

José Augusto Santos Pellegrini<sup>1</sup>, Ciro Leite Mendes<sup>2</sup>, Paulo César Gottardo<sup>3</sup>, Khalil Feitosa<sup>4</sup>, Josiane França John<sup>5</sup>, Ana Cláudia Tonelli de Oliveira<sup>6</sup>, Alexandre Jorge de Andrade Negri<sup>7</sup>, Ana Burigo Grumann<sup>8</sup>, Dalton de Souza Barros<sup>9</sup>, Fátima Elizabeth Fonseca de Oliveira Negri<sup>2</sup>, Gérson Luiz de Macedo<sup>10</sup>, Júlio Leal Bandeira Neves<sup>9</sup>, Márcio da Silveira Rodrigues<sup>10</sup>, Marcio Fernando Spagnóli<sup>11</sup>, Marcus Antonio Ferez<sup>12</sup>, Ricardo Ávila Chalhub<sup>13</sup>, Ricardo Luiz Cordioli<sup>14</sup>

1. Serviço de Medicina Intensiva, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre (RS), Brasil.
2. Serviço de Medicina Intensiva, Hospital Universitário Lauro Wanderley - João Pessoa (PB), Brasil.
3. Serviço de Medicina Intensiva, Hospital Nossa Senhora das Neves - João Pessoa (PB), Brasil.
4. Departamento de Medicina de Emergência, Hospital Geral de Fortaleza - Fortaleza (CE), Brasil.
5. Universidade do Vale do Rio dos Sinos - São Leopoldo (RS), Brasil.
6. Serviço de Medicina Intensiva, Hospital Nereu Ramos - Florianópolis (SC), Brasil.
7. Unidade de Terapia Intensiva Cardiovascular, Hospital Cardiopulmonar Instituto D'Or - Salvador (BA), Brasil.
8. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Universitário de Vassouras - Vassouras (RJ), Brasil.
9. Unidade de Terapia Intensiva, Hospital Geral Roberto Santos - Salvador (BA), Brasil.
10. Serviço de Emergência, Hospital de Clínicas de Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - Porto Alegre (RS), Brasil.
11. Serviço de Medicina Hospitalar, Hospital Mãe de Deus - Porto Alegre (RS), Brasil.
12. Centro de Terapia Intensiva, Hospital Beneficência Portuguesa - Ribeirão Preto (SP), Brasil.
13. Serviço de Ecocardiograma, Hospital Santo Antônio, Obras Sociais Irmã Dulce - Salvador (BA), Brasil.
14. Serviço de Terapia Intensiva, Hospital Israelita Albert Einstein - São Paulo (SP), Brasil.

**Conflitos de interesse:** Nenhum.

Submetido em 6 de setembro de 2022

Aceito em 12 de janeiro de 2023

**Financiamento:** Não houve aporte financeiro de nenhuma origem.

**Autor correspondente:**

José Augusto Santos Pellegrini  
Serviço de Medicina Intensiva  
Hospital de Clínicas de Porto Alegre  
Rua Ramiro Barcelos, 2.350  
CEP: 90035-903 - Porto Alegre (RS), Brasil  
E-mail: jpellegrini@hcpa.edu.br

**Editor responsável:** Felipe Dal-Pizzol

**DOI:** 10.5935/2965-2774.20230310-pt

# O uso da ecocardiografia à beira do leito no cuidado do paciente grave - um documento conjunto de consenso da Associação de Medicina Intensiva Brasileira, Associação Brasileira de Medicina de Emergência e Sociedade Brasileira de Medicina Hospitalar. Parte 2 - Aspectos técnicos

## RESUMO

A ecocardiografia do paciente grave tem se tornado fundamental na avaliação de pacientes em diferentes cenários e ambientes hospitalares. Entretanto, ao contrário de outras áreas relativas ao cuidado com esses pacientes, ainda não existem recomendações de sociedades médicas nacionais acerca do assunto. O objetivo deste documento foi organizar e disponibilizar opiniões de consenso de especialistas que possam auxiliar a melhor incorporação dessa técnica na avaliação de pacientes graves. Dessa forma, a Associação de Medicina Intensiva Brasileira, a Associação Brasileira de Medicina de Emergência e a Sociedade Brasileira de Medicina Hospitalar compuseram um grupo de 17 médicos para formular questões pertinentes ao tópico e debater a possibilidade de consenso de especialistas para cada uma delas. Todas as questões foram elaboradas no formato de escala Likert de cinco

pontos. Consenso foi definido, *a priori*, como um somatório de, ao menos, 80% das respostas entre um e dois ou entre quatro e cinco. A apreciação das questões envolveu dois ciclos de votação e debate entre todos os participantes. As 27 questões elaboradas compõem o presente documento e estão divididas em 4 grandes áreas de avaliação: da função ventricular esquerda; da função ventricular direita; diagnóstica dos choques e hemodinâmica. Ao fim do processo, houve 17 consensos positivos (concordância) e 3 negativos (discordância); outras 7 questões persistiram sem consenso. Embora persistam áreas de incerteza, este documento reúne opiniões de consenso para diversas questões relativas à ecocardiografia do paciente grave e pode potencializar seu desenvolvimento no cenário nacional.

**Descritores:** Ecocardiografia; Estado terminal; Função ventricular esquerda; Função ventricular direita; Choque; Hemodinâmica; Inquéritos e questionários

## INTRODUÇÃO

A ecocardiografia do paciente grave tem se tornado parte essencial do cuidado realizado nos mais diversos contextos, do ambiente pré-hospitalar até a unidade de terapia intensiva (UTI).<sup>(1)</sup> Sua utilização como ferramenta diagnóstica ou estratégia de monitorização tem ganhado aceitação em diferentes meios e, atualmente, é endossada por diversas entidades médicas internacionais.<sup>(2-4)</sup>

A avaliação ecocardiográfica constitui-se na segunda aplicação mais frequente da ultrassonografia nas unidades de terapia intensiva brasileira.<sup>(5)</sup> Zieleskiewicz et al.<sup>(6)</sup> reportaram prevalências ainda maiores em semelhante estudo europeu. A ampla utilização da ecocardiografia por médicos não ecocardiografistas está



relacionada a diversos aspectos relevantes, tanto do ponto de vista organizacional e educacional quanto de segurança e qualidade assistencial. Dessa forma, torna-se imperativo que associações médicas representativas das especialidades que utilizam a ecocardiografia para o cuidado do paciente grave analisem a evidência disponível, para que possam ser gerados posicionamentos que levem em consideração as peculiaridades do cenário nacional.

A opção pela elaboração de um documento em formato de consenso decorre de diversos fatores, como: a ampla utilização da ecocardiografia por não ecocardiografistas nos mais diversos ambientes em que se dá o cuidado com o paciente grave; a ampla variação na prática regional em diversos aspectos;<sup>(5)</sup> a demanda identificada pelas diferentes entidades médicas envolvidas de que haja uma orientação quanto às práticas de ensino e respectivas competências que envolvem o uso do ultrassom pelo médico não ecocardiografista, com potencial ganho de qualidade assistencial; a escassez de evidências de alta qualidade, para nortear o processo de escalonamento de recomendações, e a inexistência de um posicionamento semelhante no cenário nacional, que represente a realidade brasileira, em termos de organização do sistema de saúde, formação profissional e disponibilidade de equipamentos.<sup>(7)</sup>

O objetivo deste documento é organizar e disponibilizar opiniões de consenso de especialistas que possam auxiliar a esclarecer o papel da ecocardiografia à beira do leito realizada por médicos não ecocardiografistas responsáveis pela assistência e pela avaliação de pacientes graves. O presente texto é complementar àquele que aborda primariamente as competências recomendadas para o emprego dessa ferramenta. Apesar de demandas correlatas e altamente pertinentes, os autores entenderam que uma melhor definição de escopo de trabalho traria agilidade e consistência ao documento final.

## MÉTODOS

Esta é uma iniciativa colaborativa entre a Associação de Medicina Intensiva Brasileira (AMIB), a Associação Brasileira de Medicina de Emergência (ABRAMEDE) e a Sociedade Brasileira de Medicina Hospitalar (SOBRAMH).

O comitê foi inicialmente composto de representantes de cada uma das entidades e, posteriormente, estruturado por meio da indicação de representantes de cada uma das sociedades envolvidas. Cada membro indicado deveria ser profissional médico e ter reconhecida experiência no emprego do ultrassom para avaliação cardiovascular na sua prática clínica diária. O desenvolvimento prévio de pesquisa clínica nessa área de conhecimento e a prática do ensino do ultrassom para profissionais médicos ou estudantes

em formação foram critérios recomendados, embora não requisitos obrigatórios. O grupo final foi formatado em fevereiro de 2019 e consistiu de 17 consultores representantes das especialidades colaborativas e de diferentes regiões do Brasil. Todos os membros do grupo preencheram declaração de potenciais conflitos de interesse.

As questões foram selecionadas utilizando o método Delphi.<sup>(8)</sup> Dois dos autores elaboraram um conjunto de questões submetidas por meio eletrônico a três ciclos de apreciação pelo grupo. Um facilitador avaliou a concordância entre os indivíduos e forneceu retorno individual a cada um dos consultores sobre suas respostas e eventuais questionamentos. Entre o segundo e terceiro ciclo de consulta, não houve alterações no teor das questões, considerando-as, então, validadas. Não houve encontro presencial ou virtual para essa finalidade. As 27 questões validadas foram divididas em quatro grandes áreas, conforme similaridade entre os temas específicos: avaliação da função ventricular esquerda; avaliação da função ventricular direita; avaliação diagnóstica dos choques; e avaliação hemodinâmica. Para o seguimento do processo de consenso, foi utilizado, a partir daqui, o método Delphi modificado, conforme descrito a seguir.

Com o objetivo de compilar uma base teórica para a obtenção de respostas às questões escolhidas, foi realizada uma revisão sistemática na base de dados PubMed® para cada uma das quatro grandes áreas por dois autores, de forma independente. A estratégia de busca estruturada para uma das grandes áreas pode ser encontrada na íntegra no Apêndice 1. Cada autor reuniu estudos originais acerca dos temas de interesse, nos idiomas português e inglês, desde a data de início da base de dados até 15 de agosto de 2019, sendo a busca posteriormente atualizada em 1º de setembro de 2020. Não foram incluídos nos resultados da busca artigos de revisão, cartas ou editoriais, tampouco estudos em modelos experimentais. O conjunto da busca dos autores foi submetido à busca por duplicatas, devidamente excluídas. O conjunto de referências que constituiu o produto final de cada busca foi disponibilizado via *e-mail* aos integrantes do comitê. A apreciação adicional de referências dos artigos incluídos ou de buscas individuais de cada consultor foi permitida sempre que considerado necessário por cada integrante do comitê.

As questões foram disponibilizadas ao comitê por meio de formulário eletrônico (*Google Forms*). Todas as questões foram elaboradas no formato de escala Likert de cinco pontos: discordo fortemente (1), discordo (2), neutro (3), concordo (4), concordo fortemente (5). Para cada questão analisada, os membros do comitê levaram em consideração aspectos como consistência das evidências disponíveis,

análise de riscos e benefícios, custos associados, curva de aprendizado e demais barreiras para implementação da ecocardiografia à beira do leito em cada cenário específico. A obtenção de consenso foi definida, *a priori*, como um somatório de, ao menos 80%, das respostas entre um e dois ou entre quatro e cinco.

O facilitador avaliou a coerência das respostas obtidas de cada membro e, em caso de identificação de incoerência entre as respostas que sugerisse erro na compreensão do enunciado ou mesmo equívoco no preenchimento, enviou retornos individuais por *e-mail* como forma de conferência. As questões que não geraram consenso na primeira rodada de envios foram reencaminhadas aos membros do comitê consultivo para uma segunda rodada, realizada 4 semanas após a primeira. Ao término de cada rodada, todos os participantes receberam um sumário completo dos resultados da votação do grupo para cada questão avaliada, bem como de suas próprias respostas. As respostas individuais de cada membro foram mantidas em sigilo para os demais membros do comitê em todas as etapas do processo.

As questões que persistiram sem consenso após essa etapa foram submetidas a votação *on-line* em dois encontros virtuais realizados nos meses de outubro e novembro de 2020, que reuniram todos os participantes do comitê. Nessa etapa, os participantes tiveram a oportunidade de discutir as particularidades de cada uma das questões e argumentar a respeito de seu posicionamento. As atribuições do facilitador nessa etapa foram esclarecer eventuais dúvidas dos participantes e permitir que todos os participantes que assim o desejassem tivessem a oportunidade de se manifestar, sem que houvesse a necessidade de atingir-se um consenso para quaisquer questões e compilar os resultados das votações obtidas em cada uma das etapas.

Nos encontros virtuais, as questões ainda sem consenso nas duas primeiras etapas foram apresentadas aos participantes

de forma agrupada em dois momentos: questões próximas de consenso (quando mais de 60% das respostas estivessem concentradas em um a dois ou quatro a cinco) e questões distantes de consenso (quando as respostas estivessem distribuídas de tal forma que menos de 60% das respostas estivessem agrupadas em um a dois ou quatro a cinco). As votações foram também obtidas de forma anônima por meio da plataforma *on-line* Mentimeter ([www.mentimeter.com](http://www.mentimeter.com)). Após o resultado da votação *on-line*, questões que ainda não tinham atingido consenso poderiam ser submetidas a nova votação por uma única vez, desde que a maioria absoluta dos participantes concordasse.

## RESULTADOS

Todos os participantes responderam às questões pertinentes a cada uma das etapas, inclusive no encontro virtual, à exceção do facilitador. Dessa forma, a todas as questões se aplica o somatório de 16 respostas. No primeiro *round*, atingiu-se consenso para 14 das 27 questões, sendo 1 das 7 do domínio função sistólica de ventrículo esquerdo (VE), 3 das 6 do domínio função sistólica do ventrículo direito (VD), as 6 do domínio avaliação dos choques e 4 das 8 do domínio avaliação hemodinâmica. Na segunda rodada, outras duas questões atingiram consenso, restando 11 questões para discussão virtual entre os participantes. Ao fim de todas as etapas, houve 17 consensos positivos (concordância) e 3 negativos (discordância); outras 7 questões persistiram sem consenso entre os participantes, predominando os domínios função de VE e avaliação hemodinâmica (3 questões cada) (Tabela 1).

A fim de possibilitar ao leitor não familiarizado com a técnica de obtenção de imagens por meio da ecocardiografia uma melhor compreensão dos aspectos ora discutidos, descreveremos, a seguir, de forma sucinta, as principais janelas ecocardiográficas empregadas no exame à beira do leito.

**Tabela 1** - Questões abordadas e respectivos graus de concordância de acordo com a escala Likert de cinco pontos

	Etapa Consenso	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
<b>Avaliação da função sistólica do VE</b>						
1. A avaliação qualitativa da função global do VE é a maneira preferencial de avaliação do paciente grave pelo médico não especialista	1	0	0	0	1	15
			0%	0%		100%
2. A avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pode ser realizada pelo médico não especialista em situações selecionadas	2	1	2	0	4	9
			18,75%	0%		81,25%
3. O método de Simpson é o método de escolha para a avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pelo médico não especialista	3	11	2	0	1	2
			81,25%	0%		18,75%

Continua...

...continuação

	Etapa Consenso	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
4. A taxa de variação de pressão por intervalo de tempo (dP/dT) deve ser utilizado pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE	3	11	3	2	0	0
		87,5%		12,5%		0%
5. O método de Teichholz é o método de escolha para a avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pelo médico não especialista	Não	7	2	2	2	3
		56,25%		12,5%		31,25%
6. O MAPSE deve ser utilizado pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE	Não	1	1	3	5	6
		12,5%		18,75%		68,75%
7. A onda S' deve ser utilizada pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE	Não	3	3	3	4	3
		37,5%		18,75%		43,75%
<b>Avaliação da função sistólica do VD</b>						
8. Uma avaliação da função do VD deve ser rotineiramente realizada em situações de hipoxemia grave e SARA	1	0	0	1	2	13
		0%		6,25%		93,75%
9. Uma avaliação da função do VD deve ser rotineiramente realizada em casos de TEP	1	0	0	0	1	15
		0%		0%		100%
10. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio dos parâmetros de função sistólica global (dimensões VD/VE, dinâmica do septo interventricular)	1	0	0	0	2	14
		0%		0%		100%
11. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio da mensuração da FAC	3	10	3	2	0	1
		81,25%		12,5%		18,75%
12. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio da mensuração dos parâmetros de função longitudinal (TAPSE, onda S')	2	1	0	1	5	9
		6,25%		6,25%		87,5%
13. A avaliação da função do VD pelo não especialista pode ser realizada por meio da mensuração das pressões de câmaras direitas em situações selecionadas	Não	3	4	2	3	4
		43,75%		12,5%		43,75%
<b>Avaliação diagnóstica dos choques</b>						
14. A ecocardiografia à beira do leito deve ser rotineiramente utilizada na avaliação inicial dos choques	1	0	0	0	1	15
		0%		0%		100%
15. A ecocardiografia à beira do leito deve ser rotineiramente utilizada no seguimento dos choques e na reavaliação após instituição de terapias	1	0	0	0	1	15
		0%		0%		100%
16. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de hipovolemia grave como causa do choque	1	0	0	0	1	15
		0%		0%		100%
17. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de <i>cor pulmonale</i> como causa do choque	1	0	0	0	1	15
		0%		0%		100%
18. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de tamponamento cardíaco como causa do choque	1	0	0	0	0	16
		0%		0%		100%
19. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de disfunção ventricular esquerda grave como causa do choque	1	0	0	0	0	16
		0%		0%		100%

Continua...

...continuação

	Etapa Consenso	Discordo totalmente	Discordo	Neutro	Concordo	Concordo totalmente
<b>Avaliação hemodinâmica</b>						
20. A estimativa da pressão venosa central por meio da ecocardiografia pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave	3	1	0	2	3	10
		6,25%		12,5%		81,25%
21. A estimativa da pressão atrial esquerda por meio da ecocardiografia pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave	Não	3	3	1	3	6
		37,5%		6,25%		56,25%
22. A estimativa da água pulmonar extravascular por meio da ultrassonografia torácica pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave	1	2	0	0	2	12
		12,5%		0%		87,5%
23. As linhas B na ultrassonografia pulmonar podem ser utilizadas como medida de segurança para oferta de fluidos	1	0	1	2	4	9
		6,25%		12,5%		81,25%
24. A variabilidade da veia cava inferior deve ser utilizada como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade	Não	2	1	2	3	8
		18,75%		12,5%		68,75%
25. Os testes hemodinâmicos funcionais (minibólus e teste da oclusão respiratória final) devem ser utilizados como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade	Não	4	2	0	8	2
		37,5%		0%		62,5%
26. A manobra de elevação passiva das pernas deve ser utilizada como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade	1	0	1	0	6	9
		6,25%		0%		93,75%
27. A estimativa do DC por meio da medida da integral velocidade-tempo deve ser utilizada como ferramenta de avaliação hemodinâmica	1	0	0	0	5	11
		0%		0%		100%

VE - ventrículo esquerdo; dP/dT - taxa de variação de pressão por intervalo de tempo; MAPSE - Excursão sistólica do plano anular mitral (*Mitral annulus plane systolic excursion*); VD - ventrículo direito; SARA - síndrome da angústia respiratória aguda; TEP - tromboembolismo pulmonar; FAC - *fractional area change*; TAPSE - medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide; DC - débito cardíaco.

