

Uri Adrian Prync Flato¹, André Luis de Campos², Matheus Ribas Trindade², Hélio Penna Guimarães³, Marcelo Luiz Campos Vieira⁴, Fernando Brunori⁵

Ecocardiografia à beira do leito em terapia intensiva: uma realidade ou um sonho distante?

Intensive care bedside echocardiography: true or a distant dream?

1. Médico da Unidade de Terapia Intensiva do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia - São Paulo (SP), Brasil.
2. Médico da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Universitário da Universidade de Marília – UNIMAR – Marília (SP), Brasil.
3. Médico da Unidade de Terapia Intensiva Clínica Médica Universidade Federal de São Paulo – UNIFESP - São Paulo (SP), Brasil.
4. Médico do Serviço de Ecocardiografia do Instituto do Coração (InCor) da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP - São Paulo (SP), Brasil.
5. Médico da Unidade de Terapia Intensiva do Hospital Leforte - São Paulo (SP), Brasil.

Recebido da Unidade de Terapia Intensiva do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia - São Paulo (SP), Brasil.

Submetido em 18 de Julho de 2009
Aceito em 4 de Janeiro de 2010

Autor para correspondência:

Uri Adrian Prync Flato
Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia
Av. Dr. Dante Pazzanese, 500 – 3º andar
CEP: 04012-180- São Paulo (SP), Brasil.
Fone/Fax: (11) 5081-4531
Email: uriflato@gmail.com

RESUMO

Nos últimos anos, com o avanço tecnológico e a experiência adquirida, o ecocardiograma tem se tornado uma ferramenta importante e cada vez mais utilizada no ambiente de terapia intensiva. As informações obtidas, através da ecocardiografia transtorácica e da ecocardiografia transesofágica corroboraram com o monitoramento e o cuidado centrado no paciente. Seu papel como ferramenta de diagnóstico, prognóstico e monitoramento da resposta à infusão de fluidos (fluido-responsividade)

tornaram-se disponíveis nos dias de hoje, em razão da portabilidade e diminuição dos custos na aquisição dos equipamentos. O treinamento adequado, assim como o desenvolvimento de diretrizes relacionadas à utilização do ecocardiograma na unidade de terapia intensiva, possibilitarão a padronização deste método assim como sua implementação à beira do leito.

Descritores: Ecocardiografia; Cuidados intensivos; Parada cardíaca; Capacitação em serviço; Sistemas automatizados de assistência junto ao leito

INTRODUÇÃO

Nos últimos 10 anos, a inserção de exames ecocardiográficos dentro da unidade de terapia intensiva, de forma sistemática e, em alguns serviços, de forma semi-continua, tornaram o método uma ferramenta valiosa no manuseio dos doentes graves. Situações onde o diagnóstico precoce muitas vezes é decisivo na condução do caso clínico, como, por exemplo, na vigência de tamponamento cardíaco e/ou dissecação de aorta, reiteram a importância e a necessidade de sua implementação.⁽¹⁻²⁾ A portabilidade dos equipamentos disponíveis nos dias de hoje e o treinamento centrado no paciente (*point of care echocardiography*) justificam sua utilização e execução por médicos intensivistas. Algumas recomendações quanto ao seu uso são sugeridas no quadro 1.

A perfusão tecidual adequada e oferta de oxigênio otimizada são os objetivos primordiais dentro do ambiente de terapia intensiva e em pacientes que se apresentam com disfunção circulatória. O débito cardíaco (DC) é uma variável que está intimamente relacionada com o retorno venoso, que é definido como a diferença entre a pressão de átrio direito e a pressão média de enchimento sistêmico (PMES). Conseqüentemente o DC deve ser proporcional ao volume de sangue que chega ao coração e, dependendo da situação em que se encontra o paciente na curva de Frank-Starling,⁽³⁾ o aumento da pré-carga através de prova de volume poderá aumentar ou não o débito cardíaco. Em uma situação de hipovolemia, provavelmente o aumento do retorno venoso aumentará a pré-carga de ventrículo direito e, conseqüente, de ventrículo esquerdo, otimizando o volume sistólico. Esta situação é de-

Quadro 1 - Aplicações do ecocardiograma em terapia intensiva

Indicações	Avaliação com ecocardiografia
Instabilidade hemodinâmica	Avaliação da fluído-responsividade
Função ventricular	Avaliação da função ventricular sistólica e diastólica Cálculo do volume sistólico e débito cardíaco Análise segmentar de VE e VD
Hipovolemia	Índice de colapamento de veia cava inferior Enchimento ventricular direito Mensuração PVD-PSAP
Tamponamento cardíaco	Colapso diastólico do VD e sistólico do AD Movimentação paradoxal do septo ventricular Variação inspiratória do enchimento ventricular direito e esquerdo, e da VTI aórtica e pulmonar
Tromboembolismo pulmonar	Dilatação e disfunção do VD Hipertensão arterial pulmonar Visualização direta do trombo em VD e/ou tronco pulmonar
Disfunção valvar grave	Insuficiência mitral (área do jato, vena contracta, PISA) Estenose mitral (PHT, gradiente transvalvar, área valvar) Insuficiência aórtica (vena contracta, PHT) Estenose aórtica (gradiente transvalvar, área valvar, equação de continuidade) Insuficiência tricúspide (área do jato regurgitante)
Shunts intracardíacos	Comunicações interatrias e interventriculares Persistência do canal arterial Eco com microbolhas
Endocardite infecciosas	Presença de vegetações, disfunções valvares
Parada cardiorrespiratória	Diferenciação de pseudo-AESP e AESP Diagnóstico diferencial PCR Prognóstico de PCR
Posicionar marcapasso	Localização e implante de marcapasso

