-	-	X	X
DPOC/HAS (n=13)	-	-	-	X

Para o grupo de *hipertensos* foram considerados portadores de pressão arterial sistólica superior a 150 mmHg e/ou pressão arterial diastólica superior a 100 mmHg, ao repouso.

Para a avaliação da composição corporal através da BIC foi utilizado o monitor de composição corporal BioDynamics (modelo 310 – versão 3.1). Os testes foram feitos com os paciente deitados em decúbito dorsal, sendo os quatro eletrodos posicionados nas extremidades direitas do membro superior e inferior, nos seguintes pontos anatômicos: (1) na distância média entre os processos estilóides de rádio e ulna; (2) na cabeça do III metacarpo; (3) na distância média entre os maléolos medial e lateral; (4) na cabeça do III metatarso.

Através da BIC foram obtidos, entre outros, Xc e R (em ohms), massa magra (MM) e taxa metabólica basal (TMB). Para calcular o coeficiente de impedância corporal (CIC) e do índice de massa corporal (IMC) foram aplicadas as fórmulas padronizadas por Máttar [11], apresentadas a seguir.

$$\text{IMC} = \text{Peso (kg)} / \text{Altura}^2(\text{m}) \quad \text{CIC} = (\text{Xc}/\text{R}) \times 1000$$

Os dados antropométricos, como peso em Kg e estatura em metros, foram coletados imediatamente antes de cada teste de BIC e todas as recomendações técnicas foram respeitadas para a aplicação dos testes.

A análise estatística foi feita pela aplicação do teste “t de Student”, considerado o intervalo de confiança de 95% (p<0,05).

## Resultados

Os dados coletados em cada grupo foram organizados na Tabela III. Os resultados do tratamento estatístico encontram-se apresentados na Tabela IV.

**Tabela III** - Resultados gerais, sumarizados por grupo de observação. A tabela contém a média estatística encontrada  $\pm$  desvio-padrão (M  $\pm$  DP).

	GERAL	DPOC/NHAS	DPOC/HAS	HAS
N	23	10	13	14
Idade (anos)	68 $\pm$ 9,1	71,5 $\pm$ 6,1	69 $\pm$ 10,6	52,5 $\pm$ 12,9
IMC (Kg/m <sup>2</sup> )	23,2 $\pm$ 4,9	22,8 $\pm$ 1,4	29,8 $\pm$ 5,7	25 $\pm$ 4,4
MM (Kg)	51,9 $\pm$ 8,4	50,6 $\pm$ 3,7	59,7 $\pm$ 7,3	47,5 $\pm$ 9,9
Xc (ohms)	48 $\pm$ 7,7	47 $\pm$ 5,3	48 $\pm$ 7,4	59 $\pm$ 8,3
R (ohms)	479 $\pm$ 50,2	514 $\pm$ 40,6	453 $\pm$ 46	501 $\pm$ 96
CIC	105 $\pm$ 15,1	88,1 $\pm$ 8,7	106 $\pm$ 12,8	122,5 $\pm$ 17
TMB (cal/dia)	1579 $\pm$ 257,4	1538 $\pm$ 113,5	1816 $\pm$ 221,7	1443,5 $\pm$ 299,3

Legendas: GERAL, portadores de DPOC moderada a grave; DPOC NHAS, parte do grupo DPOC que não apresenta HAS associada; DPOC HAS, parte do grupo DPOC que apresenta HAS associada; HAS, portadores de HAS leve a moderada; IDADE, média da idade em cada grupo; IMC, média do índice de massa corporal; MM, média encontrada da massa magra nos grupos; Xc, média da reatância; R, média da bioresistência; CIC, média do coeficiente de impedância corporal, calculado por (Xc/R)x1000, expresso em números absolutos; TMB, média da taxa metabólica basal encontrada nos grupos locais.

**Tabela IV** - Análise estatística realizada entre os grupos pela aplicação do teste “t de Student”. Somente as variáveis com diferenças estatísticas significativas estão relacionadas.