### Janela paraesternal longa (ou longitudinal)

Com o transdutor posicionado junto à borda esternal esquerda, no segundo ou terceiro espaço intercostal, e com o marcador direcionado para o ombro direito do paciente, podem-se identificar as principais estruturas visualizadas nessa janela: VD, septo interventricular, VE, parede inferolateral, valvas mitral e aórtica e átrio esquerdo (Figura 1). Através dessa incidência, é possível obter informações importantes, como a respeito da relação entre ventrículos direito e esquerdo e da função sistólica ventricular esquerda.

### Janela paraesternal curta (ou transversal)

Mantendo-se o transdutor posicionado no mesmo local onde foi obtida a incidência longitudinal, o examinador realizará uma rotação a aproximadamente 90°, direcionando agora o marcador para o ombro esquerdo do paciente (Figura 2). A depender da altura em relação ao VE em que o corte for obtido, diferentes estruturas poderão ser avaliadas. Ao nível da musculatura papilar, identificam-se os ventrículos direito e esquerdo; com uma leve inclinação cranial, soma-se a valva mitral. Num plano ainda mais cranial em relação

a esse, na altura da valva aórtica, podemos identificar átrio esquerdo, átrio direito, valva tricúspide, VD, valva pulmonar e, eventualmente, artéria pulmonar e seus ramos principais. A janela paraesternal curta tem entre suas principais aplicações a avaliação global e segmentar da função sistólica do VE, bem como da dinâmica entre ventrículos direito e esquerdo.

### Janela apical

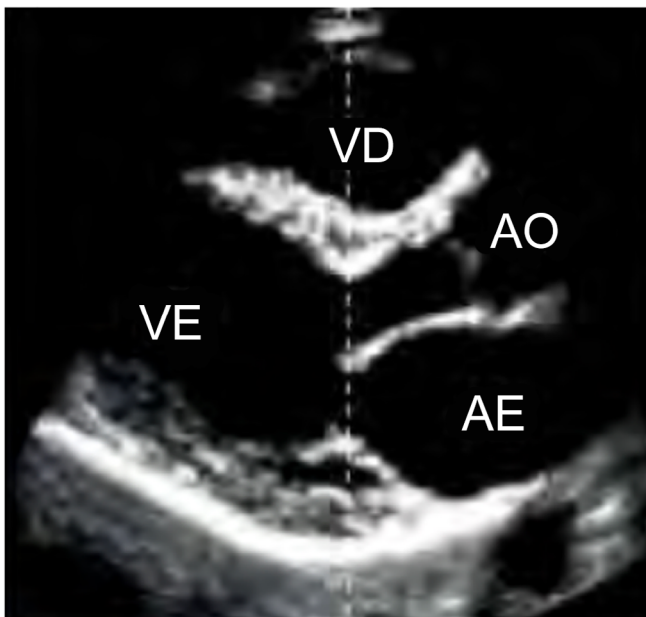
Posicionando-se o transdutor junto ao ápice cardíaco, ou aproximadamente no quinto ou sexto espaços intercostais, com o marcador apontando para o braço esquerdo do paciente, obtém-se o corte apical. Serão identificadas as 4 câmaras do coração - os dois átrios e os dois ventrículos (Figura 3). A janela apical é de fundamental importância para muitas das medidas quantitativas obtidas na ecocardiografia à beira do leito, por meio da aplicação de Doppler, pelo fato de proporcionar um melhor alinhamento do transdutor em relação aos fluxos sistólicos e diastólicos entre as câmaras cardíacas. Uma leve varredura cranial do transdutor proporcionará ao operador a visualização da via de saída do VE (conhecida como “quinta câmara”, caracterizando, agora, o corte apical de 5 câmaras).

O corte apical de 5 câmaras tem como suas principais aplicações a avaliação da morfologia e funcionalidade da valva aórtica e a obtenção da integral velocidade-tempo (IVT), empregado na estimativa do débito cardíaco (DC) obtido por meio da ecocardiografia.

### Janela subcostal

Com o transdutor posicionado cerca de 1 a 2cm abaixo do apêndice xifoide e o indicador ainda direcionado para o braço esquerdo do paciente pode-se obter o corte subcostal de 4 câmaras, em que se identificam, também, os dois átrios e dois ventrículos, embora em orientação diversa em relação àquela obtida nos cortes apicais (Figura 4). A avaliação das estruturas nessa incidência é limitada em alguns aspectos, principalmente por sua orientação em relação ao transdutor. Todavia, em pacientes submetidos à ventilação mecânica (VM) ou portadores de enfisema pulmonar, por exemplo, pode ser a alternativa que possibilita a melhor qualidade de imagem. Ainda, tem como característica possibilitar uma investigação de derrame pericárdico, justamente por sua abordagem na face dependente do coração.

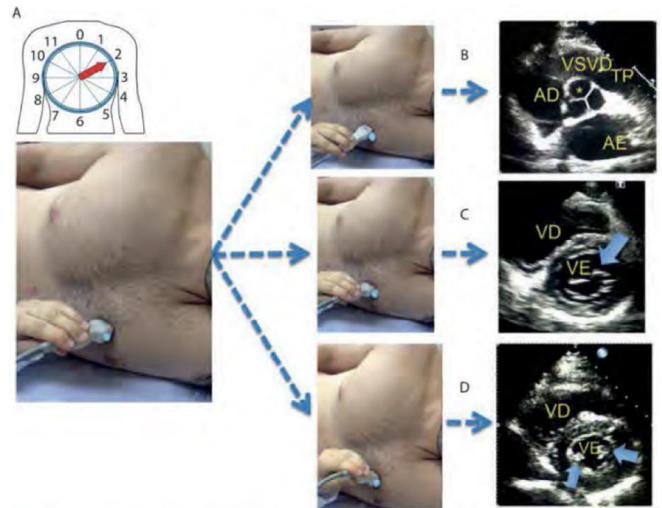
Por meio de leve varredura caudal, pode ser identificada a veia cava inferior (VCI) em incidência transversal. De outra forma, partindo-se da incidência subcostal com o átrio direito no centro da imagem, uma rotação do transdutor posicionando o indicador em direção à fúrcula esternal pode-se visualizar a VCI em situação longitudinal (Figura 5). Essas incidências possibilitam a avaliação de seu diâmetro bem como de seu grau de variação induzido pela ventilação.



**Figura 1** - Janela paraesternal longitudinal.

VD - ventrículo direito; VE - ventrículo esquerdo; AO - aorta; AE - átrio esquerdo.

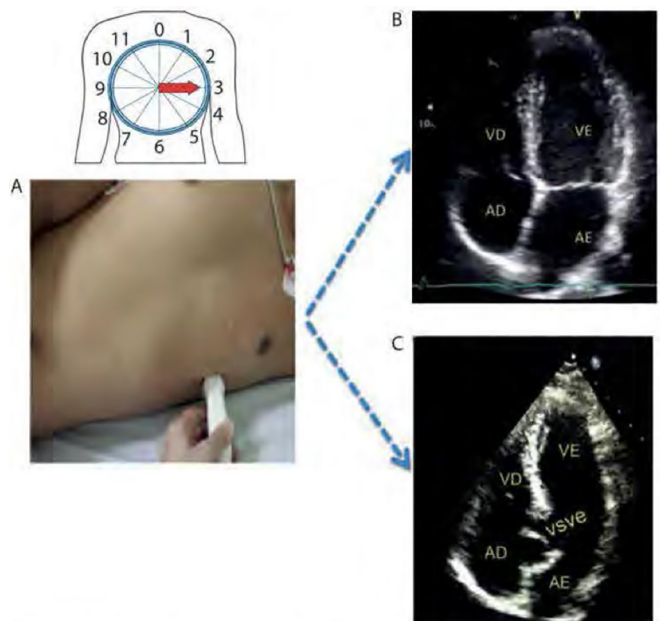
Fonte: adaptado de Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.



**Figura 2** - Diversos planos de observação na janela paraesternal transversal. (A) Paciente em decúbito lateral esquerdo. Transdutor no terceiro espaço intercostal esquerdo, com índice apontado para o ombro esquerdo (2 horas); (B) transdutor com ponta inclinada para cima para visualizar o corte ao nível da valva aórtica (ver asterisco); (C) transdutor menos inclinado, obtendo corte ao nível da valva mitral (ver seta); (D) transdutor com ponta inclinada para baixo, visualizando corte ao nível dos músculos papilares (ver setas).

VSVD - via de saída do ventrículo direito; TP - tronco da artéria pulmonar; AE - átrio esquerdo; AD - átrio direito; VD - ventrículo direito; VE - ventrículo esquerdo.

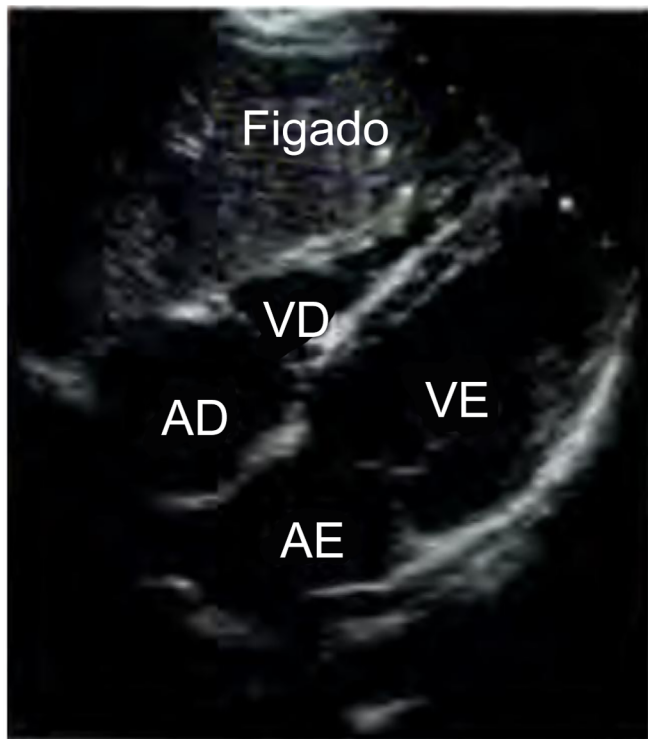
Fonte: Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.



**Figura 3** - Janela apical de 4 e 5 câmaras. (A) Paciente em semidecúbito lateral esquerdo (ligeiramente inclinado para o dorso). Transdutor no quinto espaço intercostal esquerdo, entre a linha médio-clavicular e a linha axilar anterior, com índice apontado para o braço esquerdo (3 horas). (B) Janela apical de 4 câmaras. (C) Janela apical de 5 câmaras: obtida a partir da janela apical de 4 câmaras, com a ponta do transdutor inclinada discretamente para cima, mantendo contato com a pele do paciente, na qual podem-se visualizar a valva aórtica e a via de saída do ventrículo esquerdo.

VD - ventrículo direito; VE - ventrículo esquerdo; AE - átrio esquerdo; AD - átrio direito; VSVE - via de saída do ventrículo esquerdo.

Fonte: Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.



**Figura 4** - Janela subcostal de 4 câmaras, onde pode-se visualizar também o fígado.

VD - ventrículo direito; VE - ventrículo esquerdo; AE - átrio esquerdo; AD - átrio direito.

Fonte: Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.



**Figura 5** - Janela subcostal da veia cava inferior.

VCI - veia cava inferior; VH - veia hepática; AD - atrio direito

Fonte: Acervo pessoal dos autores.

### Domínio 1 - Avaliação da função sistólica do VE

**1. A avaliação qualitativa da função global do VE é a maneira preferencial de avaliação do paciente grave pelo médico não especialista - concordância de 100%.**

**2. A avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pode ser realizada pelo médico não especialista em situações selecionadas - concordância de 81,25%.**

A avaliação qualitativa da função global do VE tem sido comumente empregada na avaliação do paciente crítico. Diversos autores denominaram *eye-balling* o ato de determinar a função ventricular por meio da impressão visual, sem o uso de qualquer método quantitativo. O *eye-balling* pode ser realizado de forma mais ágil do que os métodos quantitativos de referência,<sup>(9)</sup> prescindindo ainda do delineamento da borda endocárdica, o que pode ser trabalhoso e consumir tempo, mesmo em pacientes com janela ecocardiográfica favorável.

A maioria dos currículos publicados de capacitação em ultrassonografia do paciente grave recomenda a avaliação qualitativa da função do VE (ou mesmo binária - com ou sem disfunção) como método de escolha.<sup>(10)</sup> Melamed et al. identificaram uma boa correlação entre a categorização em níveis de fração de ejeção de intensivistas com breve treinamento de imersão utilizando equipamentos portáteis em comparação a ecocardiografistas utilizando equipamento convencional.<sup>(11)</sup> A precisão da avaliação realizada por meio dessa abordagem tende a ser maior<sup>(12)</sup> em comparação à avaliação quantitativa.

Os participantes foram unânimes em concordar que o método preferencial para avaliação da função sistólica ventricular esquerda deve ser qualitativo; entretanto, 81,25% concordam que o médico não especialista pode se valer da avaliação quantitativa em situações selecionadas. Kanji et al.,<sup>(10)</sup> em revisão sistemática de 15 estudos que avaliaram currículos de ultrassonografia para pacientes graves, reportaram que a correlação média encontrada entre não especialistas e ecocardiografistas para a avaliação qualitativa de função sistólica do VE é de 0,67.

**3. O método de Simpson é o método de escolha para a avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pelo médico não especialista - discordância de 81,25%.**

**4. A taxa de variação de pressão por intervalo de tempo (dP/dT) deve ser utilizado pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE - discordância de 87,5%.**

**5. O método de Teichholz é o de escolha para a avaliação quantitativa da função do VE do paciente grave pelo médico não especialista - sem consenso.**

6. **A excursão sistólica do plano anular mitral (MAPSE - *mitral annulus plane systolic excursion*) deve ser utilizado pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE - sem consenso.**
7. **A onda S' deve ser utilizada pelo médico não especialista para avaliação semiquantitativa da função sistólica do VE - sem consenso.**

A evidência que trata da avaliação do VE em pacientes críticos é bastante limitada, uma vez que a maioria dos estudos disponíveis a respeito incluiu pacientes portadores de doenças cardíacas estruturais, não necessariamente em vigência de doença aguda.

Bergenzaun et al.<sup>(13)</sup> avaliaram diversos parâmetros de avaliação da função sistólica do VE em uma população de pacientes críticos, em choque e mecanicamente ventilados. Todos os parâmetros estudados foram factíveis nessa população, embora o método de Simpson uniplanar não tenha sido passível de obtenção em 7% dos indivíduos (e tenha apresentado variabilidade intraobservador de até 10,6%). A estimativa qualitativa por *eye-balling* e a descida longitudinal do plano mitral (MAPSE) foram obtidas em 100% dos pacientes, sendo que o método *eye-balling* guardou boa correlação com Simpson durante todo o período do estudo.

O método de Simpson biplanar é amplamente considerado o padrão para avaliação quantitativa da fração de ejeção do VE.<sup>(14,15)</sup> Entretanto, embora possa fornecer informações úteis para a adequada avaliação da função ventricular esquerda, trata-se de um método que demanda tempo para sua realização; requer aquisição de imagens ecocardiográficas suficientemente precisas para o delineamento da borda endocárdica; apresenta significativa variabilidade intra e interobservador em paciente críticos<sup>(16)</sup> e demanda perícia do examinador em nível próximo àquele considerado do especialista em ecocardiografia. O método uniplanar pode ser considerado uma alternativa com boa correlação com o biplanar<sup>(17)</sup> e maior agilidade para sua obtenção.

A fórmula de Teichholz, embora muito utilizada previamente para converter diâmetros em volumes sistólico e diastólico (e, por conseguinte, a fração de ejeção), necessita também de boa resolução de imagem e adequado alinhamento das paredes do VE para sua aferição e tende a subestimar a repercussão de comprometimentos regionais da função ventricular, sobretudo em pacientes com cardiopatia estrutural.

O emprego de quaisquer das técnicas deve levar em consideração as limitações inerentes da própria fração de ejeção como parâmetro de função sistólica no paciente criticamente doente.<sup>(18)</sup> Variações agudas de volemia ou de pré e pós-

carga, por exemplo, podem alterar de forma significativa os valores de fração de ejeção sem que, necessariamente, isso implique efetiva mudança na função sistólica. Pelos motivos supracitados, o comitê não atingiu consenso nas questões relacionadas à aferição da fração de ejeção.

Em relação aos demais parâmetros de avaliação da função ventricular esquerda, nem o uso do MAPSE nem a mensuração da onda S' por meio do Doppler tecidual (Figura 6) foram objeto de consenso. Embora possam detectar alterações mais sutis na função ventricular,<sup>(19)</sup> predominam estudos em pacientes não críticos,<sup>(20,21)</sup> além de demandar um adequado alinhamento da imagem para evitar subestimativas. A medida do MAPSE pode constituir-se em alternativa viável em pacientes com janelas acústicas desfavoráveis.<sup>(22)</sup> Em pacientes em choque, a redução do MAPSE esteve correlacionada com a mortalidade em 28 dias.<sup>(23)</sup> Apesar dos aspectos favoráveis acima considerados, tanto a obtenção do MAPSE como da onda S' requerem determinado grau de perícia por parte do operador, para que não existam erros na aquisição da imagem e, assim, na sua interpretação e na posterior tomada de decisão. Acreditamos que a ausência de consenso verificada nesses tópicos esteja relacionada ao fato de se tratarem de medidas inerentemente quantitativas, em contraste àqueles parâmetros qualitativos e de avaliação subjetiva global que caracterizam a essência da ecocardiografia à beira do leito pelo médico não ecocardiografista.

