

Artigo de
Atualização

Cardiografia por Bioimpedância Transtorácica: uma nova abordagem no manuseio de pacientes com insuficiência cardíaca

1

Transthoracic Impedance Cardiography:
a new method for the management of heart failure patients

Humberto Villacorta, Denílson Campos de Albuquerque

Rede D'Or de Hospitais (RJ)

A cardiografia por bioimpedância transtorácica é uma forma de pletismografia que utiliza mudanças na impedância elétrica torácica para estimar mudanças no volume sanguíneo no interior da aorta e mudanças no volume de fluido do tórax. Assim, podem-se estimar parâmetros hemodinâmicos e o status volêmico. Os trabalhos publicados com a nova geração de aparelhos mostram que esse método é útil para detectar precocemente o risco de uma descompensação e para manusear o paciente hospitalizado com insuficiência cardíaca, auxiliando na escolha da classe medicamentosa e na titulação das doses de medicações intravenosas, assim como auxiliando no prognóstico.

Palavras-chave: Insuficiência cardíaca, Hemodinâmica, Bioimpedância, Débito cardíaco

Transthoracic impedance cardiography is a form of plethysmography that utilizes changes in thoracic impedance to estimate changes in blood volume in the aorta and changes in fluid volume in the thorax, thus determining hemodynamic parameters and fluid status. The studies carried out with these new generation devices have shown that this method is useful in the early identification of patients at risk for a decompensation as well as for managing in-hospital patients with heart failure. Furthermore, they aid in the choice of pharmacotherapy options as well as the up titration of intravenous medications and function as a prognostic tool.

Key words: Cardiac insufficiency, Hemodynamics, Bioimpedance, Cardiac debt

A insuficiência cardíaca (IC) é uma desordem associada à ativação neuro-hormonal, que resulta em anormalidades hemodinâmicas, como redução do débito cardíaco (DC), aumento das pressões de enchimento do ventrículo esquerdo e aumento da resistência vascular periférica (RVP). Além disso, a maioria das medicações utilizadas para o tratamento da IC, tanto crônica como aguda, apresenta efeitos sobre a hemodinâmica cardiovascular. Parâmetros hemodinâmicos específicos, como DC, RVS e pressão de capilar pulmonar geralmente são obtidos apenas em pacientes graves, em grande parte devido ao risco, desconforto e custo de procedimentos invasivos como a monitorização por cateter de Swan-Ganz. No entanto, conhecer esses valores é fundamental para diagnosticar, estabelecer o prognóstico e orientar o tratamento de pacientes com IC.

Na maioria dos hospitais, as únicas ferramentas disponíveis para essa análise são: a avaliação clínica, baseada nos sinais e sintomas de IC, e os exames laboratoriais e radiológicos. Sabe-se, entretanto, que a avaliação clínica, mesmo em mãos experientes, apresenta limitações. Apesar de alguns desses parâmetros poderem ser estimados pela ecocardiografia, nem todos os hospitais contam com essa técnica durante 24 horas, além de consumirem mais tempo do que um ecocardiograma simples e apresentar certo grau de variação interobservador.

Warner-Stevenson desenvolveu e popularizou um conceito que consiste em classificar os pacientes com IC em quatro quadrantes, de acordo com a presença ou não de redução de DC (frio vs quente) e presença ou ausência de congestão (molhado vs seco)¹. Essa classificação, apesar de útil, apresenta como

Endereço para correspondência: huvillacorta@globo.com

Humberto Villacorta | Rua Raimundo Correia 23/601 | Copacabana, Rio de Janeiro - RJ | 22040-040

Recebido em: 30/10/2006 | Aceito em: 20/10/2006

limitação o fato de ser baseada em medidas invasivas com cateter de Swan-Ganz ou na avaliação clínica, cujas limitações já foram comentadas.

A cardiografia por bioimpedância transtorácica (ICG – *impedance cardiography*) é um método não-invasivo que permite a estimativa de parâmetros hemodinâmicos. No passado, essa tecnologia foi questionada, levando alguns autores a concluir que seus resultados não eram confiáveis, vindo a cair em desuso². No entanto, o refinamento no processamento dos sinais e novos algoritmos para calcular o DC melhoraram bastante o método. A última geração desses novos modelos (*BIO Z ICG Monitor e BIO Z DX, cardiodynamics*, San Diego, Califórnia, EUA; e *BIO Z Module, GE Medical Systems Information Technology*, Milwaukee, WI, EUA) apresenta boa reprodutibilidade e boa acurácia em vários cenários clínicos, inclusive na IC. Essa nova geração de aparelhos de ICG já foi validada em comparação a métodos invasivos^{3,4}.