	DPOC/NHAS	DPOC/HAS	HAS (n=14)
GERAL (n=23)	R > em DPOC CIC > em Geral	IMCeMM > DPOCHAS	Idade > Geral Xc e CIC > HAS
DPOC/NHAS (n=10)	-o-o-o-o-	MM > DPOCHAS	Idade > DPOC Xc e CIC > HAS
DPOC/HAS (n=13)	-o-o-o-o-	-o-o-o-o-	Xc e CIC > HAS

Legendas: >, maior; NS, não-significativo.

## Discussão

O uso da análise de bioimpedância no estudo da composição corporal humana vem crescendo nas últimas duas décadas por representar um recurso não-invasivo, portátil, rápido e barato para a medida da composição corporal [27]. No âmbito clínico sua aplicabilidade é eclética, tendo sido investigada nas situações mais evidentes de alteração da água corporal total, como em doentes renais crônicos submetidos à hemodiálise [28], em casos de obesidade [29], em alterações da postura de exame e natremita [30], e na associação da função da glândula tireóide em indivíduos saudáveis [31]. Basicamente, o maior atrativo para a implementação do uso clínico do exame encontra-se no baixo custo e na precisão envolvida, em que os resultados oferecidos representam argumentos clínicos para o controle e acompanhamento do paciente.

O espectro de aplicação clínica é vasto. Além contribuição para avaliação nutricional e física do paciente [32], o uso fisioterapêutico da técnica pode ser maximizado, bastando para tal que o exame seja validado em cada perspectiva de sua utilização. A literatura relata restrições de uso apenas em distúrbios hídricos graves, como em portadores de insuficiência renal, desidratação, edemas de grandes proporções e durante período gravídico, uma vez que a validade da predição de MM e TBW pela impedância é altamente dependente da distribuição de água nos líquidos intra e extra-celular [33].

Para entender seu aproveitamento como recurso no acompanhamento diagnóstico e/ou clínico do paciente submetido à intervenção fisioterapêutica, é preciso conhecer que três comportamentos básicos, entre as variáveis da BIC, são encontrados em relação à homeostase corporal. De acordo com Máttar [21], para condições normais, ou em estados de homeostase compensada, os valores encontrados para Xc são mais altos do que aqueles encontrados em situações de desequilíbrios agudos e crônicos,

quando a Xc varia de acordo com a compensação sistêmica da condição clínica. Da mesma forma, os valores para R são mais baixos na homeostase compensada, e variam de acordo com o conteúdo hídrico corporal nos desequilíbrios agudos e crônicos. O CIC, como resultante relativa dos valores de Xc e R, apresenta reduções de seus valores em desequilíbrios crônicos compensados, e variações atípicas em desequilíbrios agudos descompensados [8].

Observando os resultados obtidos neste estudo para o comportamento dos valores médios para CIC ( $p < 0,05$ ), constatou-se: (a) uma relação direta, quando a variação do CIC foi acompanhada por variações em Xc; e (b) inversa, quando a variação foi acompanhada de alterações em R. Nas comparações onde Xc e R variaram em conjunto ( $p < 0,05$ ), foi encontrada semelhança estatística para CIC. Em ordem crescente, os valores médios para CIC foram encontrados nos grupos: DPOC/NHAS, GERAL, DPOC/HAS e HAS, respectivamente.

A Xc pode ser entendida pela analogia das membranas a capacitores, em meio condutor aquoso, e reflete o desempenho dinâmico da estrutura e massa biologicamente ativa dessas membranas [1,2,9,10,21,22,23] e, em muitas situações, varia independentemente da R [8]. Embora seu significado clínico não esteja totalmente esclarecido e interpretado, é cada vez mais evidente sua relação ao estado de fluidez da membrana celular, à dinâmica bioquímica para manutenção da homeostase e sua capacidade de armazenar energia. Neste estudo foram encontrados valores para Xc em portadores de DPOC em todos os subgrupos considerados (GERAL, DPOC/NHAS e DPOC/HAS) menores que os valores encontrados em hipertensos ( $p < 0,05$ ). Porém, ao comparar somente portadores de DPOC e suas sub-classes entre si, os valores de Xc foram equivalentes. Assim, por estarem classificados no grupo de distúrbios crônicos compensados, as variações de Xc e R em portadores de DPOC foram proporcionais entre si, gerando CIC com valores menores, porém não-atípicos. Nas análises realizadas, não houve variação significativa de Xc somente na comparação GERAL x DPOC/HAS.