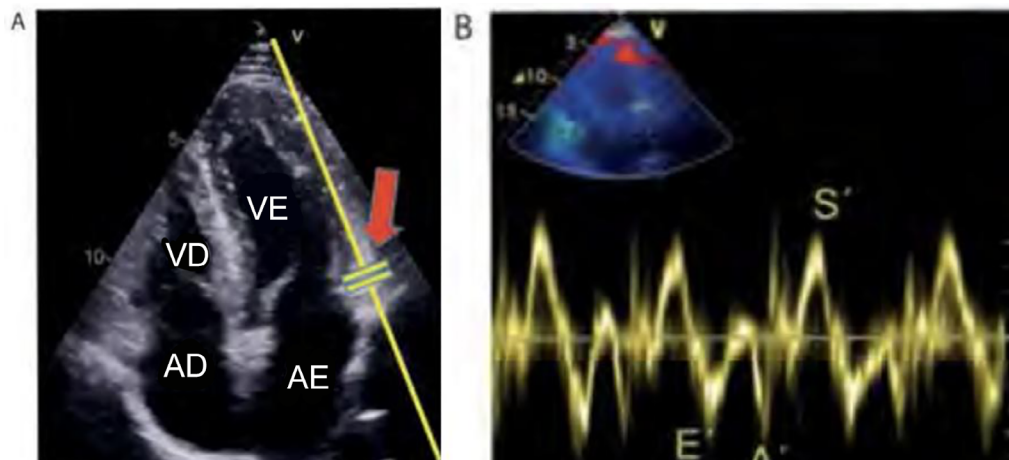
A avaliação por meio do dP/dT, embora há muito validada na população de indivíduos não críticos,<sup>(24,25)</sup> requer a identificação de fluxo de regurgitação mitral e carece de estudos no paciente agudamente enfermo, além de exigir do operador todos os quesitos de adequado alinhamento e resolução de imagem previamente descritos. Assim, os membros do comitê posicionaram-se contrariamente ao emprego rotineiro desse parâmetro pelo médico não especialista (discordância de 87,5%).

## Domínio 2 - Avaliação da função sistólica do VD

8. **Uma avaliação da função do VD deve ser rotineiramente realizada em situações de hipoxemia grave e síndrome da angústia respiratória aguda (SARA) - concordância de 93,75%.**
9. **Uma avaliação da função do VD deve ser rotineiramente realizada em casos de tromboembolismo pulmonar (TEP) - concordância de 100%.**

Desde Jardin et al.<sup>(26)</sup> a avaliação da função do VD tem recebido maior atenção, pelo seu papel fundamental em





**Figura 6** - Medida da onda S' do Doppler tecidual. (A) Posicionamento do cursor do Doppler tecidual na parede lateral do anel mitral (seta) na incidência apical de 4 câmaras. (B) Curva do Doppler tecidual em paciente com função sistólica normal, na qual podemos visualizar a onda sistólica e as ondas diastólicas E' e A'. Velocidade de pico da onda S' com amplitude normal (onda S' > 9cm/s).

VE - ventrículo esquerdo; AE - átrio esquerdo; AD - átrio direito; VD - ventrículo direito.

Fonte: adaptado de Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.

diferentes cenários comumente encontrados no cuidado do paciente grave. A primeira década do ano 2000 marca o incremento exponencial nas publicações envolvendo avaliação ecocardiográfica do VD no paciente crítico, reunindo interesse pelo seu papel à maior disponibilidade de máquinas portáteis nas unidades de terapia intensiva.<sup>(27)</sup>

A falência ventricular direita deve ser considerada como uma síndrome heterogênea, não uma condição específica. Embora a prevalência genérica de falência ventricular direita no paciente crítico não esteja estabelecida, alguns contextos parecem estar mais frequentemente associados. Pacientes hipoxêmicos por qualquer natureza, portadores de disfunção miocárdica associada à sepse e em choque estão sob risco aumentado de falência ventricular direita.<sup>(28)</sup>

A VM com pressão positiva, por si só, está associada ao comprometimento da função ventricular direita, destacando-se dentre os efeitos sobre o VD o aumento da pós-carga e a redução da pré-carga.<sup>(29)</sup> A magnitude dos efeitos da VM invasiva (VMI) sobre o VD está relacionada à complacência torácica, ao volume corrente e à pressão positiva expiratória final (PEEP - *positive end-expiratory pressure*) aplicada, dentre outros fatores. Fougères et al.<sup>(30)</sup> demonstraram que o incremento de PEEP de 5cmH<sub>2</sub>O para o valor médio de 13cmH<sub>2</sub>O (ou a maior PEEP para atingir-se 30cmH<sub>2</sub>O de pressão de platô) acompanhou-se de aumento do diâmetro diastólico final do VD, da resistência vascular pulmonar e da queda do DC.

A SARA é uma das situações clínicas que mais comumente representam desafios à função do VD, por meio do incremento agudo de pós-carga. Esses pacientes não apresentam apenas acometimento alveolar e hipoxemia, mas alterações estruturais

da circulação pulmonar que cursam com inflamação, vasoconstrição, edema e microtrombos, culminando em elevação da pressão arterial pulmonar.<sup>(31)</sup> A prevalência de *cor pulmonale* agudo tem sido reportada como de até 25% em pacientes portadores de SARA,<sup>(32,33)</sup> embora já tenha sido de até 60% quando as práticas de VM utilizavam volumes e pressões inspiratórias mais elevadas em relação à prática atual.<sup>(34)</sup>

Hipercapnia, elevação de *driving pressure* acima de 18mmHg e da pressão de platô estão associadas ao desenvolvimento de falência ventricular direita.<sup>(35)</sup> O fato de que a estratégia ventilatória parece interferir sobre o desempenho ventricular direito levou autores a postularem estratégias designadas como “protetora do VD”, limitando a pressão de platô, a *driving pressure* e a pressão parcial de dióxido de carbono (PaCO<sub>2</sub>), além de utilizar a ventilação prona quando esses objetivos não são atingidos. A ventilação prona parece associada a alívio das pressões do lado direito do coração, conforme demonstrado por Vieillard-Baron et al.<sup>(36)</sup> em estudo que incluiu 42 indivíduos portadores de SARA grave e verificou que tanto as dimensões do VD como a discinesia septal são atenuadas após uma sessão de 18 horas em posição prona; em consonância, Joswiak et al.<sup>(37)</sup> reportaram redução da relação VD:VE, redução do índice de excentricidade e incremento do DC.

A utilização de parâmetros dinâmicos para avaliação de responsividade a fluidos deve ser realizada com cautela nos pacientes com disfunção ventricular direita, uma vez que a chance de falsos-positivos aumenta nessa situação, e os efeitos de uma expansão volêmica podem resultar em deterioração hemodinâmica, por meio dos mecanismos de interdependência ventricular. A avaliação de parâmetros ecocardiográficos de função ventricular direita antes e após a oferta de volume

pode ser utilizada para descartar o desenvolvimento de falência aguda de VD.<sup>(29,38)</sup>

Pacientes portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) estão sob risco aumentado de desenvolver sobrecarga ventricular direita, sobretudo quando exacerbados e submetidos à VM. Até 80% dos portadores de DPOC apresentarão sinais de sobrecarga, seja ela de natureza crônica ou aguda.<sup>(39)</sup> Até um terço dos pacientes portadores de embolia pulmonar terão sinais de sofrimento ventricular direito;<sup>(40)</sup> prevalência semelhante pode ser encontrada no infarto inferior.<sup>(41)</sup> Independentemente da etiologia, a identificação de sofrimento ventricular direito no paciente crítico tem relevância prognóstica em contextos como SARA,<sup>(33)</sup> TEP<sup>(40)</sup> e infarto do miocárdio,<sup>(42,43)</sup> repercutindo em maior mortalidade.

Houve consenso de que o VD deva ser avaliado pelo médico não especialista nas situações de SARA e TEP (93,75% e 100%, respectivamente). Entretanto, a avaliação da funcionalidade do VD pode ser importante em diversos cenários frequentemente encontrados nas UTIs e nas salas de emergência. Acreditamos, porém, que o presente documento não tem o objetivo de esgotar as possibilidades diagnósticas da ecocardiografia à beira do leito; o estreitamento do escopo das questões formuladas favoreceu a compreensão dos membros do comitê e possibilitou o posicionamento consistente em diversas questões nesse e noutros domínios avaliados; e situações específicas, como, por exemplo, infarto ventricular direito, hipertensão pulmonar e cardiopatias congênitas, embora também frequentes, podem demandar avaliação da função ventricular direita em caráter especializado, estando na fronteira das possibilidades da ecocardiografia à beira do leito pelo médico não ecocardiografista.

Não surpreendentemente, em uma parcela considerável de pacientes críticos, não será possível qualquer avaliação da função ventricular direita por meio da abordagem transtorácica: Huang et al.<sup>(27)</sup> reportaram taxas de falha em se obterem mensurações adequadas de até 27% dos indivíduos avaliados.

A abordagem funcional do VD é desafiadora, tanto por sua conformação piramidal, quanto por sua situação anatômica retroesternal e condição dependente de pré-carga da maioria dos parâmetros utilizados para sua avaliação.<sup>(44)</sup> Ainda, a função ventricular direita pode sofrer influência direta de estratégias ventilatórias, expansão volêmica ou drogas vasoativas, tornando fundamental sua avaliação para o melhor tratamento do paciente gravemente enfermo.

A mensuração ideal das pressões das câmaras cardíacas direitas se dá de forma invasiva, tanto por meio da cateterização direita convencional, no laboratório de hemodinâmica, ou pela inserção de um cateter de artéria pulmonar, possibilitando, inclusive, monitorização contínua da pressão da artéria pulmonar. A ecocardiografia é uma alternativa bastante útil (e mesmo complementar) para avaliação das câmaras direitas, tanto

por seu caráter não invasivo como por possibilitar a integração de aspectos morfológicos, dimensões de câmaras e parâmetros funcionais.

Huang et al.<sup>(27)</sup> recentemente publicaram extensa revisão sistemática abordando todos os parâmetros de função ventricular direita descritos em pacientes críticos, na própria UTI, na sala cirúrgica ou no pronto-socorro, incluindo, em sua maioria, pacientes com TEP, SARA, pós-operatório de cirurgia cardíaca ou disfunção miocárdica associada à sepse. Prevaleram estudos de prognóstico (28%) e de associação entre variáveis (27%). A maior parte dos estudos (69%) utilizou um combinado de parâmetros para avaliar a função do VD. Embora a utilização de um parâmetro único resulte em maior simplicidade, cada parâmetro possui vantagens e limitações específicas, podendo não ser o ideal para aquela situação clínica ou paciente em questão.

Pode-se classificar os parâmetros de função ventricular direita entre aqueles que avaliam a função global, a função longitudinal e as pressões de câmaras direitas.

#### **10. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio dos parâmetros de função sistólica global (dimensões VD/VE, dinâmica do septo interventricular) - concordância de 100%.**

##### **Parâmetros de função global**

###### **Aferição das dimensões ventriculares direitas e VD/VE**

Embora valores de referência para as dimensões ventriculares direitas não estejam adequadamente validadas para pacientes sob VM, a comparação destas como o lado esquerdo pode servir de referência.

A planimetria da borda endocárdica de ambos os ventrículos no corte apical de 4 câmaras para mensuração de suas respectivas áreas pode ser utilizada para essa finalidade.<sup>(45)</sup> A relação entre as áreas de VD e VE é comumente utilizada na definição de *cor pulmonale*, com a movimentação septal anômala.<sup>(27)</sup> Em condições fisiológicas, a área diastólica do VD será de até 60% do VE (VD/VE até 0,6). Quando a área do VD superar 60% do VE, haverá dilatação ventricular direita, que será considerada grave se VD/VE for superior a 1 (VD maior que VE). Vieillard-Baron et al.<sup>(46)</sup> encontraram uma mortalidade de 25% em pacientes com SARA e relação de área de VD/VE superior a 1.

Também por meio do corte apical de 4 câmaras, é possível aferir a distância entre o septo interventricular e as inserções laterais dos anéis tricúspide e mitral e, dessa forma, obterem-se os diâmetros de VD e VE, respectivamente. Os mesmos parâmetros para VD/VE utilizados para a área poderão ser utilizados com os diâmetros. Medidas unidimensionais, no

entanto, podem ser de acurácia limitada em condições de aumento de pré e pós-carga ventricular direita.<sup>(47)</sup>

Na obtenção dessas medidas, cuidado especial deve ser empregado para que se meçam as maiores dimensões possível de VD, uma vez que distorções de angulação de janela são causas frequentes de subestimativa. Essas aferições devem ser realizadas ao fim da diástole ventricular, com as valvas atrioventriculares em sua abertura máxima.

### **Avaliação da dinâmica do septo interventricular**

O septo interventricular constitui-se como parte da estrutura anatômica do VE, devendo manter em conjunto com as demais paredes do VE uma conformação simétrica, de contratilidade sincrônica no eixo transversal. Isso, entretanto, depende da manutenção das relações pressóricas fisiológicas.

Em situações em que ocorra aumento das pressões do lado direito do coração, o septo interventricular pode ser rechaçado em direção ao VE, tornando-se retificado em parte ou na totalidade do ciclo cardíaco. A contração dissincrônica do septo em relação ao restante do VE é designada como movimento paradoxal e deve ser considerada sinal específico de aumento na pós-carga do VD. Até 22% dos pacientes com SARA apresentam movimentação septal paradoxal nos primeiros 3 dias de SARA.<sup>(35)</sup>

### **11. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio da mensuração do *fractional area change* (FAC) - discordância de 81,25%.**

#### ***Fractional area change***

Por meio da planimetria da borda endocárdica do VD ao fim da sístole e da diástole, é possível calcular sua alteração fracional, por meio da fórmula área diastólica - área sistólica/área diastólica. Valores de FAC < 35% indicam disfunção ventricular direita. A FAC está associada à fração de ejeção do VD, sendo inclusive utilizada em alguns estudos como parâmetro de comparação para outros índices.<sup>(48)</sup> *Fractional area change* reduzida guarda importância também prognóstica: esteve associada, independentemente de outros fatores, à mortalidade por todas as causas em pacientes pós-infarto do miocárdio.<sup>(49)</sup> Para a adequada mensuração, é necessária a delimitação manual e cuidadosa da borda endocárdica, partindo-se do anel tricúspide lateral, seguindo pela parede livre do VD até o anel tricúspide medial, o que pode ser tecnicamente desafiador em situações de posicionamento inadequado (quando o decúbito for exclusivamente dorsal), VMI e uso de equipamentos dedicados à beira do leito - nem sempre suficientes para a realização de medidas

ecocardiográficas avançadas. Ainda, note-se que, se por um lado, a medida incorpora a contratilidade septal (e, conseqüentemente, sofre influência do VE), a contribuição da via de saída do VD não será levada em consideração. Por esses motivos, os membros do comitê posicionaram-se contrários ao uso rotineiro deste parâmetro.

### **12. A avaliação da função do VD pelo não especialista deve ser realizada por meio da mensuração dos parâmetros de função longitudinal (medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide [*tricuspid annular plane systolic excursion* - TAPSE], onda S') - concordância de 87,5%.**

#### **Parâmetros de função longitudinal**

**Aferição da medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide**

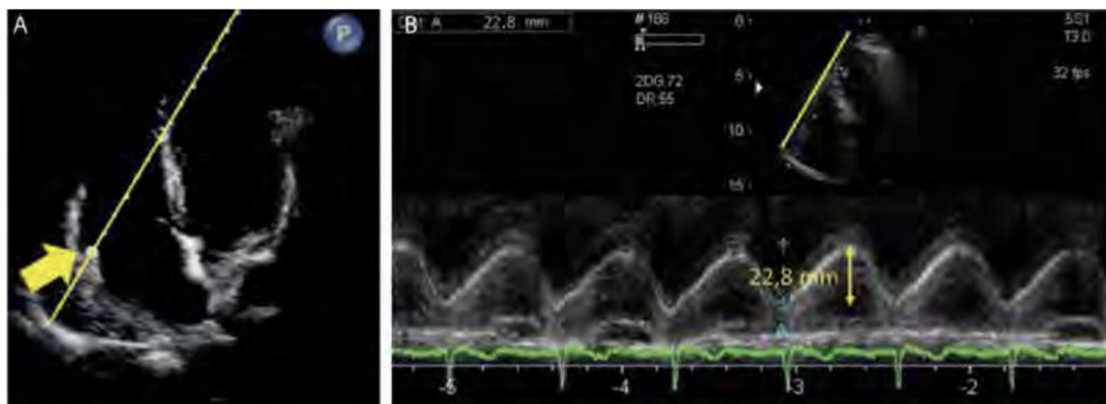
A disposição das fibras miocárdicas do VD segue uma orientação predominantemente longitudinal, em oposição ao VE, transversal. Dessa forma, o mecanismo principal de contração do VD se dá no eixo longo, da base em direção ao ápice. A medida do deslocamento máximo do plano tricúspide em direção ao ápice do VD pode ser aferida por meio do modo M (Figura 7).

O valor de TAPSE está relacionado à fração de ejeção do VD aferida por cintilografia miocárdica.<sup>(50)</sup> Quando abaixo de 17 mm, é sugestivo de disfunção ventricular direita e tem impacto prognóstico em diferentes cenários,<sup>(51-53)</sup> sendo preditor isolado de mortalidade em recente estudo de pacientes com SARA.<sup>(54)</sup> Deve-se atentar ao fato de que a TAPSE não fornece informações acerca da contratilidade regional e pode ser imprecisa nos casos de disfunção segmentar.

A TAPSE é o parâmetro mais frequentemente estudado no paciente crítico, possivelmente devido à simplicidade da aferição. É, no entanto, uma medida sujeita a distorções, sobretudo em relação ao eixo de medida e aos artefatos de movimento do coração e do próprio paciente. É essencial que se atente para o correto alinhamento do feixe ultrassônico com o eixo de contração longitudinal do VD, de modo a evitar subestimativas. Dessa forma, pode-se obter boa reprodutibilidade intra e interoperador.<sup>(27)</sup>

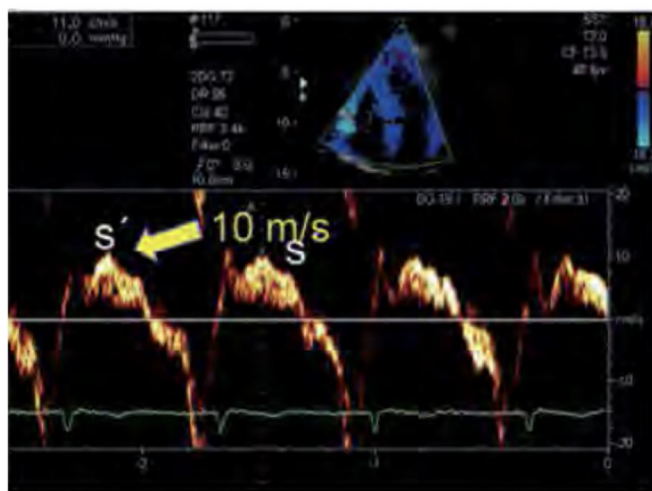
#### **Aferição da onda S' tricúspide**

De forma complementar à TAPSE, a aplicação do Doppler tecidual sobre o anel tricúspide, junto à sua inserção na parede livre do VD, permite a aferição da velocidade máxima de deslocamento do miocárdio em direção ao ápice, representando um parâmetro de função sistólica (Figura 8).