A ICG é uma forma de pletismografia que utiliza mudanças na impedância elétrica torácica para estimar mudanças no volume sanguíneo no interior da aorta e mudanças no volume de fluido do tórax. Assim, podem-se estimar parâmetros hemodinâmicos e o status volêmico. São utilizados quatro pares de eletrodos posicionados no pescoço e no tórax (Figura 1) que são conectados ao aparelho, que é portátil, do tamanho proporcional a um eletrocardiógrafo. Uma corrente alternada de baixa frequência e alta amplitude é gerada pelos quatro sensores externos e os eletrodos internos captam as mudanças instantâneas de voltagem. De acordo com a lei de Ohm, quando uma corrente constante é aplicada no tórax, as mudanças de voltagem são diretamente proporcionais a mudanças da impedância. A impedância total do tórax, denominada impedância basal, é o somatório da impedância de todos os componentes torácicos (tecido adiposo, coração, pulmão, músculo esquelético, tecido vascular, ossos e ar). As variações em relação à impedância basal ocorrem devido a modificações no volume pulmonar com a respiração e mudanças no volume sanguíneo no interior de grandes vasos durante a sístole e a diástole. O componente respiratório é filtrado e removido da análise do aparelho, deixando apenas as variações decorrentes das modificações sanguíneas no interior da aorta, permitindo os cálculos hemodinâmicos.

Os parâmetros hemodinâmicos resultantes da ICG podem auxiliar no diagnóstico, no prognóstico e orientar a terapêutica de pacientes com IC e outras situações clínicas. Usando ICG, o clínico é capaz de analisar direta ou indiretamente, cada um dos quatro principais determinantes do DC (pré-carga,

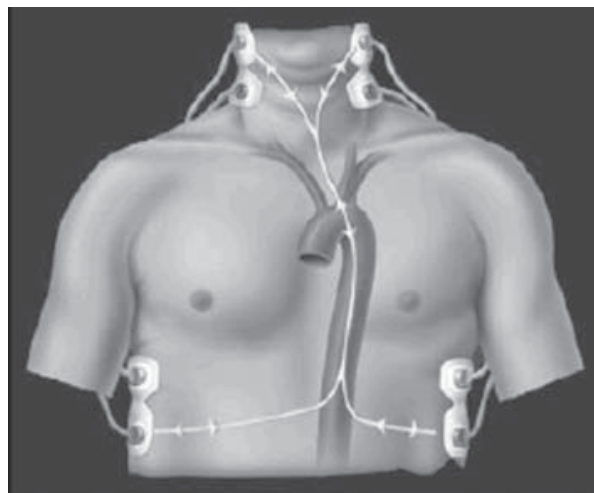


Figura 1
Posicionamento dos eletrodos no pescoço e tórax durante a cardiografia por bioimpedância transtorácica

pós-carga, contratilidade e frequência cardíaca). A Figura 2 mostra esses determinantes, assim como os parâmetros medidos na ICG associados a estes determinantes e os efeitos de classes de agentes farmacológicos sobre cada determinante. Assim, os clínicos podem utilizar os parâmetros derivados da ICG para decidir que drogas utilizar e para fazer a titulação desses medicamentos. Os autores deste trabalho têm-na utilizado em alguns pacientes hospitalizados, observando-se grande utilidade no manuseio de medicações intravenosas. O Quadro 1 mostra todos os parâmetros medidos pelo aparelho de ICG e o Quadro 2 mostra um resumo das aplicabilidades desse método na prática clínica. O método apresenta um custo menor que de um ecocardiograma, podendo ser feito por qualquer profissional da área de saúde, à semelhança de um eletrocardiograma.