VE – ventrículo esquerdo; VD – ventrículo direito; PVD – pressão de ventrículo direito; PSAP – pressão sistólica na artéria pulmonar; AD – átrio direito; VTI – integral tempo-velocidade; PISA – *Proximal Isovelocity Surface Area*; PHT – *Pressure Half Time*; AESP – atividade elétrica sem pulso; PCR – parada cardiorrespiratória.

nominada como pré-carga dependente (*preload dependence*) e o paciente se denominará respondedor á prova de volume. Uma dúvida frequente em terapia intensiva é saber o "status volêmico" dos pacientes e como avaliar se as intervenções terapêuticas para a otimização da perfusão tecidual estão no caminho correto, ou seja, beneficiando o paciente. Frente a esta questão, realizamos o monitoramento do DC como uma ferramenta valiosa na análise de pacientes críticos. Aspecto fundamental para estes pacientes é a determinação do DC, que não pode ser identificado de forma confiável através do exame físico. O cateter de Swan Ganz ainda continua a ser o método *gold standard* nos dias de hoje, entretanto sua utilização tem diminuído em decorrência das evidências científicas publicadas nos últimos dois anos.⁽⁴⁾ Desta forma, o surgimento de novas tecnologias de monitoramento não invasivo do DC, de forma segura, confiável e reprodutível, entre elas a ecocardiografia, pode significar uma grande vantagem na condução destes pacientes em relação ao emprego do cateter

de Swan Ganz.⁽⁵⁾ Outras formas de monitorização não invasiva do DC encontram-se relatadas no quadro 2.

Além da mensuração de medidas estáticas, sua implementação possibilitou a análise da variação de volume sistólico (medidas dinâmicas relacionadas ao ciclo respiratório), o qual é proporcional a pressão de pulso (PP) e delta PP.⁽⁶⁻⁸⁾ Uma outra ferramenta da ecocardiografia é a possibilidade de estimar a pressão de enchimento ventricular esquerdo (PEVE), que usualmente correlacionamos através da pressão de oclusão da artéria pulmonar (POAP) na ausência de alterações valvares significativas como, por exemplo, insuficiência mitral moderada à grave. Para isso utilizamos a relação entre a medida do fluxo transmitral (doppler pulsado) posicionado acima do fechamento da valva mitral (cavidade ventricular), onda (E), ou seja fase de enchimento rápido e a medida do doppler tecidual (E') posicionado no ânulo mitral septal ou lateral. A relação $E/E' < 8$ prediz uma PEVE < 12 mmHg, $E/E' > 15$ prediz uma PEVE > 18 mmHg e valores intermediários situ-

Quadro 2 - Métodos de monitoramento não invasivos do débito cardíaco

Métodos	Vantagens	Desvantagens
Doppler esofágico (CardioQ)	Tolerado com paciente acordado Monitorização contínua	Operador dependente Sonda pode deslocar-se, alterando a precisão
NICO (reinalação parcial de CO ₂ e mensuração de DC por técnica indireta de FICK)	Minimamente invasivo Boa acurácia DC	Necessita IOT e VM Alterações na VM pode alterar DC Necessidade de estabilidade hemodinâmica
Ecocardiograma transesofágico	Boa correlação do DC com a termodiluição Avaliação fluido-responsividade	Não tolerado com paciente acordado Operador dependente Pode causar lesão esofágica
Bioimpedância elétrica torácica	Não necessita acesso vascular	Posicionamento dos eletrodos são fatores de erro
Análise do contorno de pulso (LiDCO, PiCCO, FloTrac)	DC minimamente invasivo	Artefatos da curva arterial pode interferir na acurácia das medidas Análise prejudicada na presença de arritmias

DC – débito cardíaco; IOT - intubação orotraqueal; VM – ventilação mecânica; PiCCO - *pulse contour cardiac output*; Lidco - *lithium dilution cardiac output*. NICO – *non invasive cardiac output*.

am-se em uma zona cinzenta.⁽⁹⁾ Podemos estimar a pressão de átrio esquerdo (PAE) calculando a integral da velocidade da regurgitação mitral em pacientes sem doença valvar mitral. De forma prática, mensuramos o gradiente entre o ventrículo esquerdo e o átrio esquerdo (4x velocidade de pico da regurgitação mitral) de forma não-invasiva e validada em pacientes com insuficiência cardíaca.⁽¹⁰⁾

Outras medidas ecocardiográficas podem auxiliar na avaliação da fluido-responsividade, tais como, índice de distensibilidade da veia cava inferior (IDVCI), índice de colapamento da veia cava superior (ICVCS), pressão sistólica do ventrículo direito (PSVD), pressão do átrio direito (PAD) e a área diastólica e sistólica final do ventrículo esquerdo após

infusão de volume (Quadro 3).