**Figura 7** - Medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide. (A) Posicionamento do cursor do modo M, ao nível da base lateral do anel tricúspide (seta), na janela apical de 4 câmaras. (B) Traçado do modo M em forma de onda representando a movimentação da base lateral do anel tricúspide durante o ciclo cardíaco. A fase ascendente do traçado corresponde à sístole. A medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide é obtida com a medida da altura da onda. Nesse paciente, a medida da excursão sistólica do plano do anel tricúspide é de 22,8mm (valor normal > 17mm).

Fonte: Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.



**Figura 8** - Doppler tecidual da velocidade de pico do deslocamento do anel tricúspide durante a sístole do ventrículo direito (onda S' tecidual).

Fonte: adaptado de Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.

Um valor de onda S' abaixo de 10 cm/s é considerado um indicativo de disfunção ventricular direita.

Assim como a TAPSE, deve-se atentar para os artefatos de movimento e de angulação do eixo longitudinal. Entretanto, é menos dependente da qualidade da imagem obtida em modo B, possibilitando mensurações mesmo com janelas limitadas.

Embora correlacionado às medidas de pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) obtidas por meio do jato de regurgitação tricúspide, é um método que ainda carece de validação em comparação com medidas invasivas por meio do cateterismo cardíaco direito.<sup>(55)</sup> No paciente criticamente enfermo, a aferição da onda S' não é tão amplamente utilizada

como a TAPSE, mas foi associada à VM prolongada,<sup>(56)</sup> à gravidade da sepse e ao seu prognóstico.<sup>(57)</sup>

### 13. A avaliação da função do VD pelo não especialista pode ser realizada por meio da mensuração das pressões de câmaras direitas em situações selecionadas - sem consenso.

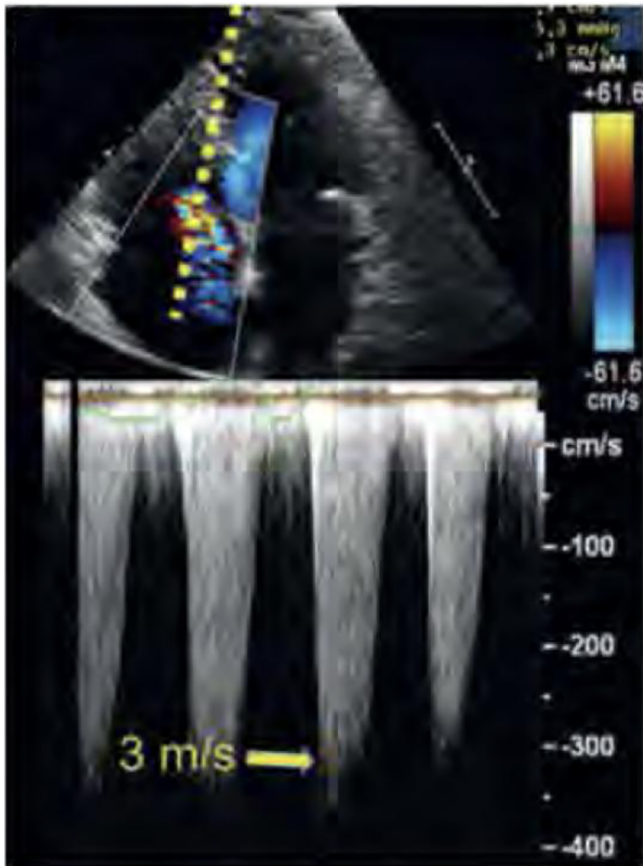
#### Pressões de câmaras direitas

Pressão sistólica da artéria pulmonar por meio do jato regurgitante tricúspide

Diferentemente da valva mitral, a valva tricúspide pode dilatar-se no seu eixo lateral em resposta a elevações de pressão a jusante, descomprimindo um VD sob sobrecarga pressórica, embora possa resultar em congestão a montante e redução da pré-carga ventricular esquerda.<sup>(28)</sup> A avaliação do jato regurgitante tricúspide fornece informações acerca do grau de elevação das pressões no leito arterial pulmonar: via de regra, a velocidade máxima de refluxo tricúspide é diretamente proporcional à pressão arterial pulmonar. Uma velocidade de regurgitação inferior a 2m/s é considerada normal (Figura 9).<sup>(58)</sup>

Com o emprego do Doppler contínuo alinhado ao eixo do jato regurgitante, a equação de Bernoulli simplificada [ $4 (V_{\text{máx}})^2$ ] permite o cálculo do gradiente pressórico a partir da mensuração direta da velocidade máxima de regurgitação.<sup>(59)</sup> Esse gradiente deve ser, então, somado à pressão atrial direita (PAD), para que resulte na estimativa de PSAP (ver Domínio 4, Avaliação hemodinâmica - Estimativa de pressão venosa central).

A concordância entre a medida de PSAP por meio da equação de Bernoulli e o cateterismo direito é, no entanto,



**Figura 9** - Estimativa da velocidade máxima do refluxo tricúspide (em torno de 3m/segundo). Observar que, primeiramente, devemos localizar o jato com o Doppler colorido. Em seguida, alinhamos o cursor do Doppler (linha tracejada) com o jato e selecionamos a função de Doppler contínuo. Em seguida, no registro das velocidades, aparecerá uma curva contínua.

Fonte: adaptado de Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.

moderada,<sup>(60)</sup> uma vez que esse método presume que haja uma transformação direta de energia potencial (gradiente pressórico) em energia cinética (pico de velocidade do jato de regurgitação tricúspide). Em situações em que essa relação esteja alterada, a estimativa de pressão pode ser consequentemente afetada. Jatos regurgitantes excêntricos ou pacientes com AD pequeno podem ter subestimado o real pico pressórico; ainda, fatores como dilatação acentuada do anel tricúspide (e consequente refluxo contínuo VD-AD, com potencial equalização das pressões), bem como disfunção sistólica ventricular direita, implicam risco de subestimativa nas medidas dependentes da análise do fluxo de regurgitação tricúspide. Da mesma forma, policitemia ou anemia grave podem interferir na viscosidade sanguínea e resultar em subestimativa ou superestimativa, respectivamente.<sup>(61)</sup> Levando em consideração que o fator velocidade de regurgitação será elevado ao quadrado, pequenos erros de aferição resultarão em medidas substancialmente distintas.

Cabe salientar que a maior parte dos estudos que analisaram a concordância entre parâmetros ecocardiográficos e medidas invasivas da PSAP foram realizados em pacientes estáveis, em ventilação espontânea. Nas situações em que houver hiperinsuflação pulmonar (VM ou DPOC, por exemplo), a acurácia desses parâmetros é menos conhecida. Arcasoy et al.<sup>(62)</sup> reportaram desvios significativos dessa medida em pacientes portadores de doença pulmonar avançada em lista para transplante pulmonar. Em pacientes críticos submetidos à VMI e monitorização com cateter de artéria pulmonar, Bouhemad et al.<sup>(63)</sup> reportaram correlação significativa, com  $r = 0,74$  entre a regurgitação tricúspide e a PSAP; mais recentemente, Mercado et al.<sup>(64)</sup> reportaram correlação significativa, com  $r = 0,87$  com a PSAP e 100% de acurácia para identificação de hipertensão pulmonar.

A proporção de pacientes nos quais é factível realizar a avaliação do refluxo tricúspide se situa em torno de 75% em pacientes ambulatoriais<sup>(65)</sup> e entre 60 e 70% em pacientes críticos sob VM,<sup>(63,64)</sup> pela presença de obstáculos como janela cardíaca insuficiente e hiperinsuflação.<sup>(66)</sup> A efetiva ausência de regurgitação tricúspide, apesar de impossibilitar essa abordagem, não descarta elevação da pressão arterial pulmonar: em torno de 20% dos pacientes com PSAP acima de 35mmHg não terão refluxo tricúspide; dentre aqueles com PSAP acima de 50, até 95% terão jato regurgitante detectável.<sup>(60)</sup>

### Pressão média da artéria pulmonar

A pressão média da artéria pulmonar (PMAP) é um parâmetro essencial para o cálculo da resistência vascular pulmonar, além de ser representativa na avaliação de cenários em que haja suspeição de hipertensão pulmonar. A PMAP pode ser obtida de diferentes formas por meio da ecocardiografia, destacando-se a avaliação do jato regurgitante pulmonar, a obtenção da IVT por meio da planimetria do jato regurgitante tricúspide e a mensuração do tempo de aceleração (TAC) da valva pulmonar.

No corte paraesternal de eixo curto, ao nível da base cardíaca, a aplicação do Doppler colorido pode identificar um jato regurgitante partindo da valva pulmonar. A aplicação do Doppler contínuo permitirá, assim, o cálculo da velocidade máxima de regurgitação e do gradiente entre a artéria pulmonar e o VD. Esse gradiente, somado à PAD, resultará na estimativa da PMAP.<sup>(67,68)</sup> Entretanto, essa medida será factível apenas em torno de 25% das situações envolvendo pacientes criticamente doentes.<sup>(64)</sup>

No mesmo corte, por meio da aplicação do Doppler pulsado imediatamente proximal à valva pulmonar, pode-se obter o TAC da valva pulmonar, definido como o tempo

necessário para que o fluxo da via de saída do VD atinja sua velocidade máxima. Quanto mais curto o TAC, maior será a pressão arterial pulmonar. Um valor acima de 130 milissegundos será considerado normal, enquanto um valor abaixo de 105 milissegundos sugere hipertensão pulmonar.<sup>(69,70)</sup> A PMAP poderá ser estimada por meio da fórmula  $90 - (0,62 \times \text{TAC})$ . Alterações de frequência cardíaca podem limitar a acurácia dessa medida, embora para valores de PMAP acima de 25mmHg a precisão pareça estar mantida.<sup>(71)</sup> A identificação de um entalhe sistólico no fluxo de ejeção indica aumento de resistência vascular pulmonar e sugere a possibilidade de mecanismo pré-capilar.<sup>(72)</sup>

O TAC é uma medida que depende da pré-carga do VD, da sua contratilidade, da resistência vascular pulmonar e dos intrincados mecanismos entre esses fatores. A reprodutibilidade da medida do TAC no paciente crítico é, portanto, limitada a estudos pontuais e com desempenho insatisfatório.<sup>(64)</sup> Na abordagem transtorácica do paciente sob VM, o correto alinhamento com o fluxo da via de saída do VD pode ser problemático, podendo a via transesofágica constituir-se numa alternativa viável.

Na avaliação do jato regurgitante tricúspide, Aduen et al.<sup>(73)</sup> propuseram um método adicional para estimativa da PMAP, por meio da planimetria do jato regurgitante. O gradiente médio resultante será simplesmente somado à PAD e resultará em estimativa da PMAP, com acurácia aproximada de 80% em relação às medidas obtidas por cateter de artéria pulmonar.<sup>(74)</sup> Esse método foi posteriormente reproduzido por Laver et al.<sup>(75)</sup> em uma população de 53 pacientes críticos submetidos à cateterização de artéria pulmonar. Embora a diferença média entre as medidas de PMAP tenha sido de apenas 1,9mmHg, em apenas 43% dos pacientes foi possível obter a planimetria do jato para aplicação dessa técnica, limitando sua aplicabilidade.

Os participantes do comitê não obtiveram consenso em relação ao emprego da estimativa das pressões de câmaras direitas por meio da ecocardiografia à beira do leito pelo médico não ecocardiografista. Se, por um lado, existe o reconhecimento de que se tratam de parâmetros há muito utilizados na prática clínica e diretamente relacionados à fisiologia do paciente grave e até mesmo ao cálculo de variáveis hemodinâmicas tradicionais (p. ex., resistência vascular pulmonar), por outro, há incertezas acerca da sua precisão no cenário específico da emergência e da terapia intensiva e carência de validação de muitos desses parâmetros em pacientes instáveis. Ainda, fatores como janelas ecocardiográficas insuficientes, uso frequente de VMI e necessidade de habilidades avançadas por parte do examinador para a realização de diferentes medidas quantitativas limitam a aplicabilidade dessas medidas em caráter abrangente.

### Domínio 3 - Avaliação diagnóstica dos choques

14. A ecocardiografia à beira do leito deve ser rotineiramente utilizada na avaliação inicial dos choques - concordância de 100%.
15. A ecocardiografia à beira do leito deve ser rotineiramente utilizada no seguimento dos choques e na reavaliação após instituição de terapias - concordância de 100%.
16. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de hipovolemia grave como causa do choque - concordância de 100%.
17. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de *cor pulmonale* como causa do choque - concordância de 100%.
18. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de tamponamento cardíaco como causa do choque - concordância de 100%.
19. A ecocardiografia à beira do leito contribui para o reconhecimento de disfunção ventricular esquerda grave como causa do choque - concordância de 100%.

Este domínio foi o único a atingir consenso positivo e de 100% para todas as seis questões avaliadas - todas elas no primeiro *round* de respostas por formulário eletrônico.

O uso da ecocardiografia à beira do leito faz-se útil no estudo do choque e deve ser utilizada na avaliação inicial, de forma a auxiliar no entendimento dos mecanismos da instabilidade hemodinâmica. A análise ecográfica permitirá avaliar sinais de hipovolemia grave, *cor pulmonale*, disfunção ventricular esquerda grave ou a presença de derrame pericárdico significativo, sendo uma ferramenta potencialmente associada com redução de tempo para diagnóstico.<sup>(76,77)</sup>

O choque hipovolêmico será caracterizado por um baixo DC devido a volume sistólico reduzido. São visualizadas cavidades com dimensões reduzidas, pressões de enchimento baixas, e, por vezes, também é visualizado ao fim de cada sístole o encostar de suas paredes umas nas outras, sinal descrito como *kissing walls* ou sinal de obliteração sistólica. A VCI normalmente encontra-se colabada e com intensa variação ao ciclo respiratório.

A falência ventricular direita pode acontecer em algumas situações críticas como embolia pulmonar maciça e síndrome de angústia respiratória do adulto devido ao uso de pressões ventilatórias elevadas para manter oxigenação compatível

com a vida.<sup>(46)</sup> O VD sofre dilatação e disfunção sistólica subsequente a esses aumentos gradativos de pressões na sua pós-carga, levando ao choque obstrutivo em última manifestação. Se a pressão do lado direito tornar-se maior que a esquerda, ocorrerá o movimento paradoxal do septo interventricular para a esquerda, além da dilatação da câmara direita cada vez maior. Esses dois achados juntos compõem o que chamamos de *cor pulmonale*. Podemos ainda observar, em caso de *cor pulmonale* agudo, presença de alteração segmentar das paredes do VD com a presença de hipocinesia ou acinesia da parede lateral com contração normal do ápice. Em caso de choque com suspeita de embolia pulmonar, o uso combinado de ultrassom venoso e dilatação ventricular direita ao ecocardiograma aumentou a especificidade do diagnóstico de TEP.<sup>(78)</sup>

A presença de conteúdo hipoeoico ao redor do coração é indicativo de acúmulo de líquido pericárdico. A velocidade de acúmulo desse líquido pericárdico dita quanto de líquido acumulado será necessário para causar o colapso circulatório por tamponamento. Derrames crônicos contam com ajuste de complacência pericárdica e podem chegar a grandes volumes de efusão antes do colapso. Derrames agudos, como hemopericárdio, chegam mais rapidamente ao colapso por tamponamento, e cerca de 50 a 100mL de sangue são suficientes para causar choque. A identificação do tamponamento em tempo hábil pode alterar significativamente o tratamento do paciente em choque. O colapso sistólico do AD, somado ao colapso diastólico do VD, é o sinal mais precoce. A VCI torna-se túrgida e sem variações. Outros sinais que podem ser identificados incluem a variação de fluxo aórtico, mitral e tricúspide. A variação inspiratória de maior que 25% medida pelo Doppler pulsado ao nível da valva mitral e a mesma medida maior que 40% ao nível da valva tricúspide são positivas para o diagnóstico de tamponamento pericárdico. Outro sinal que pode estar presente é o balançar do coração em meio ao líquido, chamado de *swinging heart*, indicando que, muito provavelmente, haja tamponamento cardíaco, quando em vigência de instabilidade hemodinâmica.

A utilização de parâmetros relacionados à função ventricular esquerda - notadamente o *eye-balling* - no paciente em choque pode rapidamente descartar o mecanismo cardiogênico. Quando associada a estados de alto débito e redução da pós-carga, entretanto, a disfunção ventricular esquerda pode passar incógnita, sendo evidenciada apenas após o restabelecimento da volemia.<sup>(79)</sup>

Uma situação clínica que merece menção é a obstrução dinâmica da via de saída do VE. Encontrada em até 20% de pacientes portadores de choque séptico, constitui-se numa situação associada com elevada mortalidade na UTI<sup>(80)</sup> e que pode alterar significativamente o tratamento do paciente em instabilidade hemodinâmica, direcionando a linha de

tratamento de vasoconstritores sistêmicos e agentes inotrópicos e cronotrópicos, por exemplo, para controle de frequência cardíaca e manutenção da euvolemia ou mesmo administração de alíquotas de expansão volêmica. Sendo uma ocorrência por vezes desconhecida *a priori* ou mesmo de instalação aguda quando da doença crítica,<sup>(81)</sup> torna-se essencial ao intensivista habilitado em ecocardiografia de nível avançado seu reconhecimento.

O protocolo *Rapid Ultrasound for Shock and Hypotension* (RUSH) consiste na avaliação de coleções líquidas nos seios costofrênicos e pelve, além da aorta abdominal e propriamente da função cardíaca, por meio das visualizações paraesternal, apical e subxifoide.<sup>(82)</sup> Bagheri-Hariri et al.,<sup>(83)</sup> avaliando pacientes em choque na sala de emergência, reportaram um coeficiente de correlação de 0,84 entre o resultado do protocolo RUSH e o diagnóstico de referência final. Recente revisão sistemática identificou quatro estudos originais que avaliaram o desempenho diagnóstico do protocolo RUSH.<sup>(84)</sup> O *likelihood ratio* positivo variou entre 8,25 (para choque hipovolêmico) e 40,54 para choque obstrutivo; o *likelihood ratio* negativo esteve entre 0,13 (para choque obstrutivo) e 0,32 (para choque de etiologia mista). De maneira geral, o protocolo obteve melhor desempenho para corroborar do que para excluir mecanismos possíveis de choque.