Corroborando achados literários, as variações dos valores encontrados para R, neste estudo, estiveram na razão direta do conteúdo hidroeletrolítico corporal e da massa biologicamente ativa (MM), e na razão inversa da massa gordurosa (MG) e IMC [8,9,11,15,16,26]. Observou-se uma relação positiva entre a MM e comportamento de R em portadores de DPOC e seus sub-grupos. O menor peso de MM foi encontrado no grupo DPOC/NHAS, quando comparado aos grupos GERAL e DPOC/HAS, gerando, por decorrência, a maior R e o menor CIC. Porém, estatisticamente, essas diferenças foram significativas somente entre R e CIC (GERAL x DPOC/NHAS) e entre MM e IMC (GERAL x DPOC/HAS e DPOC/NHAS x DPOC/HAS). Mais uma vez, o comportamento inverso

entre R e IMC tornou proporcional os valores do CIC, nas comparações onde a MM era maior.

Schols *et al.* [26] analisaram a tolerância ao exercício em pneumopatas, antes e após um programa de reabilitação cardíaco-respiratória, tomando por referencial a MM, espirometria e distância percorrida no teste de caminhada de 12 minutos. De acordo com os autores, melhores correlações foram encontradas entre aumento da MM e aumento da distância percorrida no teste de 12 minutos (tolerância ao esforço) que entre índices espirométricos e o teste de tolerância. Este achado induz, particularmente ao fisioterapeuta, a focalização no ganho da MM como o próximo alvo das pesquisas em programas de reabilitação respiratória para DPOC graves. Pode-se aventar a hipótese de que os treinamentos musculares, com valores precisos de MM avaliados pelo exame de BIC, podem vir a se tornar indicadores úteis para o raciocínio fisioterapêutico sobre a condição funcional neste tipo de pacientes.

Ainda com esta perspectiva de aplicação da BIC, pode ser citado, como exemplo de aplicabilidade direta, o estudo de Neder *et al.* [34], que relata um ganho aeróbico efetivo (GAE) na maioria dos portadores de DPOC avaliados, após um programa de reabilitação que incluiu: fisioterapia respiratória, atividades educacionais, orientação nutricional e psicológica, reeducação funcional para conservação de energia nas AVD, relaxamento e controle respiratório. O grupo de pesquisadores concluiu que o GAE ocorreu sobretudo nos pacientes mais jovens, eutróficos, com lactacidose de exercício precoce e menor acometimento pulmonar basal, e que o GAE associou-se ao aumento do IMC e da PImáx, com redução significativa da dispnéia de esforço. A partir da evidência da associação direta entre aumento do GAE e IMC, variável facilmente decomposta em MM e outros componentes pela BIC, e entre GAE e PImáx, variável relacionada diretamente com ganho de força muscular, é possível que se possa tomar o caminho inverso na Fisioterapia, pesquisando-se programas de reabilitação onde a medida da BIC possa estar diretamente relacionada com a melhoria dos indicadores sintomatológicos e clínicos.

Quando Saroea [35] afirmou que “*programas de exercícios físicos melhoram a performance, constroem resistência e melhoram a função cardíaca*”, não foi específico sobre quanto tais programas podem recuperar as funções cardíaco-pulmonares em DPOC. Através da BIC é possível passar-se à mensuração clínica de quanto esta construção de resistência e melhoria da performance, induzida pela prescrição fisioterapêutica de exercícios em programas de reabilitação está relacionada à Xc, R, MM ou CIC.