As vantagens das medidas dinâmicas do ecocardiograma em relação as variáveis estáticas, pressóricas e/ou volumétricas, residem no fato de que a função sistólica, diastólica e alterações valvares não interferem de forma significativa na interpretação dos dados, e desta forma, na decisão terapêutica. Através da mensuração do índice de colapamento da veia cava inferior (ICVCI) e diâmetro da veia cava inferior (VCI), através do corte ecocardiográfico subcostal, alinhando o cursor no modo M(Motion) a 2 centímetros do AD, podemos estimar a pressão de átrio direito (Quadro 4 e Figura 1).⁽⁹⁾ Evidentemente existem situações nas quais não podemos avaliar a PAD através da variação física respiratória da VCI, como

Quadro 3 - Variáveis hemodinâmicas estáticas e dinâmicas através do ecocardiograma

Variável ecocardiográfica	Fórmula	Parâmetro estático/dinâmico
ΔVCI (%)	$(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n}) / D_{m\acute{i}n} \times 100$ da VCI	Dinâmico
ΔVCS (%)	$(D_{m\acute{a}x} - D_{m\acute{i}n}) / D_{m\acute{a}x} \times 100$ da VCS	Dinâmico
Volume sistólico (ETT)	Área seccional via de saída do VE x VTIAo	Dinâmico
Δ Volume sistólico (ETT ou ETE)	Área seccional via de saída do VE x VTIAo, após manobra de elevação dos membros inferiores	Dinâmico
+ Passive leg raising		
Área diastólica final ventrículo esquerdo	Planimetria da área do VE em diástole (corte transversal)	Estático
PSVD	$4 \times (V_{m\acute{a}x} IT)^2 + PAD$	Estático
Débito cardíaco	(Área seccional via de saída do VE x VTIAo) x Freqüência cardíaca	Estático
PAE	$PAE = 1,24 (E/E') + 1,9$ 4x velocidade de pico regurgitação mitral	Estático
PEVE=PAPO	$E/E' < 8 - PEVE < 12$ mmHg $E/E' > 15 - PEVE > 18$ mmHg	Estático

VE - ventrículo esquerdo; VCI - veia cava inferior; VCS - veia cava superior; VTIAo - integral tempo-velocidade aórtica; PSAP - pressão sistólica na artéria pulmonar; IT - insuficiência tricúspide; PSVD - pressão sistólica no ventrículo direito; PAD - pressão de átrio direito; ΔVCI (%) - variação da veia cava inferior; ΔVCS (%) - variação veia cava superior; $D_{m\acute{a}x}$ - diâmetro máximo; $D_{m\acute{i}n}$ - diâmetro mínimo; PAE - pressão de átrio esquerdo; ETT - ecocardiograma transtorácico; ETE - ecocardiograma transtorácico; PAE - pressão atrial esquerda; E - onda E do fluxo transmitral; E' - onda E' do Doppler tecidual mitral; PEVE - pressão de enchimento de ventrículo esquerdo; POAP - pressão de oclusão de artéria pulmonar; Vmax- velocidade máxima.

por exemplo, na vigência de disfunção de ventrículo direito (VD) e de tamponamento cardíaco. A veia cava inferior é um vaso predominantemente extratorácico (intra-abdominal) relacionado com as câmaras cardíacas direitas, a qual sofre variação em sua amplitude, de acordo com o ciclo respiratório e com o volume sistólico. Durante a inspiração espontânea ocorre a diminuição da pressão intratorácica e aumento do retorno venoso. Sua variação na amplitude relaciona-se com a mensuração da PAD, porém ainda não existem evidências na literatura para ser utilizado como índice de fluido-responsividade em pacientes com respiração espontânea e ou em ventilação mecânica em modo assistido.

Quadro 4 - Avaliação da veia cava inferior como índice hemodinâmico em pacientes com respiração espontânea

Tamanho VCI (cm)	Índice de colabamento (%)	PAD (pressão de átrio direito)
<1,5 cm	100% colabado	0-5 mmHg
1,5-2,5 cm	>50% colabado	5-10 mmHg
1,5-2,5 cm	<50% colabado	10-15 mmHg
>2,5 cm	<50% colabado	15-20 mmHg
>2,5 cm	Sem alterações	>20 mmHg

VCI – veia cava inferior; PAD - pressão átrio direito.

Fonte: Otto CM. Echocardiographic evaluation of left and right ventricular systolic function. In: Otto CM, editor. Textbook of clinical echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 2000.

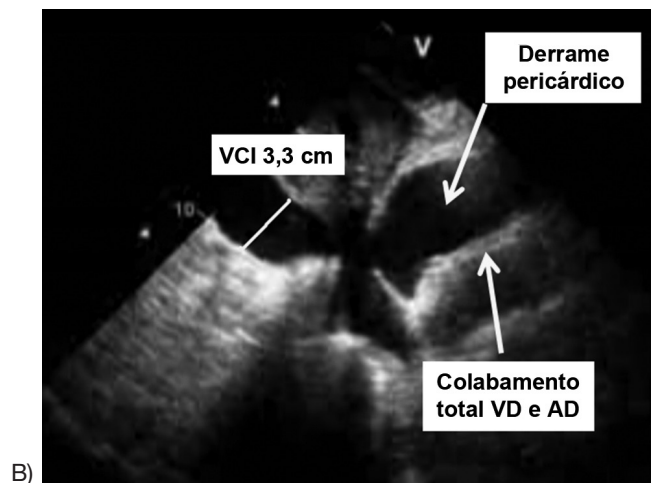
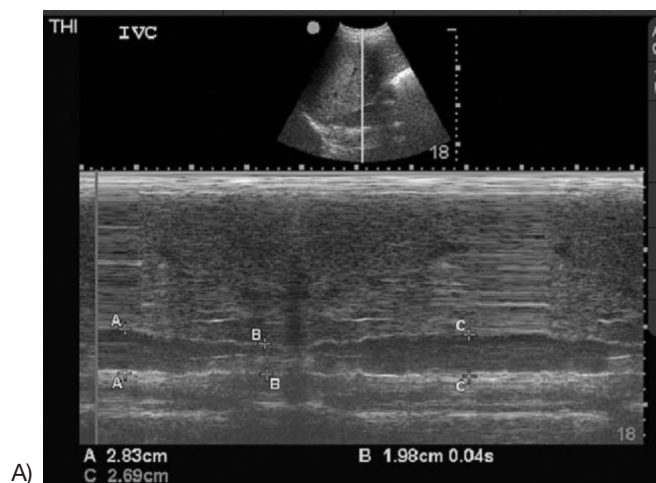
Em pacientes sob ventilação mecânica, a variação do diâmetro da VCI ocorre de forma contrária, ou seja, na fase inspiratória ocorre aumento da pressão intratorácica e transferência das pressões ao átrio direito e, conseqüentemente, aos vasos comunicantes. Neste caso a veia cava aumenta seu diâmetro devido a dois mecanismos principais:

1- diminuição da pré-carga de VD

2- aumento da pós-carga de VD (pressão positiva) associado ao aumento da pré-carga do VE secundária ao esvaziamento de sangue do leito pulmonar e conseqüente aumento do volume sistólico.