O emprego da avaliação ecocardiográfica na avaliação do paciente em choque pode alterar significativamente as condutas adotadas. A terapia de pacientes em choque guiada pela ecocardiografia tende a estar associada à menor utilização de fluidos e ao maior reconhecimento de disfunção ventricular esquerda - e, conseqüentemente, ao uso de inotrópicos.<sup>(85,86)</sup> O emprego da ecocardiografia no paciente em choque tem sido inclusive associado a melhores desfechos clínicos em estudos observacionais.<sup>(86,87)</sup>

#### Domínio 4 - Avaliação hemodinâmica

A avaliação de volemia em pacientes criticamente doentes é tarefa complexa e que requer uma abordagem integrativa e multimodal. O emprego do ultrassom nesse contexto deve ser encarado da mesma forma, buscando-se diferentes ferramentas para que, por meio da correlação clínico-ecocardiográfica, o examinador possa obter a informação mais representativa. Esse tema talvez tenha sido o que mais sofreu alterações ao longo dos últimos anos em relação à avaliação do estado volêmico e a respeito de como utilizar parâmetros ultrassonográficos para avaliação de fluido-responsividade.

São componentes importantes da volemia passíveis de serem avaliados a estimativa das pressões de enchimento, tanto do lado direito (pressão venosa central) como do lado esquerdo do coração (pressão de oclusão da artéria pulmonar - POAP), e a estimativa da água pulmonar extravascular (APEV).

Via de regra, a avaliação do estado volêmico leva em consideração variáveis denominadas coletivamente como estáticas, obtidas em um determinado momento, fornecendo dados sobre pressões de câmaras cardíacas que não informam diretamente acerca do potencial de responsividade a fluidos<sup>(88,89)</sup> e refletem interações complexas da fisiologia cardiopulmonar. São exemplos de variáveis estáticas a PAD e a POAP. Para avaliação de fluido-responsividade devem ser empregados parâmetros específicos (dinâmicos), abordados nas seções subsequentes.

**20. A estimativa da pressão venosa central por meio da ecocardiografia pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave - concordância de 81,25%.**

A estimativa de pressão venosa central - ou PAD - é parte da compreensão do estado volêmico e hemodinâmico do paciente crítico, sendo determinada sobretudo pelo retorno venoso e pela função ventricular direita. Via de regra, a incorporação da medida de PAD ao contexto clínico não deve ser feita de forma isolada, mas levando em consideração todo o restante da avaliação hemodinâmica. Dentre outros cenários, o conhecimento do valor de PAD é relevante tanto para o manejo hemodinâmico do paciente em choque<sup>(90)</sup> como para a determinação das pressões do lado direito do coração, uma vez que, sobre ela, impõe-se o gradiente VD-AD.

A PAD pode ser estimada por meio da ecocardiografia por meio da avaliação da VCI, de acordo com a fase do ciclo respiratório. Por se tratar de um vaso altamente complacente, colapsável e contíguo, a VCI reflete diretamente alterações de volume e pressão de enchimento do AD.<sup>(91)</sup> Ainda, a VCI mantém sua mecânica inalterada pelas respostas compensatórias à perda de volume circulante ou infusão de vasoconstritores.<sup>(92)</sup>

O diâmetro da VCI deve ser aferido com o paciente em posição supina, por meio do corte subcostal de 4 câmaras, por sua visão longitudinal, a uma distância de 0,5 a 2cm de sua inserção no AD, tomando-se a precaução de manter o alinhamento mais perpendicular possível com as paredes da VCI de modo a obter a medida mais fiel. Medidas em decúbito lateral direito ou esquerdo podem alterar significativamente o diâmetro da VCI.<sup>(93)</sup> Alguns autores avaliaram a indexação do diâmetro de VCI à superfície corporal, com resultados inconsistentes.<sup>(94-99)</sup> A correlação interobservador do diâmetro de VCI varia entre 0,56 e 0,81 e tende a ser mais precisa à medida que o examinador acumula experiência.<sup>(99-101)</sup>

A metodologia precisamente utilizada para aferição do diâmetro da VCI variou consideravelmente entre os estudos que avaliaram o desempenho dessa técnica. Enquanto alguns autores buscaram relacionar o diâmetro diastólico da VCI com a PAD,<sup>(93-95,102-104)</sup> outros avaliaram o chamado índice de colapsabilidade (diâmetro máximo - diâmetro mínimo/diâmetro máximo).<sup>(91,105,106)</sup> As correlações (coeficiente  $r$ ) reportadas entre a PAD e o diâmetro diastólico se situam entre 0,72 e 0,86; em relação ao índice de colapsabilidade, entre 0,57 e 0,76. Stawicki et al.<sup>(107)</sup> reportaram uma correlação inversa entre uma variação de 3,3% no índice de colapsabilidade e 1mmHg na PAD.

A acurácia desses parâmetros para predição do valor específico de PAD, entretanto, é limitada,<sup>(97,105,106,108)</sup> devido à significativa sobreposição de pacientes com PAD normal e elevada e VCI dilatada, bem como à capacidade limitada da VCI de se dilatar em resposta a incrementos de PAD; a identificação de VCI dilatada pode sugerir PAD elevada, mas não pode identificar a magnitude dessa elevação.<sup>(109)</sup> Valores extremos de diâmetro de VCI, entretanto, podem ser úteis em situações selecionadas. Quando inferiores a 12mm, estão relacionados à PAD inferior a 10mmHg em pacientes sob VMI,<sup>(103)</sup> com alta especificidade, ainda que às custas de baixa sensibilidade.

Uma série de contextos clínicos pode resultar em dilatação de VCI sem elevação associada de PAD. Atletas<sup>(110)</sup> ou pacientes com grande superfície corporal, da mesma forma, podem ter dilatação espúria de VCI. Ainda, pacientes portadores de hipertensão portal ou intra-abdominal de outra natureza, portadores de asma ou DPOC exacerbada, dentre uma série de situações,<sup>(111)</sup> podem ter limitações à adequada avaliação do comportamento da VCI.

Notadamente, pacientes sob VMI podem ter VCI dilatada tão somente em decorrência de pressão positiva intratorácica. A correlação entre o diâmetro da VCI e a PAD é maior naqueles pacientes em ventilação espontânea ( $r = 0,97$ ) em comparação àqueles mecanicamente ventilados ( $r = 0,59$ ).<sup>(108)</sup> Dessa forma, a estimativa de PAD por meio da análise da VCI deve ser prioritariamente utilizada em pacientes em ventilação espontânea (pressão intratorácica inspiratória negativa). Nessa população, Dipti et al.,<sup>(112)</sup> em metanálise de cinco estudos na sala de emergência, reportaram que o diâmetro máximo da VCI é consistentemente menor em pacientes hipovolêmicos em comparação com os euvolêmicos. Em pacientes dispnéicos na sala de emergência, a análise do diâmetro da VCI foi a medida ultrassonográfica mais acurada para a identificação de etiologia cardíaca.<sup>(113)</sup>

A diretriz da *American Society of Echocardiography* propõe que, por meio da integração do grau de colapso inspiratório



e seu diâmetro, pode-se atribuir um determinado valor de PAD. O grau de colapso da VCI deve ser expressado de forma percentual e dicotômica (inferior ou superior a 50%). Salienta-se que essa técnica permitirá a atribuição arbitrária de um dentre três valores predeterminados (3, 8, ou 15), não sendo possível determinar-se o valor exato de PAD,<sup>(114)</sup> e que a precisão exata dessa estratégia não se encontra adequadamente documentada.

O fluxo venoso hepático é diretamente relacionado ao fluxo venoso por meio do sistema átrio-cava, compartilhando, portanto, muito do seu comportamento nas diferentes situações hemodinâmicas. As veias hepáticas esquerda e direita drenam para a VCI ao nível do diafragma, podendo ser avaliadas pelo corte subcostal de 4 câmaras.

A avaliação do fluxo da veia hepática pode ser empregada como ferramenta complementar na estimativa de PAD. Em condições de PAD baixa ou intermediária, ocorrerá predomínio sistólico no fluxo hepático (a velocidade da onda sistólica - Vs - será superior à diastólica - Vd). Quando do aumento da PAD, o predomínio sistólico é perdido, e a relação entre Vs e Vd será inferior a 1. De forma análoga, a fração de enchimento sistólico da veia hepática (IVT sistólico/IVT sistólico + IVT diastólico) pode ser obtida. Um valor inferior a 55% está relacionado a uma PAD acima de 8mmHg com sensibilidade de 86% e especificidade de 90%.<sup>(115)</sup> Apesar de estudadas sobretudo em pacientes mecanicamente ventilados (ao contrário da avaliação da VCI), essas técnicas requerem maior perícia do operador na obtenção da janela apropriada e na aplicação do Doppler.

A avaliação da dinâmica das veias jugulares tem sido proposta para estimativa de PAD, com diferentes técnicas e resultados conflitantes.<sup>(116-119)</sup> Diversas outras técnicas estão descritas para avaliação de PAD, estando, porém, no entendimento deste grupo, além do escopo do médico não ecocardiografista.<sup>(109,120,121)</sup>

## **21. A estimativa da pressão atrial esquerda (PAE) por meio da ecocardiografia pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave - sem consenso.**

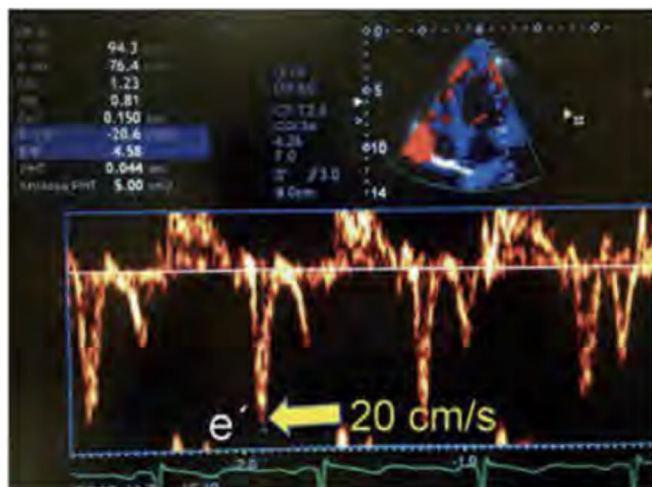
A POAP é um parâmetro hemodinâmico relacionado ao enchimento ventricular esquerdo e, portanto, à função diastólica ventricular esquerda - e, por conseguinte, à PAE. Sua mensuração pode ser obtida por meio de cateterismo cardíaco, ou, mais comumente, na prática clínica, por meio da inserção de um cateter de artéria pulmonar e da oclusão de um ramo principal da artéria pulmonar pela insuflação do seu balonete distal. A ecocardiografia é uma alternativa não invasiva para a avaliação de POAP, uma vez que diversos parâmetros

ecocardiográficos que guardam relação com a diástole ventricular podem ser usados para sua estimativa. Dentre os parâmetros relacionados, os mais frequentemente empregados são a onda E, a relação E/A, a onda e' e a relação E/e'.

A onda E corresponde à primeira fase da diástole ventricular (enchimento ventricular rápido - *early filling*), consequência do gradiente pressórico gerado entre o átrio e o VE, a partir do relaxamento isovolumétrico do VE. Nessa fase do ciclo cardíaco, ocorre em torno de 60 - 65% do enchimento diastólico. A velocidade de pico da onda E é aferida posicionando-se o volume-amostra do Doppler pulsado imediatamente acima da abertura dos folhetos mitrais, num corte apical de 4 câmaras. Em condições fisiológicas, o valor esperado da onda E situa-se entre 80 - 100cm/s. Em indivíduos saudáveis, a medida isolada da onda E pode ser preditora da POAP.<sup>(122)</sup>

Após a equalização do gradiente de pressões entre AE e VE, o restante do enchimento ventricular esquerdo se dará pela contração atrial, representado ao Doppler transmitral pela onda A. E/A, em condições fisiológicas, mantém-se, portanto, acima de 1. Nas situações em que houver comprometimento do relaxamento ventricular esquerdo, o gradiente pressórico AE-VE se torna mais estreito, limitando a amplitude da onda E (E/A inferior a 1). Nas situações clínicas em que houver consequente elevação compensatória da PAE, haverá reversão desse padrão, retornando E/A para superior a 1 (padrão pseudonormal) ou mesmo para superior a 2 (padrão restritivo). Nagueh et al.,<sup>(123)</sup> em uma população de pacientes críticos, identificaram uma correlação significativa ( $r = 0,75$ ) entre o valor de E/A e a POAP aferida por cateterização de artéria pulmonar. Boussuges et al.<sup>(124)</sup> avaliaram, dentre outros parâmetros hemodinâmicos, E/A em pacientes mecanicamente ventilados, encontrando valor preditivo positivo de 100% para PAE acima de 18mmHg quando E/A é superior a 2.

Possivelmente, o parâmetro mais estudado para avaliação das pressões diastólicas esquerdas seja a E/e', com a intenção de indexar-se a onda E por seu equivalente tecidual (e'), variável esta que seria menos sujeita a variações de pré-carga (Figura 10).<sup>(125)</sup> Ommen et al.,<sup>(126)</sup> valendo-se de parâmetros hemodinâmicos invasivos como referência em pacientes encaminhados a cateterismo cardíaco, identificaram que a acurácia da E/e' foi de até 76% em relação à pressão diastólica do VE, com resultados ainda superiores quando utilizado o anel mitral septal em relação ao lateral (ou mesmo à média entre estes pontos de aferição) para mensuração da velocidade do deslocamento tecidual miocárdico. Aplicando uma análise bimodal, os autores reportaram que 23 de 27 pacientes com E/e' menor do que 8 tinham pressões diastólicas normais; de forma análoga, todos os pacientes com E/e' acima de 15 tinham pressões diastólicas elevadas.



**Figura 10** - Doppler tecidual da parede lateral basal do ventrículo esquerdo. Observar onda E' abaixo da linha de base, durante a diástole (onda E' ou e').

Fonte: adaptado de Barros DS, Bravim B. Ecografia em terapia intensiva e na medicina de urgência. São Paulo: Atheneu; 2018.

Cabe pontuar que esses resultados foram obtidos em pacientes hemodinamicamente estáveis, e sua transposição para pacientes críticos continua sendo motivo de dúvida. Sharifov et al.,<sup>(127)</sup> inclusive, por meio de revisão sistemática, apontam que não há evidência suficiente para que se avalie adequadamente a correlação de E/e' com alterações da pressão diastólica do VE em resposta a exercício ou intervenções farmacológicas, aumentando ainda mais a incerteza em relação aos pacientes instáveis. Salientem-se ainda as frequentes limitações técnicas relacionadas à aferição do parâmetro e': patologias que acometam a estrutura do anel mitral, regurgitação mitral grave, dissincronia ventricular e anormalidades contráteis regionais. Embora estudos pontuais sugiram acurácia dessa medida mesmo em pacientes submetidos à VM<sup>(128)</sup> e em choque séptico,<sup>(129)</sup> valores de referência ainda não estão adequadamente validados na população de pacientes criticamente enfermos.

Os valores preditivos positivo e negativo de E/e' maior que 14 foram apenas moderados (56 e 62%, respectivamente) em recente estudo transversal que comparou parâmetros ecocardiográficos a mensurações invasivas.<sup>(130)</sup> Da mesma forma, recente metanálise de estudos em pacientes com função sistólica ventricular esquerda preservada<sup>(131)</sup> avaliou a correlação de medidas invasivas com parâmetros ecocardiográficos de disfunção diastólica. A melhor acurácia encontrada foi com E/e', ainda que com ampla variabilidade ( $r = 0,19 - 0,84$ ) e correlação predominantemente moderada. Destaquem-se a frágil base de estudos (9 estudos, incluindo 286 pacientes - 31 pacientes por estudo em média) e o fato de incluírem, em sua maioria, pacientes ambulatoriais e estáveis hemodinamicamente.

Ainda que se tratem de aferições frequentemente realizadas na prática clínica e de relativa simplicidade para sua obtenção,

levando-se em consideração a literatura ainda inconsistente, no que diz respeito ao uso desses parâmetros no paciente gravemente doente, não houve consenso acerca da sua utilização. À parte as limitações desses parâmetros para aferição das pressões de enchimento no paciente crítico, o poder prognóstico da avaliação da função diastólica tem sido motivo de atenção.<sup>(132)</sup> Ainda, o uso combinado da avaliação da função diastólica com a ultrassonografia pulmonar<sup>(133,134)</sup> pode fornecer informações mais consistentes acerca do mecanismo subjacente em cenários de insuficiência respiratória aguda.

## 22. A estimativa da APEV por meio da ultrassonografia torácica pelo médico não especialista é recomendada como parte da avaliação hemodinâmica do paciente grave - concordância de 87,5%.

Em situações de instabilidade hemodinâmica, a decisão pela administração de alíquotas de soluções expansoras pode estar indicada, embora a agressividade dessa estratégia venha sendo motivo de debate. O aumento da permeabilidade capilar pulmonar do paciente grave, entretanto, pode resultar em extravasamento de líquido para o compartimento extravascular e consequente incremento da APEV e hipoxemia, complicando ainda mais o processo decisório diário, no que diz respeito à expansão volêmica na UTI.

O raio X de tórax segue sendo utilizado para monitorização de APEV, embora sua acurácia para essa finalidade não seja a ideal.<sup>(135-137)</sup> O método de escolha para avaliação clínica da quantidade de APEV é a termodiluição transpulmonar, embora exija a utilização de equipamento especializado e invasivo, limitando sua disponibilidade à beira do leito a contextos selecionados. Por meio da termodiluição, valores esperados de APEV se situam entre 3 e 7mL/kg de peso ideal, enquanto que valores acima de 10mL/kg são característicos de edema pulmonar.<sup>(138)</sup>

Nesse cenário, a ultrassonografia torácica surge como opção, uma vez que a presença de um volume suficiente de APEV proporciona impedância acústica suficiente para a propagação dos feixes ultrassônicos, desencadeando a formação de artefatos conhecidos como linhas B.<sup>(139)</sup> O incremento na quantidade de APEV está relacionado de forma linear ao aumento proporcional na quantidade de linhas B pulmonares.<sup>(140,141)</sup> A quantidade de APEV estimada por meio do ultrassom está relacionada ao pior prognóstico em pacientes portadores de SARA;<sup>(141)</sup> valores acima de 14mL/kg estão associados a maior mortalidade, quando detectados na admissão na UTI.<sup>(142)</sup>

Volpicelli et al.<sup>(143)</sup> analisaram 73 pacientes críticos quanto à correlação entre o padrão sonográfico pulmonar (padrão A ou padrão B, conforme o predomínio dos artefatos

encontrados) e os níveis de POAP e de APEV. Embora a acurácia do padrão A sonográfico pulmonar para predição de POAP < 18mmHg tenha sido limitada (sensibilidade de 85,7% e especificidade de 40%), com relação à APEV os resultados foram promissores (sensibilidade de 81% e especificidade de 90,9% para APEV < 10mL/kg); esses achados vão de encontro a estudos previamente publicados,<sup>(133)</sup> possivelmente refletindo a complexidade dos fenômenos hemodinâmicos no contexto da doença crítica.