São apresentados a seguir, dois casos clínicos que ilustram a cardiografia por bioimpedância transtorácica como uma nova abordagem no manuseio de pacientes com insuficiência cardíaca:

Caso 1

Paciente de 68 anos, branco, portador de cardiomiopatia dilatada, admitido na unidade de emergência com dispnéia aguda. Apresentava pressão arterial de 100mmHg x 70mmHg, frequência cardíaca de 100bpm, frequência respiratória de 28ipm, extremidades aquecidas, nível de consciência normal, acianótico. Como se pode observar na Figura 3, apresentava-se com grande aumento do conteúdo de fluido torácico, indicando congestão, e resistência periférica discretamente aumentada. Chamava atenção um

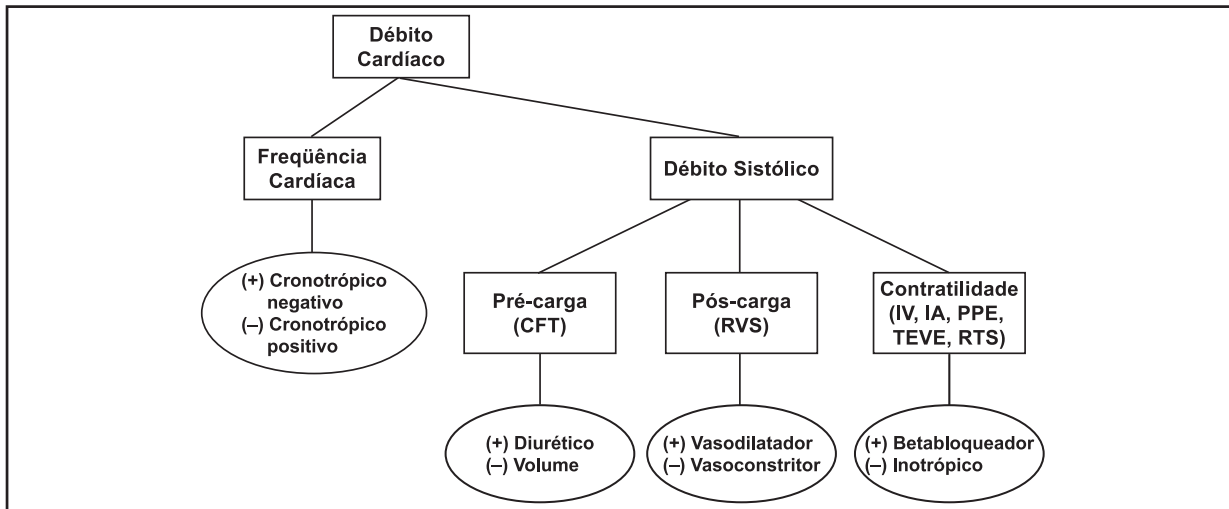


Figura 2

Componentes hemodinâmicos do débito cardíaco e possíveis ajustes medicamentosos baseados nesses parâmetros
 CFT=conteúdo de fluxo torácico; RVS=resistência vascular sistêmica; IV=índice de velocidade; IA=índice de aceleração;
 PPE=período de pré-ejeção; TEVE=tempo de ejeção ventricular esquerda; RTS=razão de tempo sistólico
 (+) = aumentado; (-) = diminuído

Quadro 1

Parâmetros avaliados pela cardiografia por bioimpedância transtorácica

Variável	Sigla	Cálculo	Unidade
Fluxo			
Débito sistólico	DS	$IV \times TEVE \times VTEP$ (algoritmo Z MARK)	mL
Débito sistólico indexado	DSI	$DS / \text{área de superfície corpórea}$	mL / m^2
Débito cardíaco	DC	$DS \times \text{frequência cardíaca}$	L/min
Índice cardíaco	IC	$DC / \text{área de superfície corpórea}$	$\text{L} / \text{min} / \text{m}^2$
Resistência			
Resistência vascular periférica	RVP	$([PAM - PVC] / DC) \times 80$	$\text{Dinas} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5}$
Resistência vascular periférica indexada	RVPI	$([PAM - PVC] / IC) \times 80$	$\text{Dinas} \times \text{s} \times \text{cm}^{-5} \times \text{m}^2$
Contratilidade			
Período de pré-ejeção	PPE	Onda q do ECG até abertura da válvula aórtica	ms
Tempo de ejeção do VE	TEVE	Tempo de abertura até fechamento da válvula aórtica	ms
Razão de tempo sistólico	RTS	$PPE / TEVE$	Sem unidade
Índice de velocidade	IV	$\text{Primeira derivada}_{\text{max}} / \text{impedância basal}$	$/ 1000 / \text{s}$
Índice de aceleração	IA	$\text{Segunda derivada}_{\text{max}} / \text{impedância basal}$	$/ 100 / \text{s}^2$
Índice de trabalho cardíaco esquerdo	ITCE	$(PAM - Pcap) \times IC \times 0,0144$	$\text{kg} \times \text{m} / \text{m}^2$
Status volêmico			
Conteúdo de fluido torácico	CFT	$1 / \text{impedância basal}$	$/ \text{kOhm}$