Este acoplamento entre coração-pulmão ocasiona alteração nos vasos extratorácicos (sistema arterial e venoso), o que pode representar necessidade de reposição volêmica. Nesta situação, na vigência de ventilação mecânica, utiliza-se a porcentagem de variação da cava inferior (% Δ VCI) e ou superior (% Δ VCS), como parâmetro para determinação da responsividade à infusão volêmica e classificá-los como respondedores ou não respondedores.^(11,12)

Na prática, utilizamos o valor de corte do % Δ VCI maior que 12% segundo Feissel et al.⁽¹³⁾ e ou maior que 18% segundo Barbier et al.⁽¹⁴⁾ Em relação à % Δ VCS,⁽¹⁵⁾ utilizamos o valor de corte maior ou igual à 36% em pacientes sob ventilação mecânica controlada para denominarmos fluido-responsividade.



C)

$$\text{Índice colabamento Veia cava inferior (ICVCI \%)} = \frac{\text{Diâmetro máximo VCI} - \text{Diâmetro mínimo}}{\text{Diâmetro máximo VCI}}$$

Estimar PAD

VCI – veia cava inferior.

Figura 1 – A) Mensuração da veia cava inferior modo M, VCI 30% de colabamento. B) VCI ingurgitada secundária á tamponamento cardíaco. C) Fórmula utilizada para estimar pressão de átrio direito em pacientes com respiração espontânea.

As informações derivadas das análises ecocardiográficas devem ser sempre contextualizadas dentro do quadro clínico do paciente.

Recentemente, De Backer et al. estudaram a interferência da frequência respiratória (FR >30) na avaliação da variação do volume sistólico relacionado aos índices dinâmicos. Seus dados demonstraram que a % Δ VCS não sofreu interferência da frequência respiratória e talvez seja um parâmetro mais adequado nesta situação, como por exemplo, em pacientes com síndrome de desconforto respiratório agudo (SDRA) e/ou acidose metabólica importante.⁽¹⁶⁾

A medida do DC pode ser realizada com o emprego da ecocardiografia transtorácica (ETT) através da mensuração da área de via de saída de ventrículo esquerdo multiplicada pela integral tempo-velocidade da via de saída da valva aórtica (VTIAo) medida com a utilização do Doppler. O volume sistólico desta forma obtido, deve ser então multiplicado pela frequência cardíaca obtendo-se o DC.⁽¹⁷⁻¹⁸⁾

Existe um grupo crescente de intervenções baseadas em evidências para guiar a prática clínica em cuidados intensivos. Como descrito anteriormente, dispomos de inúmeros métodos e variáveis de monitorização hemodinâmica, obtidas através do ecocardiograma. Entretanto, apresentamos no quadro 5 as evidências mais consistentes relacionadas à fluido-responsividade e seus valores de corte.

Nesse contexto, numerosos trabalhos tem buscado respostas para auxiliar e estudar o efeito da fluidoterapia em pacientes graves, destacando-se o emprego da ecocardiografia.

A despeito das controvérsias sobre o uso do cateter de Swan Ganz, o ecocardiograma apresenta-se como exame não invasivo, de fácil execução e baixa morbidade e aditivo á outras modalidades de monitorização.⁽¹⁹⁾ Um ponto que devemos ressaltar é que os estudos descritos anteriormente avaliaram de forma retrospectiva o valor preditivo dos índices hemodinâmicos após a administração de volume e não necessariamente o desfecho clínico, que deve ser avaliado em estudos, prospectivos, randomizados, e com número maior de pacientes. Em segundo lugar, devemos lembrar que não necessariamente um paciente que se apresenta como respondedor a uma prova de volume (Δ VCI 25%), necessita realmente de líquido. Um exemplo prático seria paciente anestesiado com parâmetros hemodinâmicos e de microcirculação preservados, classificado como respondedor á volume, em que a hidratação excessiva poderá acarretar em congestão venocapilar e aumento da morbidade.⁽²⁰⁾ O caso merece reflexão, no sentido da avaliação global da situação clínica do paciente e do emprego dos dados derivados da análise ecocardiográfica à beira do leito. A aplicação da informação ecocardiográfica hemodinâmica corrobora com os esforços dos hospitais na condução do monitoramento e mensuração da segurança das condutas tomadas em UTI, que podem ser focadas na estrutura, no processo e nos resultados dos cuidados a saúde.⁽²¹⁾

Uma outra modalidade ecocardiográfica muito útil em ambiente de terapia intensiva, é a ecocardiografia transesofágica. Suas indicações e acurácia diagnóstica estão relacionadas no quadro 6.⁽²²⁻²⁴⁾ Situações, como por exemplo, em período