A dinâmica da identificação das linhas B reflete tanto sua precocidade quanto a fugacidade quando há variações significativas de volemia<sup>(144-146)</sup> e, quando interpretado no cenário clínico adequado, esse achado pode refletir flutuações do estado volêmico em tempo real. O dinamismo dos achados pode tornar viável a aplicação da ultrassonografia pulmonar para monitorização de APEV no contexto de trauma ou perioperatório de cirurgia torácica de grande porte.<sup>(147-149)</sup>

A estimativa do volume de APEV por meio da quantificação das linhas B pulmonares pode ser realizada por meio de um dentre diversos protocolos disponíveis.<sup>(143,150)</sup> A utilização de protocolos simplificados<sup>(137)</sup> está relacionada à acurácia diagnóstica comparável, mesmo valendo-se de menor número de medidas.

Embora haja um número considerável de estudos avaliando a correlação entre a quantidade de linhas B e tanto o desenvolvimento de edema pulmonar clínico quanto o incremento direto de APEV, há que se considerar que se tratam de pequenos estudos (19 - 73 pacientes) e que resta indefinição com relação a qual a técnica mais adequada para a monitoração da quantidade de linhas B e como lidar com a subjetividade na quantificação desse artefato aos olhos do operador. Corradi et al.<sup>(151)</sup> propuseram a automatização dessa quantificação por *software* dedicado, embora esses achados ainda careçam de validação em diferentes populações.

A baixa especificidade das linhas B deve ser levada em consideração em relação à presença de doenças parenquimatosas prévias (fibrose pulmonar, pneumonites intersticiais), que podem limitar o emprego dessa ferramenta numa população não selecionada de indivíduos.

### **23. A utilização de linhas B na ultrassonografia pulmonar pode ser utilizada como medida de segurança para oferta de fluidos - concordância de 81,25%.**

Baseando-se no racional da relação entre APEV e o incremento de linhas B pulmonares, alguns autores<sup>(152)</sup> sugerem que a oferta de fluidos, quando necessária, deveria ser guiada pela ultrassonografia pulmonar, até o ponto em que o paciente passa a desenvolver linhas B, indicando que

atingiu o ponto de inflexão da curva de Frank-Starling. A partir desse ponto, ofertas adicionais de fluidos resultariam apenas em efeitos deletérios.

Em estudo com modelos experimentais de SARA, Gargani et al.<sup>(144)</sup> demonstraram que o surgimento de linhas B pulmonares ocorre de forma precoce na indução de injúria pulmonar após administração de ácido oleico, de forma concomitante à piora de complacência, mas bastante mais precoce que o surgimento de hipoxemia.

Posteriormente, Caltabeloti et al.,<sup>(146)</sup> avaliando 32 pacientes com sepse e SARA, reportaram que o escore ultrassonográfico de linhas B aumentou em 23% quando aferido 40 minutos após a administração de uma alíquota de 1.000mL de cristalóide, em relação ao ponto de partida. Em contrapartida, a relação entre pressão parcial de oxigênio e fração inspirada de oxigênio (PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub>) se manteve estável nesse ponto - sugerindo que os achados de Gargani et al.<sup>(144)</sup> possam ser espelhados em estudos clínicos envolvendo pacientes críticos. Theerawit et al.,<sup>(153)</sup> em estudo que incluiu 20 pacientes admitidos na UTI, reportaram que o escore ultrassonográfico de linhas B relacionou-se com o incremento do balanço hídrico após 48 horas da admissão.

Em estudo que avaliou 47 pacientes em choque séptico na sala de emergência, Coen et al.<sup>(154)</sup> aplicaram um protocolo estruturado de expansão volêmica utilizando parâmetros ultrassonográficos em substituição às variáveis hemodinâmicas clássicas utilizadas por Rivers et al.<sup>(155)</sup> O surgimento de linhas B ocorreu em nove pacientes, demandando investigação adicional com ecocardiografia e administração de inotrópicos ou vasoconstritores. Não havia, entretanto, grupo controle, tampouco diferenciação entre as características dos pacientes que desenvolveram ou não linhas B. Ainda, a média de fluido administrado foi superior a 5L nas primeiras 6 horas de tratamento, limitando a aplicabilidade externa desses achados.

A avaliação de responsividade a fluidos fundamenta-se no emprego de testes hemodinâmicos coletivamente chamados de “funcionais”,<sup>(156,157)</sup> ou simplesmente parâmetros dinâmicos. Tratam-se de manobras que afetam a função cardíaca e/ou a interação coração-pulmão, resultando em perturbações hemodinâmicas. As manobras podem consistir em alterações posturais, fases do ciclo respiratório ou mesmo infusão de pequenas alíquotas de volume. A magnitude da perturbação hemodinâmica resultante determinará se o indivíduo tem maior ou menor chance de responder a fluidos por meio do incremento de seu DC.

A administração de fluidos deve seguir o racional de outras intervenções farmacológicas para o paciente crítico, respeitando-se a indicação adequada, a forma correta de apresentação, bem como a dosagem apropriada.<sup>(158)</sup>

Numerosos estudos associaram desfechos desfavoráveis tanto à administração insuficiente (e consequente prejuízo na perfusão tecidual) quanto à administração liberal de fluidos,<sup>(159,160)</sup> cursando com ganho de peso, sobrecarga volêmica e diversos efeitos deletérios em diferentes sistemas.

Tomando como pressuposto as definições mais comumente empregadas de fluido-responsividade (incremento no DC de aproximadamente 10 - 15% após a infusão rápida de uma alíquota de 500mL de fluido), estima-se que a proporção de fluido-respondedores nas salas de emergência e UTIs não seja maior do que 50%.<sup>(161-163)</sup> Por esses motivos, a busca pela resposta se determinado paciente se beneficia de uma oferta adicional de fluidos é uma das principais questões na rotina de cuidado de um paciente gravemente enfermo.

A utilização de variáveis ecocardiográficas pode, de modo não invasivo, propiciar informações sobre o potencial benefício da oferta de fluidos, por meio de diversos parâmetros. Essas aferições podem ser replicadas quantas vezes forem necessárias, de modo a reavaliar o comportamento do paciente ao longo do tempo e de acordo com variações do contexto clínico e eventuais intervenções realizadas.

#### **24. A variabilidade da VCI deve ser utilizada como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade - sem consenso.**

A VCI é um vaso complacente, com seu calibre alterado pelo estado volêmico, pela função ventricular direita e pelo ciclo respiratório. O comportamento da VCI será distinto de acordo com a ventilação do paciente - em pressão positiva, controlada, ou pressão negativa, espontânea.

A pressão positiva aplicada na via aérea na fase inspiratória em VM determinará o ingurgitamento da porção intra-hepática da VCI, revertido na fase exalatória. Em ventilação espontânea, o fenômeno inverso será verificado (colapso inspiratório). Quanto maior for o impacto das alterações pressóricas na via aérea sobre a VCI, maior tende a ser o potencial de fluido-responsividade.

O diâmetro transverso da VCI deve ser aferido na sua visualização longitudinal, por meio da janela subcostal, caudalmente ao trajeto da veia supra-hepática. A distância sugerida para melhor abordagem do diâmetro da VCI se situa em torno de 0,5 - 2cm da junção átrio-cava. Comumente emprega-se o modo M para facilitar o processo de medida.

Para pacientes ventilando espontaneamente, o índice mais frequentemente empregado é o de colapsibilidade (diâmetro máximo - diâmetro mínimo/diâmetro máximo  $\times$  100%);<sup>(164)</sup> nos pacientes em VM, a forma de cálculo mais comum é o índice de distensibilidade (diâmetro máximo - diâmetro mínimo/diâmetro mínimo  $\times$  100%),<sup>(165)</sup> com ponto de

corte ideal originalmente situado em 18%. Feissel et al.<sup>(166)</sup> empregaram uma terceira forma de cálculo, que denominaram índice de variabilidade: diâmetro máximo - diâmetro mínimo / média dos diâmetros  $\times$  100%, cujo ponto de corte ideal estaria em 12%. A avaliação qualitativa da distensibilidade de VCI é uma alternativa à abordagem quantitativa e foi objeto do estudo realizado por Duwat et al.<sup>(167)</sup> Naqueles pacientes situados nos extremos de distensibilidade (< 15 e > 30%) a acurácia da avaliação qualitativa foi semelhante à quantitativa. Na faixa de distensibilidade entre 15 e 30%, no entanto, a taxa de erro da avaliação qualitativa chegou a 35%.

É relevante que se atente para os parâmetros ventilatórios naqueles pacientes em VM. Si et al.<sup>(168)</sup> reportaram que a acurácia diagnóstica da distensibilidade da VCI é maior naqueles pacientes ventilados com VC > 8mL/kg de peso predito ou PEEP abaixo de 5cmH<sub>2</sub>O. De forma análoga, a quase totalidade dos estudos publicados incluiu pacientes em ritmo sinusal. Bortolotti et al.<sup>(169)</sup> publicaram o único estudo até o presente momento que avaliou exclusivamente pacientes com arritmia (53% em fibrilação atrial), reportando uma área sob a curva *Receiver Operating Characteristic* (ROC) de 0,93 para o índice de colapsibilidade.

Barbier e Feissel publicaram seus resultados de forma independente mas concomitante,<sup>(165,166)</sup> avaliando, em ambos os estudos, pacientes submetidos à VMI, reportando sensibilidade de 96 - 90% e especificidades de 75 - 90%, respectivamente. Diversos outros estudos estão disponíveis nesse contexto, em sua maioria unicêntricos e com amostras altamente selecionadas e limitadas (n = 15 a 90).

No maior estudo avaliando o comportamento da VCI realizado até o momento<sup>(170)</sup> a distensibilidade da VCI teve acurácia apenas moderada na predição de fluido-responsividade, com baixa sensibilidade. Além da distensibilidade, os autores também avaliaram o diâmetro expiratório final da VCI; quando avaliado em seus extremos, teve especificidade de 80% para < 13mm (respondedores) e > 25mm (não respondedores). Entretanto, pacientes nessas situações corresponderam a apenas 30% da população em estudo.

Diversas metanálises<sup>(171-173)</sup> foram realizadas para avaliar o desempenho agregado da variabilidade da VCI para predição de fluido-responsividade. A sensibilidade e especificidade reportadas se situam entre 63 - 76% e 73 - 86%, respectivamente. Essa acurácia diagnóstica se refere a um grupo heterogêneo de pacientes, incluindo indivíduos sob VM e ventilação espontânea, embora tratem-se de fisiologias distintas.

Muller e Airapetian,<sup>(164,174)</sup> avaliando exclusivamente pacientes em ventilação espontânea, reportaram que um valor de colapsibilidade em torno de 40% está associado a fluido-responsividade com boa especificidade, mas pobre sensibilidade. Préau et al.,<sup>(175)</sup> por meio da rigorosa

padronização da manobra de esforço inspiratório, obtiveram sensibilidade de 84% e especificidade de 90% para um ponto de corte de 48%. A aplicação de manobra semelhante em uma população de pacientes dispneicos ou confusos representa um obstáculo significativo à validade externa desses resultados.

Das et al.<sup>(163)</sup> conduziram recente revisão sistemática e reportaram a acurácia diagnóstica separadamente de acordo com a modalidade de ventilação. Para pacientes mecanicamente ventilados, a sensibilidade agrupada foi de 79% e a especificidade foi 70%, resultando numa área sob a curva ROC de 0,75 (13 estudos; 431 indivíduos). Naqueles pacientes em ventilação espontânea, identificaram sensibilidade de 80% e especificidade de 79%, com uma área sob a curva ROC de 0,857 (7 estudos; n = 330). O desempenho da variabilidade da VCI na população de pacientes sob ventilação espontânea vai de encontro a metanálises anteriores,<sup>(171,172)</sup> devendo ser interpretado com cautela. O ponto de corte ideal variou consideravelmente na revisão de Das et al;<sup>(163)</sup> excluindo-se dois estudos *outliers* em cada grupo, identifica-se uma tendência de ponto de corte mais alto nos pacientes em ventilação espontânea: 31 a 50% em comparação a 12 a 22% para pacientes mecanicamente ventilados.

Em um estudo de 67 pacientes mecanicamente ventilados, Yao et al.<sup>(176)</sup> descreveram recentemente o índice de distensibilidade utilizando a área transversa e a razão de diâmetros da VCI, reportando áreas sob a curva ROC de 0,749 e 0,829. Esses dados carecem ainda de validação para maior aplicabilidade.

A avaliação da VCI está sujeita a uma série de limitações técnicas, incluindo janela adequada, artefatos de movimento e grandes incursões respiratórias.<sup>(177)</sup> Situações relacionadas a alterações na pressão venosa central e, por conseguinte, na variabilidade da VCI devem ser afastadas para uma maior confiabilidade dos dados. Entre essas variáveis, destaca-se a presença de infarto de VD, de sobrecarga ventricular direita, ou mesmo de alterações ventilatórias, associadas ao ventilador mecânico (PEEP ou volume corrente reduzido, por exemplo), ou ao próprio paciente (esforço inspiratório acentuado).<sup>(111)</sup> Ainda, pacientes ventilados em métodos como pressão de suporte ou portadores de hipertensão intra-abdominal apresentam limitações para a utilização regular dessa ferramenta.<sup>(178,179)</sup> Por esses motivos, acreditamos que, embora se trate de método amplamente empregado na prática clínica, não tenha atingido consenso entre os membros do comitê.

## **25. Os testes hemodinâmicos funcionais (minibólus e teste da oclusão expiratória final - OEF) devem ser utilizados como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade - sem consenso.**

O teste de OEF se baseia nas interações coração-pulmão e nas mudanças na dinâmica respiratória que alteram o DC.<sup>(180)</sup> A manobra consiste na realização de 12 a 15 segundos de oclusão ao fim da expiração. Devem ser realizadas medidas hemodinâmicas (incluindo aferição de volume sistólico ou seus correlatos) antes e ao fim (nos últimos segundos) da manobra. A pausa expiratória induzirá um aumento no retorno venoso e, por conseguinte, um aumento do volume sistólico em pacientes fluido-responsivos.<sup>(180-182)</sup>

Essa manobra foi inicialmente descrita por Monnet et al.,<sup>(181)</sup> em estudo que avaliou 34 pacientes sob VM com pressão positiva, utilizando termodiluição transpulmonar para aferição do DC, resultando em acurácia de até 97% para predição de fluido-responsividade, mesmo em pacientes em arritmia ou com moderada atividade respiratória espontânea.

Recente metanálise<sup>(180)</sup> incluiu estudos que avaliaram o desempenho dos testes hemodinâmicos funcionais “alternativos” (excetuando-se os tradicionais de variação da pressão de pulso, variação de volume sistólico e elevação passiva das pernas) para predição de responsividade a fluidos. A OEF resultou em sensibilidade agregada de 86%, especificidade de 91% e área sob a curva de 96%, com um limiar de positividade de 5% de aumento do volume sistólico ou de seus substitutos. Os critérios de exclusão foram variáveis entre os estudos, mas destaca-se que a exclusão foi por janela ecocardiográfica insatisfatória, respiração espontânea durante o teste, arritmias complexas (taquicardia ventricular) e *cor pulmonale*.<sup>(181,183)</sup> Os métodos para aferição do DC foram variados, predominando a termodiluição transpulmonar.

Dois estudos recentes avaliaram se a aferição da IVT por meio da ecocardiografia pode servir de variável resposta à OEF. Jozwiak et al.<sup>(183)</sup> avaliaram 30 pacientes sob VM com pressão positiva e reportaram que a acurácia da manobra foi de 93,8% com um ponto de corte de 5% no incremento da IVT. Georges et al.,<sup>(184)</sup> avaliando 50 pacientes neurocríticos, encontraram 9% de incremento na IVT como ponto de corte ideal, com sensibilidade de 89% e especificidade de 95% (área sob a curva ROC de 96%).

O teste OEF pode ser apropriado para uso em diferentes cenários clínicos, especialmente quando o teste de elevação passiva das pernas não se aplica, incluindo hipertensão intra-abdominal ou intracraniana e fraturas traumáticas do quadril ou dos membros inferiores.<sup>(180)</sup>

Talvez o teste funcional mais próximo de um desafio hídrico convencional e de mecanismo mais singelo seja o chamado minibólus, em que uma pequena alíquota de volume é efetivamente administrada ao paciente em questão, e os efeitos hemodinâmicos dessa intervenção são monitorados em tempo real. Com relação aos demais testes funcionais, a

particularidade do minibólus é ter sido inicialmente proposto valendo-se da ecocardiografia como método de aferição de resposta.

Na sua descrição original,<sup>(185)</sup> a administração de 100mL de solução colóide em 1 minuto resultou em discriminação de respondedores e não respondedores com especificidade de 78% e sensibilidade de 95% para um incremento de 10% na IVT. O mesmo racional foi utilizado por Wu et al.,<sup>(186)</sup> utilizando volume de infusão ainda menor (50mL) e solução cristalóide. Estes autores, no entanto, reportaram menor sensibilidade e maior especificidade quando comparados ao estudo anterior.

Outros autores validaram a técnica de minibólus em outros contextos, valendo-se de outros métodos para aferição do DC,<sup>(187-189)</sup> predominantemente análise de contorno de pulso e termodiluição transpulmonar,<sup>(180)</sup> com desempenho diagnóstico semelhante.

Aspectos como a necessidade de uma precisão suficiente por parte do examinador para se identificarem diferenças da ordem de 5 a 10% (que poderiam estar relacionadas a variação inerente ao método, por exemplo), bem como a carência de reprodutibilidade de estudos em populações maiores de pacientes gravemente enfermos, podem explicar o fato de que não houve consenso acerca do uso regular dos testes hemodinâmicos funcionais para predição de responsividade a fluidos.

## **26. A manobra de elevação passiva das pernas deve ser utilizada como ferramenta de avaliação de fluido-responsividade - concordância de 93,75%.**

A elevação das pernas em resposta à hipotensão tem sido empregada empiricamente em diferentes contextos,<sup>(190-192)</sup> com o objetivo de drenar sangue represado no sistema venoso dos membros inferiores para o AD e, dessa forma, otimizar o retorno venoso e, conseqüentemente, o DC.