A BIC emerge como técnica complementar de acompanhamento clínico na avaliação de pacientes sob acompanhamento fisioterapêutico, cujos testes tradicionalmente realizados, como espirometria, limiar anaeróbico e GAE, não tenham alcançado índices de

significância estatística, mas cuja melhora clínica global tenha sido auto-relatada de modo subjetivo. Nos estudos acima mencionados, comparações entre Xc, R e CIC poderiam oferecer interpretações relevantes, sob a ótica fisioterapêutica, também naqueles pacientes mais instáveis e/ou de maior faixa etária.

Diante do cenário apresentado, a aplicação da BIC como método não-invasivo interpretativo de funções celulares tem futuro promissor na aplicação fisioterapêutica, apesar de sua história ainda recente. Em pouco mais de vinte anos de pesquisas, os principais benefícios foram demonstrados principalmente na terapia intensiva e na medicina desportiva, mas a possibilidade do uso em outras especialidades depende apenas da identificação mais precisa de sua contribuição, enquanto exame complementar.

## Conclusão

Concluiu-se que a análise pela impedância corporal pode ser aplicada ao portador de DPOC como exame de rotina, comparativo, no qual o progresso clínico pode ser quantificado, principalmente através de: (1) aumento em Xc e CIC; (2) redução da R; (3) aumento da MM e (4) adequação dos valores de IMC na faixa entre 19 a 25.

Não obstante, são necessárias investigações em populações maiores para melhor definir o perfil da contribuição diagnóstica exata do exame para a práxis clínica do fisioterapeuta.

## Referências

- Nyboer J, Bagno S, Barnett A et al. Radiocardiograms: electrical impedance changes of the heart in relation to electrocardiograms and heart sounds. *J Clin Invest* 1940; 19:963-69.
- Kubicek WG, Karnegis JN, Patterson RP et al. Development and evaluation of an impedance cardiac output system. *Aerospace Med* 1986;37:1208-12.
- Máttar JA. Noninvasive cardiac output determination by thoracic electrical bioimpedance. *Int Crit Care Dig* 1988;7:14-8.
- Mattar JA, Shoemaker WC, Diament et al. Systolic and diastolic time intervals in critically ill patients. *Crit Care Med* 1991;19:1382-86.
- McDougall D, Shizgal HM. Body composition measurements from whole body resistance and reactance – *Surg Forum* 1986;26:42-4.
- Lukaski HC, Johnson PE, Bolonchuk WW. Assessment of fat-free mass using bioelectrical impedance measurements of the human body. *Am J Clin Nutr* 1985; 41:810-16.
- Graves JE, Pollock MI, Colvin AB et al. Comparison of different bioelectrical impedance analyses in the prediction of body composition. *Am J Human Biol* 1989;1:603-11.
- Máttar JA. Bioimpedância Corporal em Medicina Intensiva. In: Mattar JA, eds. *Atualização em Medicina Intensiva de Adultos e Pediátrica*. São Paulo: Atheneu; 1996. p.163-79.
- Zarowitz BJ, Pilla AM. Bioelectrical impedance in clinical practice. *DICP* 1989;23:548-55.
- Chumlea WC, Baumgartner RN. Bioelectric impedance methods for the estimation of body composition. *Can J Spt Sci* 1990;15(3):172-9.
- Niewiadomski W, Sadowski J, Badzyska B, Rasmussen SN. Ion concentration and haematocrit as determinants of impedance in na erythrocyte suspension model of renal medullary tissue. *Phys Med Biol* 1990;35(11):1575-83.
- Bao JZ, Davis CC, Schukler RE. Frequency domain impedance measurements of erythrocytes. Constant phase angle impedance characteristics and a phase transition. *Biophys J* 1992;61(5):1427-34.
- Joines WT, Zhang Y, Li C, Jirtle RL. The measured electrical properties of normal and malignant human tissues from 50 to 900 MHz. *Med Phys* 1994;21(4):547-50.
- Graf J, Rupnik M, Zupan Ci CG, Zorec R. Osmotic swelling of hepatocytes increases membrane conductance but not membrane capacitance. *Biophys J* 1995;68(4):1359-63.
- Máttar JA. Bioimpedância, reatância e resistência: parâmetros biofísicos úteis em suporte nutricional e medicina intensiva. *R Met Nutr* 1995;2:58-62.
- Máttar JA, Gomes PSC. Human body composition assessment by bioelectrical impedance analysis (BIA). Methodology and applications. *Rev Bras Ciênc Mov* 1992;6(4):52-6.
- Lukaski HC, Bolonchuk WW, Siders WA. Body composition assessment of athletes using bioelectrical impedance measurements. *J Sports Med Phys Fitness* 1990; 30:434-40.
- Hankard R, Gottarand F, Turk D et al. Use bioelectrical impedancemetry in boys with duchenne muscular dystrophy. *J Par Ent Nutr* 1995;19 (suppl1): 22S - Abstract
- Schols AMJW, Wouters EFM, Soeters PB, Westerterp KR. Body composition by bioelectrical-impedance analysis compared with deuterium dilution and skinfold anthropometry in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Clin Nutr* 1991;53:421-4.
- Glaner MF, Petroski ED, Pires Neto CS. Estimativa da composição corporal por diferentes procedimentos em atletas de handebol. *Rev Assoc Prof Ed Fis Lond* 1996;11(19):31-5.
- Máttar JA, Gomes PN, Costa JLF et al. Total body