Quadro 5 - Índices ecocardiográficos dinâmicos de fluido-responsividade

Eco	Índice hemodinâmico	Objetivo	Fórmula	Valor de corte	Autor/Ano publicação	Número da Referência
ETE	Varição de velocidade de pico aórtico (delta Vpico)	Velocidade de pico aórtico durante ciclo respiratório	$Vp_{máx}Ao - Vp_{mín}Ao / 0,5 (Vp_{máx}Ao + Vp_{mín}Ao)$	12%	Feissel M / Monnet X -2001	39
ETE	Índice de colabamento da veia cava superior	Varição da VCS durante ciclo respiratório em VM	$(Diâmetro\ máximo - Diâmetro\ mínimo) / Diâmetro\ máximo \times 100$	36%	Vieillard- Baron A - 2004	15
ETT	Índice de distensibilidade da veia cava inferior	Varição da VCI durante ciclo respiratório em VM	$(Diâmetro\ máximo - Diâmetro\ mínimo) / Diâmetro\ mínimo \times 100$	12%/18% (média 15%)	Feissel M 2002 Barbier C 2004	13-14
ETE	Varição do fluxo sanguíneo aórtico durante PLR	Diferença entre a variação da velocidade do fluxo aórtico após manobra PLR e basal	Fluxo aórtico (PLR)- Fluxo aórtico basal	10%	Monnet X -2006	40
ETT	Varição volume sistólico PLR	Varição > 15% volume sistólico após manobra PLR e basal	Área seccional VSVE Ao (eixo longitudinal)x VTIAo (apical)	12,5%	Lamia -2007	41

Eco – ecocardiograma; ETT - ecocardiograma transtorácico; ETE - ecocardiograma transesofágico; PLR - *Passive leg raising*; VM – ventilação mecânica; VCS – veia cava superior; VSVE - via de saída de ventrículo esquerdo; VTIAo - integral tempo-velocidade aórtica; Vpico – velocidade de pico. Max- máxima; Min – mínima; Ao – aórtica.

pós-operatório de cirurgia cardíaca, a utilização de ETE é imperativa muitas vezes em decorrência da dificuldade de obtenção de imagem transtorácica adequada. A escolha inicial para a realização do ecocardiograma transtorácico ou transesofágico depende da estrutura cardíaca a ser analisada, assim como o cenário clínico envolvido (centro cirúrgico, terapia intensiva, pré-hospitalar).⁽²⁵⁾

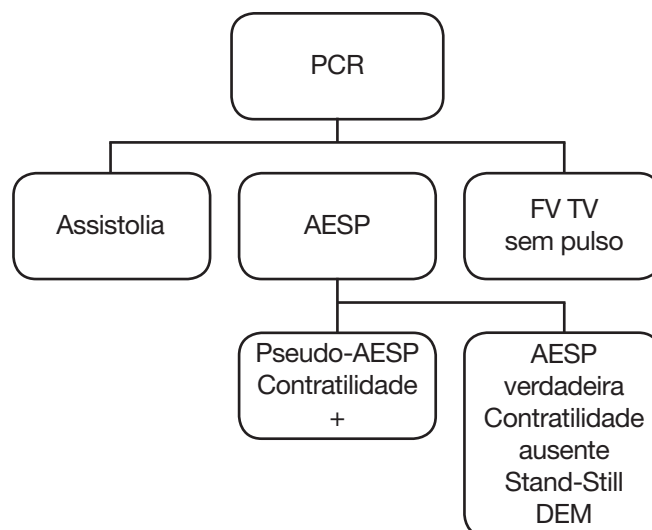
Quadro 6 - Características e acurácia de ecocardiografia transtorácica e ecocardiografia transesofágica

Indicação	ETT	ETE
Dissecção aórtica	+	+++
Avaliação endocardite infecciosa	+	+++
Trombo intracardíaco	+	++
Válvula protética	+	++
Apêndice atrial	+	+++
Paciente obeso	+	++
Paciente com enfisema	+	++
VM com PEEP elevada	+	++
Presença de drenos cirúrgicos e ou incisões cirúrgicas	+-	+++
Pós-operatório cirurgia cardíaca	+	+++

+ - indicação menor; +++ - indicação maior; +- - talvez indicado.
ETT - ecocardiografia transtorácica; ETE - ecocardiografia transesofágica; VM - ventilação mecânica; PEEP - pressão expiratória final positiva

Em ambiente de terapia intensiva o ecocardiograma pode ser utilizado como método auxiliar para o diagnóstico diferencial da parada cardiorrespiratória (PCR) especificamente nas modalidades atividade elétrica sem pulso (AESP) e assistolia, na qual o retorno à circulação espontânea depende da reversão da causa primária (hipovolemia, hipóxia, hipercalemia, taponamento cardíaco, tromboembolismo pulmonar).

Particularmente na AESP, com o auxílio do ecocardiograma, duas modalidades têm sido descritas: a verdadeira AESP (ausência de contratilidade cardíaca associada à ausência de pulso) e a pseudo-AESP (contratilidade miocárdica presente com ausência de pulso) (Figura 2). Esta diferenciação é importante pois apresenta implicação prognóstica. A implementação desta nova modalidade durante a PCR está em desenvolvimento com protocolos bem desenhados, treinamento adequado e, principalmente, sem interrupção de compressões torácicas.⁽²⁶⁻²⁸⁾ Talvez a inserção de novas tecnologias altere ou melhore a sobrevida extra-hospitalar e hospitalar que há três décadas se mantém inalterada.⁽²⁹⁻³¹⁾ Blaiwas et al.⁽³²⁾ avaliaram 169 pacientes em PCR não arritmica (AESP assistolia) com a utilização do ecocardiograma durante os esforços de ressuscitação e demonstraram um valor prognóstico de 100% de mortalidade dos pacientes que apresentavam ausência de contratilidade cardíaca (cardiac stand still). Outros



PCR - parada cardiorrespiratória; AESP - atividade elétrica sem pulso; FV - fibrilação ventricular; TV - taquicardia ventricular; DEM - Dissociação eletro-mecânica.