De fato, em torno de 300mL de sangue<sup>(193-195)</sup> serão mobilizados por meio de transferência gravitacional, o que configura um desafio endógeno - e reversível - de volume, contrapondo os efeitos da sobrecarga hídrica e suas conseqüências deletérias nos mais diferentes contextos.<sup>(89)</sup> Caso os ventrículos estejam operando na região dependente de pré-carga de Frank-Starling, um incremento transitório do DC ocorrerá, com seu efeito mais evidente em torno de 60 a 90 segundos após a manobra.<sup>(196)</sup>

Dessa forma, é um componente essencial da manobra a verificação de seu efeito, em termos de incremento de DC, em tempo real. A ferramenta ideal para essa finalidade deve permitir a detecção de variações no DC de forma ágil e idealmente contínua. A avaliação ecocardiográfica, embora

essencialmente intermitente, tem sido avaliada como alternativa nesse contexto, com resultados consistentes,<sup>(197-201)</sup> tornando-se uma das ferramentas mais comumente empregadas para verificação da resposta à elevação das pernas, com a análise de contorno de pulso. Quando comparada à própria análise de contorno de pulso ou ao Doppler esofágico, por exemplo,<sup>(202,203)</sup> a ecocardiografia transtorácica tem desempenho semelhante.

Duas metanálises de mais de 20 estudos, compreendendo em torno de 1.000 pacientes, avaliaram o desempenho da elevação passiva das pernas como preditora de responsividade a fluidos.<sup>(202,203)</sup> A sensibilidade e a especificidade reportadas foram, respectivamente de 0,85 - 0,86 e 0,91 - 0,92, com uma área sob a curva ROC de 0,95 em ambos estudo e um ponto de corte ideal de 10%.<sup>(203)</sup> A acurácia diagnóstica foi semelhante, independentemente da posição inicial (supina ou cabeceira elevada) e se o indivíduo se encontra em ventilação espontânea ou controlada.<sup>(202)</sup>

Embora a maioria dos estudos tenha sido realizada em pacientes em ritmo regular, Kim et al.,<sup>(204)</sup> avaliando apenas pacientes em fibrilação atrial em pós-operatório de cirurgia cardíaca, reportaram acurácia de até 77% para predição de responsividade a fluidos - embora utilizando termodiluição como ferramenta para acompanhamento das variações do DC. Ainda, o emprego de parâmetros ultrassonográficos alternativos para avaliação da resposta à manobra tem sido descrito, com resultados semelhantes por meio do Doppler femoral<sup>(200)</sup> ou carotídeo,<sup>(205)</sup> constituindo-se em opções viáveis em caso de dificuldade na obtenção da medida de fluxo da via de saída da valva aórtica.

A utilização da ecocardiografia como variável resposta da manobra por meio da medida da IVT encontra como limitação fundamental a obtenção de janela e angulação adequada em tempo hábil. Merece destaque também a hipertensão intra-abdominal; a compressão da VCI pode limitar a drenagem de fluido dos membros inferiores para o AD, resultando em comprometimento da acurácia do teste, devido a falsos-negativos.<sup>(206,207)</sup> Além desses aspectos, hipoxemia grave, elevado risco de aspiração de conteúdo gástrico e hipertensão intracraniana devem ser indicativos de cautela na aplicação da manobra.

## **27. A estimativa do DC por meio da medida da IVT deve ser utilizada como ferramenta de avaliação hemodinâmica - concordância de 100%.**

A estimativa do DC será pertinente nas situações em que existe dúvida diagnóstica acerca dos mecanismos de deterioração hemodinâmica ou quando se pondera intervir no DC, por meio de drogas inotrópicas, por exemplo.

A ecocardiografia é a primeira opção para discernimento dos mecanismos de choque, bem como para sua avaliação sequencial.<sup>(208,209)</sup> O produto da IVT e da área da via de saída do VE resultará no volume sistólico que, multiplicado pela frequência cardíaca, será igual ao DC.<sup>(210)</sup>

Dinh et al.<sup>(211)</sup> avaliaram a acurácia de médicos emergencistas com treinamento ecocardiográfico limitado e focado para obtenção da medida da IVT na determinação do DC de cem pacientes na sala de emergência. Em todos os pacientes, foi possível obter-se a medida do diâmetro da VSVE, embora em três indivíduos não tenha sido possível aferir a IVT. Quando validadas por cardiologista, as medidas de diâmetro da VSVE foram ótimas em 90% dos casos; quanto às medidas de IVT, 78% foram assim classificadas (números semelhantes aos obtidos por ecocardiografistas certificados). A diferença média na aferição da IVT entre emergencistas e ecocardiografistas foi 8%, com coeficiente de correlação de Pearson de 0,87.

Algumas vantagens são características da ecocardiografia em comparação aos métodos invasivos contínuos: não ser invasivo, ter menor custo, não sofrer influência da hipotermia, possibilitar a avaliação morfológica do coração, com análise de valvas, tamanho de câmaras, do pericárdio e de funcionalidade global e segmentar, além de permitir a integração, por exemplo, com a ultrassonografia pulmonar.

Diversos aspectos podem limitar a precisão dessa medida, destacando-se, sobretudo, limitações de visualização devido a janelas cardíacas insuficientes e desvio do alinhamento do eixo de interrogação Doppler em relação ao fluxo sanguíneo real. A presença de patologias que acometam a valva aórtica - tanto estenose quanto insuficiência - interferem na acurácia e, muitas vezes, impossibilitam a medida. A fibrilação atrial requer a realização de várias aferições de IVTs, a fim de obter-se um valor médio confiável devido à variabilidade das medidas a cada batimento cardíaco.<sup>(212)</sup>

A maioria dos estudos que avaliaram a concordância da estimativa do DC por meio da ecocardiografia com a termodiluição intermitente empregou a ecocardiografia transesofágica, em pacientes em perioperatório de cirurgia cardíaca, em condições de estabilidade hemodinâmica e VMI.<sup>(213)</sup> A população de pacientes estudada é constituída majoritariamente de indivíduos em ritmo sinusal, sem patologias valvares significativas.

Crossingham et al.,<sup>(214)</sup> em recente revisão sistemática, reportaram concordância marginal a aceitável da ecocardiografia em relação à termodiluição convencional por meio de cateter de artéria pulmonar, sendo um dos métodos que mais se aproximou desse último, considerado padrão-ouro para aferição do DC, com desempenho superior à termodiluição transpulmonar e à análise de contorno de pulso, dentre outras ferramentas.

Mercado et al.<sup>(215)</sup> recentemente revisitaram a concordância entre termodiluição intermitente e ecocardiografia. Em estudo que incluiu 38 pacientes mecanicamente ventilados, sedados e em ritmo sinusal, os autores reforçaram a acurácia e precisão da ecocardiografia para estimativa do DC aferido por termodiluição, com desvio estreito e limites de concordância aceitáveis, além de boa capacidade de detectar tendências. Nesse estudo, uma variação do DC estimado pela ecocardiografia teve sensibilidade de 88% e especificidade de 66% para detectar uma variação de 10% no DC aferido pela termodiluição.

## CONCLUSÕES

A proposta deste documento é sintetizar informações e discutir pontos de interesse que possam aprimorar o desenvolvimento da ecocardiografia à beira do leito por médicos não especialistas em ecocardiografia. Utilizando o método Delphi, os participantes de associações médicas representativas de diferentes áreas de atuação responsáveis pelo cuidado de pacientes graves atingiram consenso na maioria das questões pertinentes ao uso da ecocardiografia à beira do leito pelo médico não especialista em ecocardiografia.

Os posicionamentos descritos neste documento refletem os objetivos da ultrassonografia utilizada à beira do leito, pelo médico não especialista e priorizam parâmetros qualitativos, diretos, que podem implicar na tomada de decisão. Parâmetros essencialmente quantitativos, que requeiram aferições estritamente precisas ou careçam de validação na literatura no paciente gravemente doente resultaram em discordância ou mesmo falta de consenso por parte dos membros do comitê. Ainda, houve um comportamento particular na capacidade de obtenção de consenso em relação a cada um dos domínios abordados. O domínio relativo à avaliação dos choques obteve consenso em todas as questões no início do processo, enquanto domínios como avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo e avaliação hemodinâmica concentraram questões que restaram sem consenso ao fim do processo.

Documentos de consenso não são diretrizes e têm como meta final criar oportunidades para a melhoria de qualidade assistencial no seu tópico de desenvolvimento. São fundamentados na opinião de especialistas e têm o intuito primariamente informativo e educacional. As questões abordadas ao longo deste texto podem refletir incertezas e serem influenciadas por pontos de vista pessoais; entretanto, a metodologia rigorosa para obtenção desse consenso tem o objetivo de atenuar as questões pessoais e identificar a posição de um grupo de pessoas dedicadas ao desenvolvimento da ecocardiografia à beira do leito.

## REFERÊNCIAS

1. Vieillard-Baron A, Millington SJ, Sanfilippo F, Chew M, Diaz-Gomez J, McLean A, et al. A decade of progress in critical care echocardiography: a narrative review. *Intensive Care Med.* 2019;45(6):770-88.
2. Mayo PH, Beaulieu Y, Doelken P, Feller-Kopman D, Harrod C, Kaplan A, et al. American College of Chest Physicians/La Societe de Reanimation de Langue Francaise statement on competence in critical care ultrasonography. *Chest.* 2009;135(4):1050-60.
3. Expert Round Table on Echocardiography in ICU. International consensus statement on training standards for advanced critical care echocardiography. *Intensive Care Med.* 2014;40(5):654-66.
4. Levitov A, Frankel HL, Blaivas M, Kirkpatrick AW, Su E, Evans D, et al. Guidelines for the Appropriate Use of Bedside General and Cardiac Ultrasonography in the Evaluation of Critically Ill Patients-Part II: Cardiac Ultrasonography. *Crit Care Med.* 2016;44(6):1206-27.
5. Pellegrini JA, Cordioli RL, Grumann AC, Ziegelmann PK, Taniguchi LU. Point-of-care ultrasonography in Brazilian intensive care units: a national survey. *Ann Intensive Care.* 2018;8(1):50.
6. Zieleskiewicz L, Muller L, Lakhal K, Meresse Z, Arbelot C, Bertrand PM, Bouhemad B, Cholley B, Demory D, Duperré S, Duranteau J, Guervilly C, Hammad E, Ichai C, Jaber S, Langeron O, Lefrant JY, Mahjoub Y, Maury E, Meaudre E, Michel F, Muller M, Nafati C, Perbet S, Quintard H, Riu B, Vigne C, Chaumoitre K, Antonini F, Allaouchiche B, Martin C, Constantin JM, De Backer D, Leone M; CAR Echo and AzuRea Collaborative Networks. Point-of-care ultrasound in intensive care units: assessment of 1073 procedures in a multicentric, prospective, observational study. *Intensive Care Med.* 2015;41(9):1638-47.
7. Mayo P, Arntfield R, Balik M, Kory P, Mathis G, Schmidt G, et al. The ICM research agenda on critical care ultrasonography. *Intensive Care Med.* 2017;43(9):1257-69.
8. McMillan SS, King M, Tully MP. How to use the nominal group and Delphi techniques. *Int J Clin Pharm.* 2016;38(3):655-62.
9. Jensen-Urstad K, Bouvier F, Hojer J, Ruiz H, Hulting J, Samad B, et al. Comparison of different echocardiographic methods with radionuclide imaging for measuring left ventricular ejection fraction during acute myocardial infarction treated by thrombolytic therapy. *Am J Cardiol.* 1998;81(5):538-44.
10. Kanji HD, McCallum JL, Bhagirath KM, Neitzel AS. Curriculum development and evaluation of a hemodynamic critical care ultrasound: a systematic review of the literature. *Crit Care Med.* 2016;44(8):e742-50.
11. Melamed R, Sprenkle MD, Ulstad VK, Herzog CA, Leatherman JW. Assessment of left ventricular function by intensivists using hand-held echocardiography. *Chest.* 2009;135(6):1416-20.
12. Beraud AS, Rizk NW, Pearl RG, Liang DH, Patterson AJ. Focused transthoracic echocardiography during critical care medicine training: curriculum implementation and evaluation of proficiency. *Crit Care Med.* 2013;41(8):e179-81.
13. Bergenzaun L, Gudmundsson P, Ohlin H, During J, Ersson A, Ihrman L, et al. Assessing left ventricular systolic function in shock: evaluation of echocardiographic parameters in intensive care. *Crit Care.* 2011;15(4):R200.
14. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, Picard MH, Roman MJ, Seward J, Shanewise JS, Solomon SD, Spencer KT, Sutton MS, Stewart WJ; Chamber Quantification Writing Group; American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee; European Association of Echocardiography. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18(12):1440-63.
15. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afila J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14.
16. Lamia B, Teboul JL, Monnet X, Richard C, Chemla D. Relationship between the tricuspid annular plane systolic excursion and right and left ventricular function in critically ill patients. *Intensive Care Med.* 2007;33(12):2143-9.
17. St John Sutton M, Otterstat JE, Plappert T, Parker A, Sekarski D, Keane MG, et al. Quantitation of left ventricular volumes and ejection fraction in post-infarction patients from biplane and single plane two-dimensional echocardiograms. A prospective longitudinal study of 371 patients. *Eur Heart J.* 1998;19(5):808-16.
18. Boissier F, Razazi K, Seemann A, Bedet A, Thille AW, de Prost N, et al. Left ventricular systolic dysfunction during septic shock: the role of loading conditions. *Intensive Care Med.* 2017;43(5):633-42.
19. Yip G, Wang M, Zhang Y, Fung JW, Ho PY, Sanderson JE. Left ventricular long axis function in diastolic heart failure is reduced in both diastole and systole: time for a redefinition? *Heart.* 2002;87(2):121-5.
20. Hu K, Liu D, Herrmann S, Niemann M, Gaudron PD, Voelker W, et al. Clinical implication of mitral annular plane systolic excursion for patients with cardiovascular disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14(3):205-12.
21. Stoylen A, Molmen HE, Dalen H. Relation between Mitral Annular Plane Systolic Excursion and Global longitudinal strain in normal subjects: The HUNT study. *Echocardiography.* 2018;35(5):603-10.
22. Matos J, Kronzon I, Panagopoulos G, Perk G. Mitral annular plane systolic excursion as a surrogate for left ventricular ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25(9):969-74.
23. Bergenzaun L, Ohlin H, Gudmundsson P, Willenheimer R, Chew MS. Mitral annular plane systolic excursion (MAPSE) in shock: a valuable echocardiographic parameter in intensive care patients. *Cardiovasc Ultrasound.* 2013;11:16.
24. Bargiggia GS, Bertucci C, Recusani F, Raisaro A, de Servi S, Valdes-Cruz LM, et al. A new method for estimating left ventricular dP/dt by continuous wave Doppler-echocardiography. Validation studies at cardiac catheterization. *Circulation.* 1989;80(5):1287-92.
25. Chen C, Rodriguez L, Guerrero JL, Marshall S, Levine RA, Weyman AE, et al. Noninvasive estimation of the instantaneous first derivative of left ventricular pressure using continuous-wave Doppler echocardiography. *Circulation.* 1991;83(6):2101-10.
26. Jardin F, Dubourg O, Margairaz A, Bourdarias JP. Inspiratory impairment in right ventricular performance during acute asthma. *Chest.* 1987;92(5):789-95.
27. Huang SJ, Nalos M, Smith L, Rajamani A, McLean AS. The use of echocardiographic indices in defining and assessing right ventricular systolic function in critical care research. *Intensive Care Med.* 2018;44(6):868-83.
28. Vieillard-Baron A, Naeije R, Haddad F, Bogaard HJ, Bull TM, Fletcher N, et al. Diagnostic workup, etiologies and management of acute right ventricle failure: a state-of-the-art paper. *Intensive Care Med.* 2018;44(6):774-90.
29. Krishnan S, Schmidt GA. Acute right ventricular dysfunction: real-time management with echocardiography. *Chest.* 2015;147(3):835-46.
30. Fougères E, Teboul JL, Richard C, Osman D, Chemla D, Monnet X. Hemodynamic impact of a positive end-expiratory pressure setting in acute respiratory distress syndrome: importance of the volume status. *Crit Care Med.* 2010;38(3):802-7.
31. Zapol WM, Snider MT. Pulmonary hypertension in severe acute respiratory failure. *N Engl J Med.* 1977;296(9):476-80.
32. Repessé X, Charron C, Vieillard-Baron A. Acute cor pulmonale in ARDS: rationale for protecting the right ventricle. *Chest.* 2015;147(1):259-65.
33. Mekontso Dessap A, Boissier F, Charron C, Bégot E, Repessé X, Legras A, et al. Acute cor pulmonale during protective ventilation for acute respiratory distress syndrome: prevalence, predictors, and clinical impact. *Intensive Care Med.* 2016;42(5):862-70.
34. Jardin F, Gueret P, Dubourg O, Farcot JC, Margairaz A, Bourdarias JP. Two-dimensional echocardiographic evaluation of right ventricular size and contractility in acute respiratory failure. *Crit Care Med.* 1985;13(11):952-6.
35. Boissier F, Katsahian S, Razazi K, Thille AW, Roche-Campo F, Leon R, et al. Prevalence and prognosis of cor pulmonale during protective ventilation for acute respiratory distress syndrome. *Intensive Care Med.* 2013;39(10):1725-33.