Quadro 2

Principais indicações para o uso da cardiografia por bioimpedância transtorácica

Uso Ambulatorial

- Monitoração de congestão em pacientes de risco para hospitalização
- Avaliação prognóstica
- Orientação do tratamento medicamentoso anti-hipertensivo

Uso Hospitalar

- Auxiliar no diagnóstico de IC em pacientes com dispnéia
- Avaliação prognóstica
- Orientação terapêutica e titulação de drogas intravenosas

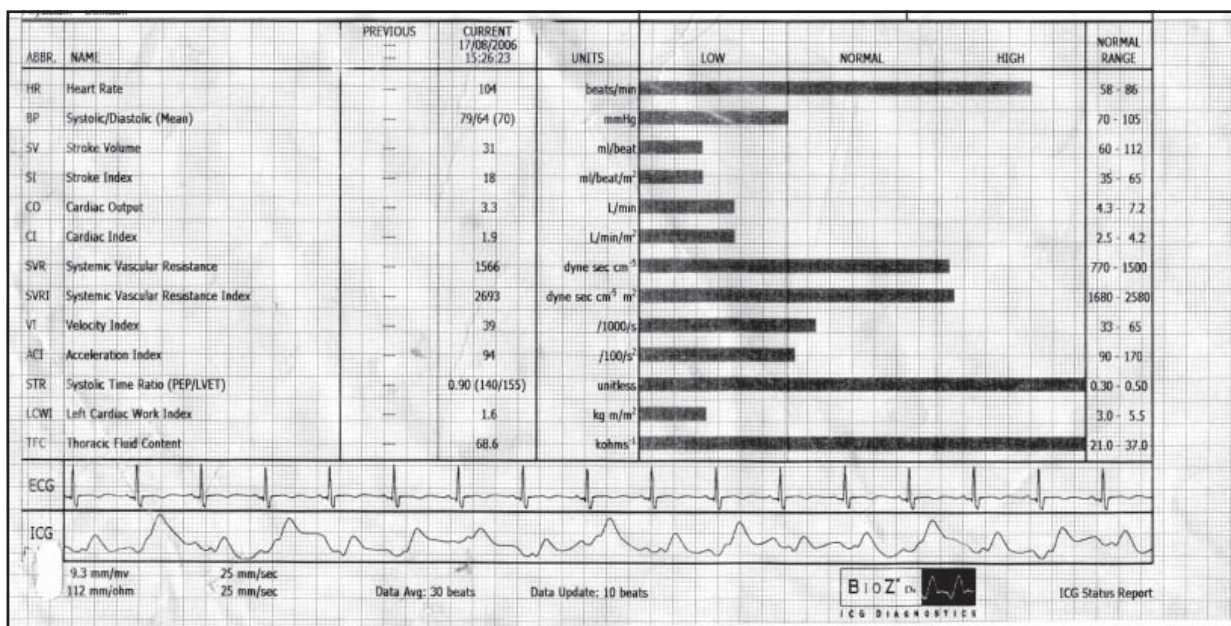


Figura 3
Parâmetros hemodinâmicos calculados pela cardiografia por bioimpedância transtorácica

índice cardíaco de 1,9L/min/m². Como estudos com ICG mostram pior evolução em pacientes que chegam ao hospital com índice cardíaco <2L/min/m², apesar de haver ausência de sinais de baixo débito por parâmetros clínicos (déficit de perfusão oculto), concluiu-se que o paciente se beneficiaria de um suporte inotrópico. Assim, instituiu-se tratamento com levosimendana, além de diurético intravenoso, tendo o paciente apresentado boa evolução clínica, com reduzido tempo de internação hospitalar.