Figura 2 - Dicotomização do ritmo AESP.

autores corroboraram estes achados e sugerem que a ausência de movimentação cardíaca ao ecocardiograma na PCR não arritmica seja suficiente, talvez, para cessar os esforços de ressuscitação cardiopulmonar.^(33,34) Com a identificação ágil e mais acurada de condição clínica que se beneficie de uma intervenção particular, talvez aumentem significativamente as chances de ressuscitação. Até o momento, dispomos apenas de relatos de casos e algumas séries de casos com a utilização do ecocardiograma em PCR. Todavia, este é um campo a ser explorado e com perspectivas de ser implementado em futuras diretrizes. Outro ponto importante relacionado ao monitoramento e ao diagnóstico através do ecocardiograma é a identificação de sua efetividade e exequibilidade na prática clínica, através de protocolos em situações específicas como choque, PCR e sepse. Baseado nestes conceitos, alguns estudos citados no texto podem ser resumidos no quadro 7, evidenciando sua factibilidade. Dentre os estudos, destacamos o FEER e o BEAT como promissores e reprodutíveis.

Treinamento e educação em ecocardiografia dentro da terapia intensiva

A sistematização e o treinamento em ecocardiografia, dentro de ambiente de terapia intensiva, depende de diretrizes sólidas e da implementação de educação continuada para a comunidade médica. O apoio das sociedades nacionais e internacionais tem papel fundamental na condução e certificação destas normas. Atualmente na França, 90% das unidades de terapia intensiva possuem treinamento em ecocardiografia, através de programa de 2 anos de duração. Outro fato interessante é que na Inglaterra 90% dos ETE intra-operatórios

Quadro 7- Protocolos utilizando o ecocardiograma como ferramenta diagnóstica e terapêutica em terapia intensiva

Protocolos utilizando ecocardiograma à beira do leito						
Protocolo	Cenário	Objetivo	Variáveis	Resultados	Número da referência	Autor/Ano publicação
BEAT – <i>Bedside echocardiographic assessment in traumatic/critical care</i>	Hemodinâmica	Mensuração de variáveis hemodinâmicas através do ETT	B=bomba (índice cardíaco), E=efusão pericárdica A=área ou função cardíaca T=tanque, estado volêmico (IVCI)	Boa correlação com CAP e PVC	18	Gunst M - 2008
Sepsis-Echo – <i>Focused training for goal-oriented handheld echocardiography performed by noncardiologist residents in the ICU</i>	Sepse	Complementar a terapia precoce da sepse com a ecocardiografia	Mensuração da contratilidade cardíaca e variação da cava inferior na sepse	Factível e promissor no cenário de sepse	25	Vignon P - 2007
FEER – <i>Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management</i>	PCR	Avaliar causas não arrítmicas de PCR	Utilização de ecocardiograma portátil para descartar tamponamento, hipovolemia, pneumotórax, tromboembolismo pulmonar.	Diminuir o tempo de PCR com tratamento adequado e padronização do atendimento durante a PCR.	26	Breitkreutz R - 2007

ICU – *intensive care unit*; IVCI – índice veia cava inferior; PCR – parada cardiorespiratória; ETT - ecocardiograma transtorácico; ETE – ecocardiograma transtorácico; CAP – cateter artéria pulmonar; PVC – pressão venosa central.

são realizados por anestesistas. De forma alguma o médico intensivista irá substituir o ecocardiografista dentro da UTI, mas utilizará esta ferramenta para responder a questões específicas e direcionadas ao problema contextual. Recentemente, foram publicadas as recomendações do emprego da ecocardiografia em terapia intensiva pela *World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS)*, Sociedade Britânica de Ecocardiografia, Colégio Americano de Médicos Torácicos e pela Sociedade de Língua Francesa em Reanimação.⁽³⁵⁻³⁸⁾ Estas diretrizes recomendam graus de competência no treinamento de forma racional e de que forma deve ser realizado o ecocardiograma. Propõem a divisão em três em níveis distintos de formação, relacionando o emprego da ecocardiografia em situações de emergência, como na utilização do ecocardiograma durante a PCR e a necessidade da solicitação de uma avaliação de um especialista quando indicado e necessário. O tempo necessário para completar cada etapa depende do tipo de treinamento oferecido por cada instituição, ou seja, se existe programa formal de ecocardiografia em UTI durante a especialização de medicina intensiva, presença de tutores cardiologistas com especialização em ecocardiografia e a forma de mensurar a performance dos alunos baseados nas diferentes sociedades internacionais. A WINFOCUS sugere um período de 2 anos de treinamento tutorado, com no mínimo 50 casos registrados e catalogados/ano para obter competência nível 2 (Quadro 8). É importante ressaltar os limites de atuação dos diferentes profissionais médicos e dos horizontes na aplicação das diferentes técnicas ecocardiográficas

Quadro 8 – Proposta de níveis de competência em ecocardiografia em terapia intensiva baseado nas diretrizes da WINFOCUS³⁶

Nível 3	Especialista em ecocardiografia (procedimentos invasivos, pesquisador em ecocardiografia)
Nível 2	Realiza ETE e ETT, referência para nível 1, diagnóstico de anormalidades cardiovasculares, possibilidade de oferecer treinamento e pesquisa
Nível 1	Aquisição de imagens torácicas padrões (ETE, ETT), reconhecimento do normal e anormal, reconhecimento de solicitar avaliação do especialista e comparar com outras técnicas de monitoramento.
ECO na emergência	Aquisição de imagens padrões ETT e relacionar durante a PCR conforme algoritmo do SAVC, reconhecimento de solicitar avaliação do especialista

PCR – parada cardiorespiratória; ETT - ecocardiograma transtorácico; ETE – ecocardiograma transtorácico; SAVC – suporte avançado de vida em cardiologia.