- impedance measurements in ARDS. *Crit Care Med* 1996;24S:A46.
22. Kreymann G, Paplow N, Muller C. Relation of total body reactance to resistance as a predictor of mortality in septic patients. *Crit Care Med* 1995;23:(supplA49) – Abstract.
  23. Máttar JA et al. Total body bioelectrical impedance measurement as a progressive outcome prediction and therapeutic index in the comparison between septic and non-septic patients. A multicenter Brazilian study. *R Metab Nutr* 1995;2(4):159-65.
  24. Máttar JA, Gomes PN, Faria-Corrêa CAM. Monitoring of acute respiratory distress syndrome by total body impedance measurements. A multicenter Brazilian trial. *R Metab Nutr* 1995;2:118-24.
  25. Rícieri DV, Costa IA, Pinto SF e Ruiz VRPB. Análise da impedância corporal em portadores de DPOC. *Rev Sulamer Fisiot Resp* 1997;1(1):7-12.
  26. Schols AMJW, Mostert R, Soeters PB, Wouters EFM. Body composition and exercise performance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax* 1991;46(10):695-9.
  27. Janssen I, Heymsfield SB, Baumgartner RM, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol* 2000;89:465-71.
  28. De Lorenzo A, Barra PF, Sasso GF, Battistini NC, Deurenberg P. Body impedance measurements during dialysis. *Eur J Clin Nutr* 1991; 45(6): 321-5.
  29. Battistini N, Brambilla P, Virgili F, Simone P, Bedogni G, Morini P, Chiumello G. The prediction of total body water from body impedance in young obese subjects. *Int J Obes Relat Metab Disord* 1992;16(3):207-12.
  30. Roos AN, Westendorp RG, Frolich M, Meinders AE. Tetrapolar body impedance is influenced by body posture and plasma sodium concentration. *Eur J Clin Nutr* 1992; 46(1):53-60.
  31. Sartorio A, Ferrero S, Trecate L, Bedogni G. Thyroid function is more strongly associated with body impedance than anthropometry in healthy subjects. *J Endocrinol Invest* 2002; 25(7):620-3.
  32. Foster KR, Lukaski HC. Whole-body impedance: what does it measure? *Am J Clinical Nutrition* 1996; 64:388-96.
  33. Deurenberg P, Van de Kooy K, Leenen R, Schouten FJ. Body impedance is largely dependent on the intra and extra-cellular water distribution. *Eur J Clin Nutr* 1989; 43(12):845-53.
  34. Neder JA, Nery LE, Cendon FASP, Ferreira IM e Jardim JRB. Reabilitação pulmonar: fatores relacionados ao ganho aeróbico de pacientes com DPOC. *J Pneumol* 1997; 23(3):115-23.
  35. Saroea HG. Chronic obstructive pulmonary disease: major objectives of management. *PostGradMed* 1993, 94(2):113-22. ■
-