Caso 2

Paciente apresentou quadro agudo de disfunção miocárdica, sendo atribuído à miocardite auto-imune. Evoluiu com insuficiência respiratória e apresentava plaquetopenia grave, o que impossibilitava colocação de cateter de Swan-Ganz. Foi monitorado por cardiografia por bioimpedância, auxiliando no manuseio das drogas intravenosas. A Figura 4 mostra uma medida feita 72h após o início do quadro, mostrando resistência vascular

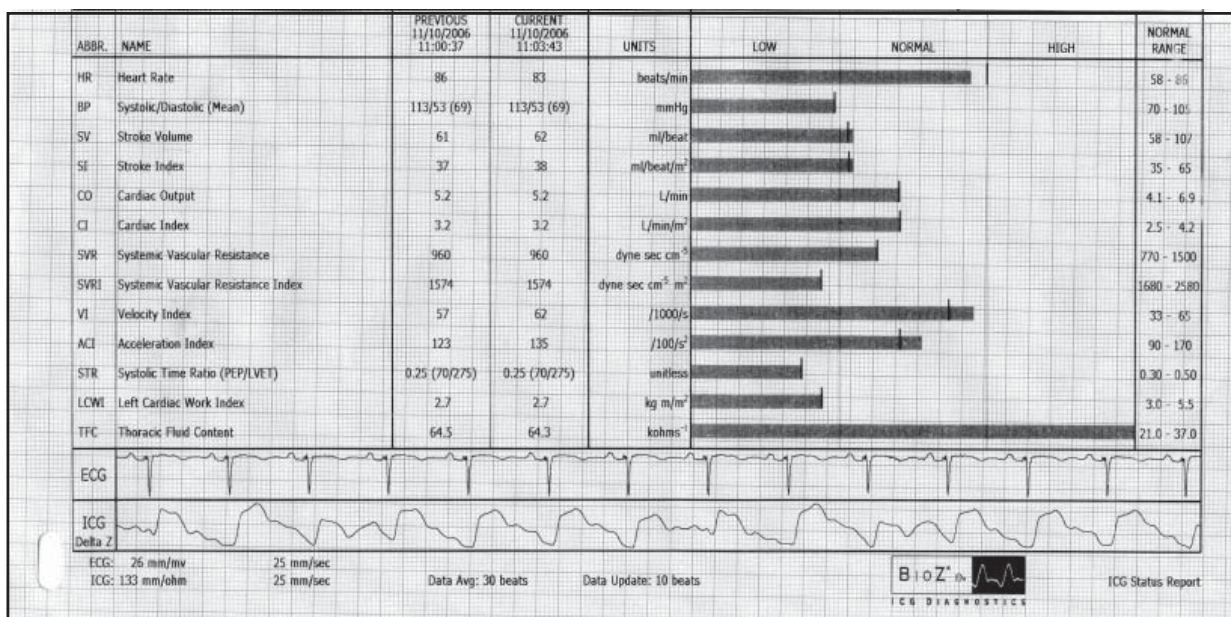


Figura 4
Parâmetros hemodinâmicos calculados pela cardiografia por bioimpedância transtorácica

periférica indexada próxima do normal e índice cardíaco de $3,9\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$, sendo iniciada a redução das doses de noradrenalina e dobutamina nesse momento. A dose de diurético intravenoso foi mantida, pois o conteúdo de fluido torácico manteve-se bastante elevado. Após redução progressiva das drogas, os parâmetros se mantiveram, possibilitando a suspensão das aminas 24h depois, com boa evolução do caso.

Estudos de Validação

Yung et al. validaram a acurácia da ICG em pacientes com hipertensão pulmonar, comparando-a aos métodos de Fick e de termodiluição³. Neste trabalho, os autores demonstraram o risco de se utilizar o método de termodiluição como única referência para as medidas de DC. Van den Water et al.⁴ validaram a ICG, comparando-a a medidas de DC por termodiluição e às medidas derivadas de bioimpedância de equações utilizadas no passado, em pacientes em pós-operatório de cirurgia cardíaca. As medidas de ICG mostraram boa correlação com a termodiluição ($r=0,81$, $p<0,001$), sendo melhor que os métodos antigos de bioimpedância. A variabilidade intra-observador foi melhor com a ICG do que com a termodiluição (6,3% vs 24,7%). Os autores concluíram que este novo método de medida de ICG é menos variável e mais reproduzível que o método de termodiluição e, em termos de acurácia, é equivalente a este, podendo substituí-lo na prática clínica. Além disso, a nova tecnologia mostrou grandes vantagens sobre aquela utilizada no passado.