Fonte: Price S, Via G, Sloth E, Guarracino F, Breitkreutz R, Catena E, Talmor D; World Interactive Network Focused On Critical Ultrasound ECHO-ICU Group. Echocardiography practice, training and accreditation in the intensive care: document for the World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS). *Cardiovasc Ultrasound*. 2008;6:49.

em ambiente de terapia intensiva e de emergência. Até o momento não dispomos de regulamentação brasileira para a utilização da ecocardiografia por profissionais médicos, não habilitados nesta modalidade, de acordo com o Departamento de Ecocardiografia da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DEPECOSBC).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O emprego da ecocardiografia em ambiente de terapia intensiva e de emergência é hoje realidade em alguns países da Europa e alguns centros da América do Norte. Possivelmente, em futuro mais próximo tenhamos o mesmo racional em centros de terapia intensiva e de emergência da América Latina. A qualificação teórica, prática e o treinamento adequado são alicerces importantíssimos na implementação desta ferramenta, como por exemplo reposição volêmica do paciente crítico.⁽³⁹⁻⁴¹⁾ Através da pesquisa científica, da cooperação de sociedades médicas nacionais e internacionais, poderemos melhorar nossa prática diária, oferecendo o melhor tratamento aos nossos pacientes e esperar que nosso sonho, vire realidade.

ABSTRACT

During the last few years, technological development and acquired experience advanced and the echocardiogram has become an important and useful tool in intensive care unit environment. Data obtained from semi quantitative Doppler echocardiography (transthoracic and transesophageal) evaluation has contributed to an appropriate patient monitoring and management. Echocardiography as a diagnostic, prognostic and monitoring method for fluid responsiveness assessment has become available nowadays since hand-carried ultrasound devices are portable and cheaper. Adequate training and development of appropriateness criteria for use of echocardiography in intensive care unit may lead to a standard use as a bedside tool.

Keywords: Echocardiography; Intensive care; Heart arrest; In-service training; Point-of-care systems

REFERÊNCIAS

1. Stamos TD, Soble JS. The use of echocardiography in the critical care setting. *Crit Care Clin.* 2001;17(2):253-70, v. Review.
2. Heidenreich PA. Transesophageal echocardiography (TEE) in the critical care patient. *Cardiol Clin.* 2000;18(4):789-805, ix.
3. Guyton AC, Lindsey AW, Abernathy B, Richardson T. Venous return at various right atrial pressures and the normal venous return curve. *Am J Physiol.* 1957;189(3):609-15.
4. Wiener RS, Welch HG. Trends in the use of the pulmonary artery catheter in the United States, 1993-2004. *JAMA.* 2007;298(4):423-9.
5. Hett DA, Jonas MM. Non-invasive cardiac output monitoring. *Curr Anaesth Crit Care.* 2003;14(4):187-91.
6. Jardin F, Valtier B, Beauchet A, Dubourg O, Bourdarias JP. Invasive monitoring combined with two-dimensional echocardiographic study in septic shock. *Intensive Care Med.* 1994;20(8):550-4.
7. Jardin F, Fourme T, Page B, Loubières Y, Vieillard-Baron A, Beauchet A, Bourdarias JP. Persistent preload defect in severe sepsis despite fluid loading: A longitudinal echocardiographic study in patients with septic shock. *Chest.* 1999;116(5):1354-9.
8. Michard F, Boussat S, Chemla D, Anguel N, Mercat A, Lecarpentier Y, et al. Relation between respiratory changes in arterial pulse pressure and fluid responsiveness in septic patients with acute circulatory failure. *Am J Respir Crit Care Med.* 2000;162(1):134-8.
9. Garcia MJ, Ares MA, Asher C, Rodriguez L, Vandervoort P, Thomas JD. An index of early left ventricular filling that combined with pulsed Doppler peak E velocity may estimate capillary wedge pressure. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29(2):448-54.
10. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quiñones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30(6):1527-33.
11. Otto CM. Echocardiographic evaluation of left and right ventricular systolic function. In: Otto CM, editor. *Textbook of clinical echocardiography.* 2nd ed. Philadelphia: WB Saunders; 2000. p. 120-1.
12. Mitaka C, Nagura T, Sakanishi N, Tsunoda Y, Amaha K. Two-dimensional echocardiographic evaluation of inferior vena cava, right ventricle and left ventricle during positive-pressure ventilation with varying levels of positive end-expiratory pressure. *Crit Care Med.* 1989;17(3):205-10.
13. Feissel M, Michard F, Mangin I. Respiratory change in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in septic shock (abstract). *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;165(Suppl):A712.
14. Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricôme JL, Jardin F, Vieillard-Baron A. Respiratory changes in inferior vena cava diameter are helpful in predicting fluid responsiveness in ventilated septic patients. *Intensive Care Med.* 2004;30(9):1740-6.
15. Vieillard-Baron A, Chergui K, Rabiller A, Peyrouset O, Page B, Beauchet A, Jardin F. Superior vena cava collapsibility as a gauge of volume status in ventilated septic patients. *Intensive Care Med.* 2004;30(9):1734-9.
16. De Backer D, Taccone FS, Holsten R, Ibrahim F, Vincent JL. Influence of respiratory rate on stroke volume variation in mechanically ventilated patients. *Anesthesiology.* 2009;110(5):1092-7.
17. Huntsman LL, Stewart DK, Barnes SR, Franklin SB, Colocousis JS, Hessel EA. Noninvasive Doppler determina-