Estudos clínicos em populações hospitalares

Estudo ED-IMPACT

Avaliou 89 pacientes acima de 65 anos, que chegaram à unidade de emergência com queixa de dispnéia. Após exame clínico, os emergencistas emitiam um diagnóstico e um plano terapêutico. Em seguida, os dados de ICG eram mostrados aos emergencistas e uma nova avaliação diagnóstica e terapêutica era solicitada. Após tomarem conhecimento dos dados de ICG, houve mudança no diagnóstico em 12% dos casos e mudança nos planos terapêuticos em 39%⁵.

Dispnéia cardíaca versus não-cardíaca

Pacientes com dispnéia aguda na sala de emergência foram avaliados por ICG, sendo comparada à

impressão inicial do emergencista, quanto à etiologia cardíaca ou não-cardíaca da dispnéia⁶. A ICG apresentou melhor sensibilidade (92% vs 83%) e especificidade (88% vs 77%) em identificar dispnéia de origem cardíaca do que a avaliação do emergencista. Os parâmetros de contratilidade avaliados pela ICG foram significativamente diferentes nos dois grupos, quanto ao índice cardíaco (2,2 vs 3,1, $p<0,0001$), razão de tempo sistólico (0,52 vs 0,37, $p<0,01$) e índice de velocidade (32,9 vs 42,7, $p<0,01$).

Déficit de perfusão oculto

É descrito que alguns pacientes com IC chegam à sala de emergência em uma fase inicial de choque cardiogênico, não detectada por parâmetros clínicos⁷. Milzman et al. procuraram avaliar o papel da ICG na identificação desses pacientes. Eles avaliaram 50 pacientes com IC na sala de emergência. Desses, 39 (78%) apresentavam sinais vitais normais à admissão (frequência cardíaca e respiratória, pressão arterial média, oximetria de pulso e temperatura). No entanto, 11 (25%) desses pacientes apresentavam um índice cardíaco muito baixo ($<2,2\text{L}/\text{min}/\text{m}^2$) ou débito sistólico menor que 80ml. Esse grupo de pacientes apresentou maior tempo de internação em unidade fechada e maior tempo de internação hospitalar que o grupo com medidas hemodinâmicas centrais normais. Os autores concluíram que a ICG era capaz de identificar um subgrupo de pacientes com sinais vitais normais, mas com déficit de perfusão oculto, detectado por medidas hemodinâmicas centrais e que apresentava pior evolução hospitalar.

Estudos clínicos em pacientes ambulatoriais

Estudo PREDICT. Esse é o principal estudo com a nova geração de aparelhos de ICG. Foram incluídos pacientes que haviam sido hospitalizados recentemente e que foram submetidos à avaliação com ICG a cada quinze dias. Os pacientes foram seguidos por seis meses e o desfecho primário foi uma combinação de morte por qualquer causa e hospitalizações ou visitas à sala de emergência por IC. Os pacientes que apresentaram evolutivamente um débito sistólico indexado $<35\text{mL}/\text{m}^2$ e conteúdo de fluido torácico $>35/\text{kOhm}$ tiveram uma taxa de eventos de 6,5% contra 0,9% naqueles com valores $\geq 35\text{mL}/\text{m}^2$ e $\leq 35/\text{kOhm}$, respectivamente. Importante destacar que a queda na impedância ocorreu, em média, quatorze dias antes da hospitalização e os sintomas somente apareceram, em média, três dias antes⁹.

Guiar terapia anti-hipertensiva

Sabe-se que a hipertensão arterial resulta em alterações hemodinâmicas, já que a pressão arterial é resultado do débito cardíaco vezes resistência arterial periférica. No entanto, pela impossibilidade de se medir esses parâmetros na prática ambulatorial, o tratamento é muitas vezes empírico. A possibilidade de guiar o tratamento através dos parâmetros hemodinâmicos foi testada em um ensaio clínico onde um grupo foi tratado de modo convencional e outro grupo foi submetido à escolha da classe terapêutica e de doses, baseado em um algoritmo que levava em conta parâmetros hemodinâmicos obtidos por ICG. O grupo guiado por ICG obteve 35% maior controle da PA (alvo PA<140mmHgx90mmHg) que o grupo convencional. Além disso, houve maior sucesso de controle rigoroso da PA (alvo PA<130mmHgx85mmHg), com taxas de 55% vs 27%, respectivamente¹⁰.

Limitações e contra-indicações

Como a impedância significa resistência a uma corrente elétrica, em pacientes com grande quantidade de líquido no tórax (derrame pleural significativo, anasarca, estados finais de choque séptico), o cálculo do débito cardíaco fica prejudicado, pois o líquido é um bom condutor de eletricidade, dispersando a corrente elétrica que deveria percorrer, preferencialmente, a coluna sanguínea no interior da aorta. Derrames pleurais pequenos, no entanto, não contra-indicam o exame. De um modo geral, não se valoriza o resultado se a quantidade de fluido torácico for >50/kOhm e o índice de velocidade <20/1000/s. Em pacientes graves, submetidos a uma série de procedimentos, como: ventilação mecânica e punção de veia jugular interna, às vezes não se consegue um bom posicionamento dos eletrodos do pescoço, dificultando a captação do sinal. As equações para o cálculo dos parâmetros hemodinâmicos foram validadas em pessoas acima de 30kg, impossibilitando, portanto, sua utilização em população pediátrica. O Quadro 3 mostra as principais contra-indicações ao exame.

Quadro 3

Contra-indicações à cardiografia por bioimpedância transtorácica

- . Choque séptico
- . Derrame pleural volumoso, anasarca
- . Insuficiência aórtica moderada ou grave
- . Pacientes em uso de balão intra-aórtico
- . Hipertensão arterial grave: pressão arterial média>130mmHg
- . Movimentação, agitação
- . Altura <1,20m ou >2,30m
- . Peso <30kg ou >155kg
- . Marca-passos com sensores para ajuste de frequência cardíaca de acordo com a frequência respiratória (*minute ventilator sensors*)

Conclusões

A nova geração de aparelhos de ICG apresenta boa acurácia na medida não-invasiva do débito cardíaco, podendo ser útil em uma série de situações no manuseio do pacientes hospitalizados com IC. A possibilidade de se avaliar precocemente a congestão através da queda da impedância torna esse método bastante atraente para monitorar ambulatorialmente pacientes de risco para uma hospitalização. Além disso, há dados que sugerem ser o método útil para guiar o tratamento medicamentoso anti-hipertensivo.

Referências

1. Stevenson LW. Tailored therapy to hemodynamic goals for advanced heart failure. *Eur J Heart Fail.* 1999;1:251-57.
2. Marik PE, Pendelton JE, Smith R. A comparison of hemodynamic parameters derived from transthoracic electrical bioimpedance with those parameters obtained by thermodilution and ventricular angiography. *Crit Care Med.* 1997;25:1545-550.
3. Yung GL, Fedullo PF, Kinninger K, et al. Comparison of impedance cardiography to direct Fick and thermodilution cardiac output determination in pulmonary arterial hypertension. *Cong Heart Fail.* 2004;10(suppl 2):7-10.

4. Van de Water JM, Miller TW, Vogel RL, et al. Impedance cardiography: the next vital sign technology? *Chest*. 2003;123(6):2028-2033.
5. Peacock WF, Summers RL, Vogel J, et al. Impact of impedance cardiography on diagnosis and therapy of emergent dyspnea: the ED-IMPACT trial. *Acad Emerg Med*. 2006;13:365-71.
6. Springfield CL, Sebat F, Johnson D, et al. Utility of impedance cardiography to determine cardiac vs. noncardiac cause of dyspnea in the emergency department. *Cong Heart Fail*. 2004;10(suppl 2):14-16.
7. Ander DS, Jaggi M, Rivers E, et al. Undetected cardiogenic shock in patients with congestive heart failure presenting to the emergency department. *Am J Cardiol*. 1998;82:888-91.
8. Milzman D, Morrisey J, Pugh C, et al. Occult perfusion deficits in heart failure patients: identification through noninvasive central hemodynamics monitoring. *Crit Care Med*. 1999;27(12):A88.
9. Packer M, Abraham WT, Mehra MR, for the Prospective Evaluation and Identification of Cardiac Decompensation by ICG Test (PREDICT) Study Investigators and Coordinators. Utility of impedance cardiography for the identification of short-term risk of clinical decompensation in stable patients with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:2245-252.
10. Smith RD, Levy P, Ferrario CM, for the Consideration of Noninvasive Hemodynamic Monitoring to Target Reduction of Blood Pressure Levels Study Group. Value of noninvasive hemodynamics to achieve blood pressure control in hypertensive subjects. *Hypertension*. 2006;47:769-75.