- tion of cardiac output in man. Clinical validation. *Circulation*. 1983;67(3):593-602.
18. Gunst M, Ghaemmaghami V, Sperry J, Robinson M, O'Keeffe T, Friese R, Frankel H. Accuracy of cardiac function and volume status estimates using the bedside echocardiographic assessment in trauma/critical care. *J Trauma*. 2008;65(3):509-16.
 19. Teboul JL, Monnet X. Prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneous breathing activity. *Curr Opin Crit Care*. 2008;14(3):334-9.
 20. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest*. 2002;121(6):2000-8.
 21. Berenholtz SM, Pustavoitau A, Schwartz SJ, Pronovost PJ. How safe my intensive care unit? Methods for monitoring and measurement. *Curr Opin Crit Care*. 2007;13(6):703-8.
 22. Moore AG, Eagle KA, Bruckman D, Moon BS, Malouf JF, Fattori R, et al. **Choice of computed tomography, transeosophageal echocardiography, magnetic resonance imaging, and aortography in acute aortic dissection: International Registry of Acute Aortic Dissection (IRAD)**. *Am J Cardiol*. 2002;89(10):1235-8.
 23. Poelaert J, Goarin JP. Indications de l'échocardiographie Doppler chez les patients en état critique. In: Vignon P, Goarin JP, editors. *Echocardiographie Doppler en réanimation, anesthésia et médecine d'urgence*. Paris: Elsevier; 2002. p. 17-30.
 24. Voga G, Bennett D, Matamis D, Rhodes A, for the Section of Cardiovascular Hemodynamics, ESICM. The use of echocardiography in European intensive care units [Abstract] *Intensive Care Med*. 2002; 28(Suppl 1):S18.
 25. Vignon P, Dugard A, Abraham J, Belcour D, Gondran G, Pepino F, et al. Focused training for goal-oriented handheld echocardiography performed by noncardiologist residents in the intensive care unit. *Intensive Care Med*. 2007;33(10):1795-9.
 26. Breikreutz R, Walcher F, Seeger FH. **Focused echocardiographic evaluation in resuscitation management: concept of an advanced life support-conformed algorithm**. *Crit Care Med*. 2007;35(5 Suppl):S150-61.
 27. Hernandez C, Shuler K, Hannan H, Sonyika C, Likourezos A, Marshall J. C.A.U.S.E.: Cardiac arrest ultrasound exam--a better approach to managing patients in primary non-arrhythmogenic cardiac arrest. *Resuscitation*. 2008;76(2):198-206.
 28. Sloth E, Jakobsen CJ, Melsen NC, Ravn HB. The resuscitation guidelines in force-time for improvement towards causal therapy? *Resuscitation*. 2007;74(1):198-9.
 29. International Liaison Committee on Resuscitation. 2005 International Consensus on Cardiopulmonary Resuscitation (CPR) and Emergency Cardiovascular Care (ECC) Science With Treatment Recommendations. *Circulation*. 2005;112(22 Suppl):III-1-III-136.
 30. American Heart Association in collaboration with International Liaison Committee on Resuscitation. Guidelines 2000 for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation*. 2000;102(8 Suppl):I1-I384.
 31. Standards for cardiopulmonary resuscitation (CPR) and emergency cardiac care (ECC). 3. Advanced life support. *JAMA*. 1974;227(7) Suppl:852-60.
 32. Blaivas M, Fox JC. Outcome in cardiac arrest patients found to have cardiac standstill on the bedside emergency department echocardiogram. *Acad Emerg Med*. 2001;8(6):616-21.
 33. Salen P, Melniker L, Chooljian C, Rose JS, Alteveter J, Reed J, Heller M. Does the presence or absence of sonographically identified cardiac activity predict resuscitation outcomes of cardiac arrest patients? *Am J Emerg Med*. 2005;23(4):459-62.
 34. Salen P, O'Connor R, Sierzenski P, Passarello B, Pancu D, Melanson S, et al. Can cardiac sonography and capnography be used independently and in combination to predict resuscitation outcomes? *Acad Emerg Med*. 2001;8(6):610-5.
 35. Fox K. A position statement: echocardiography in the critically ill. On behalf of a Collaborative Working Group of the British Society of Echocardiography (BSE). *J Intensive Care Soc*. 2008;9(2):197-8.
 36. Price S, Via G, Sloth E, Guarracino F, Breikreutz R, Catena E, Talmor D; World Interactive Network Focused On Critical UltraSound ECHO-ICU Group. Echocardiography practice, training and accreditation in the intensive care: document for the World Interactive Network Focused on Critical Ultrasound (WINFOCUS). *Cardiovasc Ultrasound*. 2008;6:49.
 37. Boyd JH, Walley KR. The role of echocardiography in hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care*. 2009;15(3):239-43. Review.
 38. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harold C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physicians/La Société de Réanimation de Langue Française statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest*. 2009;135(4):1050-60.
 39. Feissel M, Michard F, Mangin I, Ruyer O, Faller JP, Teboul JL. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. *Chest*. 2001;119(3):867-73.
 40. Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, Teboul JL. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*. 2006;34(5):1402-7.
 41. Lamia B, Ochagavia A, Monnet X, Chemla D, Richard C, Teboul JL. Echocardiographic prediction of volume responsiveness in critically ill patients with spontaneously breathing activity. *Intensive Care Med*. 2007;33(7):1125-32.