36. Vieillard-Baron A, Charron C, Caille V, Belliard G, Page B, Jardin F. Prone positioning unloads the right ventricle in severe ARDS. *Chest*. 2007;132(5):1440-6.
37. Jozwiak M, Teboul JL, Anguel N, Persichini R, Silva S, Chemla D, et al. Beneficial hemodynamic effects of prone positioning in patients with acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med*. 2013;188(12):1428-33.
38. Mahjoub Y, Pila C, Friggeri A, Zogheib E, Lobjoie E, Tinturier F, et al. Assessing fluid responsiveness in critically ill patients: False-positive pulse pressure variation is detected by Doppler echocardiographic evaluation of the right ventricle. *Crit Care Med*. 2009;37(9):2570-5.
39. Morrison DA, Adcock K, Collins CM, Goldman S, Caldwell JH, Schwarz MI. Right ventricular dysfunction and the exercise limitation of chronic obstructive pulmonary disease. *J Am Coll Cardiol*. 1987;9(6):1219-29.
40. Grifoni S, Olivetto I, Cecchini P, Pieralli F, Camaiti A, Santoro G, et al. Short-term clinical outcome of patients with acute pulmonary embolism, normal blood pressure, and echocardiographic right ventricular dysfunction. *Circulation*. 2000;101(24):2817-22.
41. Kinch JW, Ryan TJ. Right ventricular infarction. *N Engl J Med*. 1994;330(17):1211-7.
42. Mehta SR, Eikelboom JW, Natarajan MK, Diaz R, Yi C, Gibbons RJ, et al. Impact of right ventricular involvement on mortality and morbidity in patients with inferior myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37(1):37-43.
43. Hamon M, Agostini D, Le Page O, Riddell JW, Hamon M. Prognostic impact of right ventricular involvement in patients with acute myocardial infarction: meta-analysis. *Crit Care Med*. 2008;36(7):2023-33.
44. Parasuraman S, Walker S, Loudon BL, Gollop ND, Wilson AM, Lowery C, et al. Assessment of pulmonary artery pressure by echocardiography-A comprehensive review. *Int J Cardiol Heart Vasc*. 2016;12:45-51.
45. Jardin F, Dubourg O, Bourdarias JP. Echocardiographic pattern of acute cor pulmonale. *Chest*. 1997;111(1):209-17.
46. Vieillard-Baron A, Schmitt JM, Augarde R, Fellahi JL, Prin S, Page B, et al. Acute cor pulmonale in acute respiratory distress syndrome submitted to protective ventilation: incidence, clinical implications, and prognosis. *Crit Care Med*. 2001;29(8):1551-5.
47. Lai WW, Gauvreau K, Rivera ES, Saleeb S, Powell AJ, Geva T. Accuracy of guideline recommendations for two-dimensional quantification of the right ventricle by echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2008;24(7):691-8.
48. Hoette S, Creuzé N, Gunther S, Montani D, Savale L, Jais X, et al. RV fractional area change and TAPSE as predictors of severe right ventricular dysfunction in pulmonary hypertension: a CMR study. *Lung*. 2018;196(2):157-64.
49. Anavekar NS, Skali H, Bourgoun M, Ghali JK, Kober L, Maggioni AP, et al. Usefulness of right ventricular fractional area change to predict death, heart failure, and stroke following myocardial infarction (from the VALIANT ECHO Study). *Am J Cardiol*. 2008;101(5):607-12.
50. Kaul S, Tei C, Hopkins JM, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J*. 1984;107(3):526-31.
51. Samad BA, Alam M, Jensen-Urstad K. Prognostic impact of right ventricular involvement as assessed by tricuspid annular motion in patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol*. 2002;90(7):778-81.
52. Forfia PR, Fisher MR, Mathai SC, Houston-Harris T, Hemnes AR, Borlaug BA, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174(9):1034-41.
53. Damy T, Kallvikbacka-Bennett A, Goode K, Khaleva O, Lewinter C, Hobkirk J, et al. Prevalence of, associations with, and prognostic value of tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) among out-patients referred for the evaluation of heart failure. *J Card Fail*. 2012;18(3):216-25.
54. Shah TG, Wadia SK, Kovach J, Fogg L, Tandon R. Echocardiographic parameters of right ventricular function predict mortality in acute respiratory distress syndrome: a pilot study. *Pulm Circ*. 2016;6(2):155-60.
55. Melek M, Esen O, Esen AM, Barutcu I, Fidan F, Onrat E, et al. Tissue Doppler evaluation of tricuspid annulus for estimation of pulmonary artery pressure in patients with COPD. *Lung*. 2006;184(3):121-31.
56. Harmankaya A, Akilli H, Gul M, Akilli NB, Ergin M, Aribas A, et al. Assessment of right ventricular functions in patients with sepsis, severe sepsis and septic shock and its prognostic importance: a tissue Doppler study. *J Crit Care*. 2013;28(6):1111.e7-e11.
57. Dhutia NM, Zolgharni M, Willson K, Cole G, Nowbar AN, Dawson D, et al. Guidance for accurate and consistent tissue Doppler velocity measurement: comparison of echocardiographic methods using a simple vendor-independent method for local validation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(7):817-27.
58. McQuillan BM, Picard MH, Leavitt M, Weyman AE. Clinical correlates and reference intervals for pulmonary artery systolic pressure among echocardiographically normal subjects. *Circulation*. 2001;104(23):2797-802.
59. Berger M, Haimowitz A, Van Tosh A, Berdoff RL, Goldberg E. Quantitative assessment of pulmonary hypertension in patients with tricuspid regurgitation using continuous wave Doppler ultrasound. *J Am Coll Cardiol*. 1985;6(2):359-65.
60. Augustine DX, Coates-Bradshaw LD, Willis J, Harkness A, Ring L, Grapsa J, et al. Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension: a guideline protocol from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2018;5(3):G11-G24.
61. Rich JD, Shah SJ, Swamy RS, Kamp A, Rich S. Inaccuracy of Doppler echocardiographic estimates of pulmonary artery pressures in patients with pulmonary hypertension: implications for clinical practice. *Chest*. 2011;139(5):988-93.
62. Arcasoy SM, Christie JD, Ferrari VA, Sutton MS, Zisman DA, Blumenthal NP, et al. Echocardiographic assessment of pulmonary hypertension in patients with advanced lung disease. *Am J Respir Crit Care Med*. 2003;167(5):735-40.
63. Bouhemad B, Ferrari F, Leleu K, Arbelot C, Lu Q, Rouby JJ. Echocardiographic Doppler estimation of pulmonary artery pressure in critically ill patients with severe hypoxemia. *Anesthesiology*. 2008;108(1):55-62.
64. Mercado P, Maizel J, Beyls C, Kontar L, Orde S, Huang S, et al. Reassessment of the accuracy of cardiac Doppler pulmonary artery pressure measurements in ventilated ICU patients: a simultaneous Doppler-catheterization study. *Crit Care Med*. 2019;47(1):41-8.
65. Borgeson DD, Seward JB, Miller FA Jr, Oh JK, Tajik AJ. Frequency of Doppler measurable pulmonary artery pressures. *J Am Soc Echocardiogr*. 1996;9(6):832-7.
66. Vignon P. Assessment of pulmonary arterial pressure using critical care echocardiography: dealing with the yin and the yang? *Crit Care Med*. 2019;47(1):126-8.
67. Masuyama T, Kodama K, Kitabatake A, Sato H, Nanto S, Inoue M. Continuous-wave Doppler echocardiographic detection of pulmonary regurgitation and its application to noninvasive estimation of pulmonary artery pressure. *Circulation*. 1986;74(3):484-92.
68. Abbas AE, Fortuin FD, Schiller NB, Appleton CP, Moreno CA, Lester SJ. Echocardiographic determination of mean pulmonary artery pressure. *Am J Cardiol*. 2003;92(11):1373-6.
69. Dabestani A, Mahan G, Gardin JM, Takenaka K, Burn C, Allie A, et al. Evaluation of pulmonary artery pressure and resistance by pulsed Doppler echocardiography. *Am J Cardiol*. 1987;59(6):662-8.
70. Marra AM, Benjamin N, Ferrara F, Vriz O, D'Alto M, D'Andrea A, et al. Reference ranges and determinants of right ventricle outflow tract acceleration time in healthy adults by two-dimensional echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2017;33(2):219-26.
71. Mallery JA, Gardin JM, King SW, Ey S, Henry WL. Effects of heart rate and pulmonary artery pressure on Doppler pulmonary artery acceleration time in experimental acute pulmonary hypertension. *Chest*. 1991;100(2):470-3.
72. Arkles JS, Opatowsky AR, Ojeda J, Rogers F, Liu T, Prassana V, et al. Shape of the right ventricular Doppler envelope predicts hemodynamics and right heart function in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2011;183(2):268-76.
73. Aduen JF, Castello R, Lozano MM, Hepler GN, Keller CA, Alvarez F, et al. An alternative echocardiographic method to estimate mean pulmonary artery pressure: diagnostic and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22(7):814-9.

74. Aduen JF, Castello R, Daniels JT, Diaz JA, Safford RE, Heckman MG, et al. Accuracy and precision of three echocardiographic methods for estimating mean pulmonary artery pressure. *Chest*. 2011;139(2):347-52.
75. Laver RD, Wiersema UF, Bersten AD. Echocardiographic estimation of mean pulmonary artery pressure in critically ill patients. *Crit Ultrasound J*. 2014;6(1):9.
76. Jones AE, Tayal VS, Sullivan DM, Kline JA. Randomized, controlled trial of immediate versus delayed goal-directed ultrasound to identify the cause of nontraumatic hypotension in emergency department patients. *Crit Care Med*. 2004;32(8):1703-8.
77. Hall MK, Taylor RA, Luty S, Allen IE, Moore CL. Impact of point-of-care ultrasonography on ED time to disposition for patients with nontraumatic shock. *Am J Emerg Med*. 2016;34(6):1022-30.
78. Nazerian P, Volpicelli G, Gigli C, Becattini C, Sferazza Papa GF, Grifoni S, Vanni S; Ultrasound Wells Study Group. Diagnostic performance of wells score combined with point-of-care lung and venous ultrasound in suspected pulmonary embolism. *Acad Emerg Med*. 2017;24(3):270-80.
79. Vieillard-Baron A, Caille V, Charron C, Belliard G, Page B, Jardin F. Actual incidence of global left ventricular hypokinesia in adult septic shock. *Crit Care Med*. 2008;36(6):1701-6.
80. Chauvet JL, El-Dash S, Delastre O, Bouffandeau B, Jusserand D, Michot JB, et al. Early dynamic left intraventricular obstruction is associated with hypovolemia and high mortality in septic shock patients. *Crit Care*. 2015;19(1):262.
81. Yang JH, Park SW, Yang JH, Cho SW, Kim HS, Choi KA, et al. Dynamic left ventricular outflow tract obstruction without basal septal hypertrophy, caused by catecholamine therapy and volume depletion. *Korean J Intern Med*. 2008;23(2):106-9.
82. Perera P, Mailhot T, Riley D, Mandavia D. The RUSH exam: Rapid Ultrasound in SHock in the evaluation of the critically ill. *Emerg Med Clin North Am*. 2010;28(1):29-56, vii.
83. Bagheri-Hariri S, Yekesadat M, Farahmand S, Arbab M, Sedaghat M, Shahlafar N, et al. The impact of using RUSH protocol for diagnosing the type of unknown shock in the emergency department. *Emerg Radiol*. 2015;22(5):517-20.
84. Stickles SP, Carpenter CR, Gekle R, Kraus CK, Scoville C, Theodoro D, et al. The diagnostic accuracy of a point-of-care ultrasound protocol for shock etiology: a systematic review and meta-analysis. *CJEM*. 2019;21(3):406-17.
85. Bouferrache K, Amiel JB, Chimot L, Caille V, Charron C, Vignon P, et al. Initial resuscitation guided by the Surviving Sepsis Campaign recommendations and early echocardiographic assessment of hemodynamics in intensive care unit septic patients: a pilot study. *Crit Care Med*. 2012;40(10):2821-7.
86. Kanji HD, McCallum J, Sirounis D, MacRedmond R, Moss R, Boyd JH. Limited echocardiography-guided therapy in subacute shock is associated with change in management and improved outcomes. *J Crit Care*. 2014;29(5):700-5.
87. Feng M, McSparron JI, Kien DT, Stone DJ, Roberts DH, Schwartzstein RM, et al. Transthoracic echocardiography and mortality in sepsis: analysis of the MIMIC-III database. *Intensive Care Med*. 2018;44(6):884-92.
88. Marik PE, Cavallazzi R. Does the central venous pressure predict fluid responsiveness? An updated meta-analysis and a plea for some common sense. *Crit Care Med*. 2013;41(7):1774-81.
89. Marik P, Bellomo R. A rational approach to fluid therapy in sepsis. *Br J Anaesth*. 2016;116(3):339-49.
90. De Backer D, Bakker J, Cecconi M, Hajjar L, Liu DW, Lobo S, et al. Alternatives to the Swan-Ganz catheter. *Intensive Care Med*. 2018;44(6):730-41.
91. Natori H, Tamaki S, Kira S. Ultrasonographic evaluation of ventilatory effect on inferior vena caval configuration. *Am Rev Respir Dis*. 1979;120(2):421-7.
92. Nette RW, le EH, Vletter WB, Krams R, Weimar W, Zietse R. Norepinephrine-induced vasoconstriction results in decreased blood volume in dialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 2006;21(5):1305-11.
93. Nakao S, Come PC, McKay RG, Ransil BJ. Effects of positional changes on inferior vena caval size and dynamics and correlations with right-sided cardiac pressure. *Am J Cardiol*. 1987;59(1):125-32.
94. Mintz GS, Kotler MN, Parry WR, Iskandrian AS, Kane SA. Real-time inferior vena caval ultrasonography: normal and abnormal findings and its use in assessing right-heart function. *Circulation*. 1981;64(5):1018-25.
95. Moreno FL, Hagan AD, Holmen JR, Pryor TA, Strickland RD, Castle CH. Evaluation of size and dynamics of the inferior vena cava as an index of right-sided cardiac function. *Am J Cardiol*. 1984;53(4):579-85.
96. Cheriex EC, Leunissen KM, Janssen JH, Mooy JM, van Hooff JP. Echography of the inferior vena cava is a simple and reliable tool for estimation of 'dry weight' in haemodialysis patients. *Nephrol Dial Transplant*. 1989;4(6):563-8.
97. Brennan JM, Blair JE, Goonewardena S, Ronan A, Shah D, Vasaiwala S, et al. Reappraisal of the use of inferior vena cava for estimating right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(7):857-61.
98. Kosiak W, Swieton D, Piskunowicz M. Sonographic inferior vena cava/aorta diameter index, a new approach to the body fluid status assessment in children and young adults in emergency ultrasound--preliminary study. *Am J Emerg Med*. 2008;26(3):320-5.
99. Saul T, Lewiss RE, Langsfeld A, Radeos MS, Del Rios M. Inter-rater reliability of sonographic measurements of the inferior vena cava. *J Emerg Med*. 2012;42(5):600-5.
100. Fields JM, Lee PA, Jenq KY, Mark DG, Panebianco NL, Dean AJ. The interrater reliability of inferior vena cava ultrasound by bedside clinician sonographers in emergency department patients. *Acad Emerg Med*. 2011;18(1):98-101.
101. Akkaya A, Yesilaras M, Aksay E, Sever M, Atilla OD. The interrater reliability of ultrasound imaging of the inferior vena cava performed by emergency residents. *Am J Emerg Med*. 2013;31(10):1509-11.
102. Simonson JS, Schiller NB. Sonospirometry: a new method for noninvasive estimation of mean right atrial pressure based on two-dimensional echographic measurements of the inferior vena cava during measured inspiration. *J Am Coll Cardiol*. 1988;11(3):557-64.
103. Jue J, Chung W, Schiller NB. Does inferior vena cava size predict right atrial pressures in patients receiving mechanical ventilation? *J Am Soc Echocardiogr*. 1992;5(6):613-9.
104. Ommen SR, Nishimura RA, Hurrell DG, Klarich KW. Assessment of right atrial pressure with 2-dimensional and Doppler echocardiography: a simultaneous catheterization and echocardiographic study. *Mayo Clin Proc*. 2000;75(1):24-9.
105. Kircher BJ, Himelman RB, Schiller NB. Noninvasive estimation of right atrial pressure from the inspiratory collapse of the inferior vena cava. *Am J Cardiol*. 1990;66(4):493-6.
106. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Relation of mean right atrial pressure to echocardiographic and Doppler parameters of right atrial and right ventricular function. *Circulation*. 1996;93(6):1160-9.
107. Stawicki SP, Adkins EJ, Eiferman DS, Evans DC, Ali NA, Njoku C, et al. Prospective evaluation of intravascular volume status in critically ill patients: does inferior vena cava collapsibility correlate with central venous pressure? *J Trauma Acute Care Surg*. 2014;76(4):956-63; discussion 963-4.
108. Alavi-Moghaddam M, Kabir A, Shojaaee M, Manouchehrifard M, Moghimi M. Ultrasonography of inferior vena cava to determine central venous pressure: a meta-analysis and meta-regression. *Acta Radiol*. 2017;58(5):537-41.
109. Beigel R, Cercek B, Luo H, Siegel RJ. Noninvasive evaluation of right atrial pressure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(9):1033-42.
110. Goldhammer E, Mesnick N, Abinader EG, Sagiv M. Dilated inferior vena cava: a common echocardiographic finding in highly trained elite athletes. *J Am Soc Echocardiogr*. 1999;12(11):988-93.
111. Via G, Tavazzi G, Price S. Ten situations where inferior vena cava ultrasound may fail to accurately predict fluid responsiveness: a physiologically based point of view. *Intensive Care Med*. 2016;42(7):1164-7.
112. Dipti A, Soucy Z, Surana A, Chandra S. Role of inferior vena cava diameter in assessment of volume status: a meta-analysis. *Am J Emerg Med*. 2012;30(8):1414-9.e1.
113. Celebi Yamanoglu NG, Yamanoglu A, Parlak I, Pinar P, Tosun A, Erkan B, et al. The role of inferior vena cava diameter in volume status monitoring: the best sonographic measurement method? *Am J Emerg Med*. 2015;33(3):433-8.

114. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(7):685-713; quiz 786-8.
115. Pepi M, Tamborini G, Galli C, Barbier P, Doria E, Berti M, et al. A new formula for echo-Doppler estimation of right ventricular systolic pressure. *J Am Soc Echocardiogr.* 1994;7(1):20-6.
116. Lipton B. Estimation of central venous pressure by ultrasound of the internal jugular vein. *Am J Emerg Med.* 2000;18(4):432-4.
117. Donahue SP, Wood JP, Patel BM, Quinn JV. Correlation of sonographic measurements of the internal jugular vein with central venous pressure. *Am J Emerg Med.* 2009;27(7):851-5.
118. Simon MA, Klener DE, Girod JP, Moguillansky D, Villanueva FS, Pacella JJ. Detection of elevated right atrial pressure using a simple bedside ultrasound measure. *Am Heart J.* 2010;159(3):421-7.
119. Deol GR, Collett N, Ashby A, Schmidt GA. Ultrasound accurately reflects the jugular venous examination but underestimates central venous pressure. *Chest.* 2011;139(1):95-100.
120. Nagueh MF, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA, Nagueh SF. Estimation of mean right atrial pressure using tissue Doppler imaging. *Am J Cardiol.* 1999;84(12):1448-51, A8.
121. Sade LE, Gulmez O, Eroglu S, Sezgin A, Muderrisoglu H. Noninvasive estimation of right ventricular filling pressure by ratio of early tricuspid inflow to annular diastolic velocity in patients with and without recent cardiac surgery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20(8):982-8.
122. Firstenberg MS, Levine BD, Garcia MJ, Greenberg NL, Cardon L, Morehead AJ, et al. Relationship of echocardiographic indices to pulmonary capillary wedge pressures in healthy volunteers. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(5):1664-9.
123. Nagueh SF, Kopelen HA, Zoghbi WA. Feasibility and accuracy of Doppler echocardiographic estimation of pulmonary artery occlusive pressure in the intensive care unit. *Am J Cardiol.* 1995;75(17):1256-62.
124. Boussuges A, Blanc P, Molenat F, Burnet H, Habib G, Sainty JM. Evaluation of left ventricular filling pressure by transthoracic Doppler echocardiography in the intensive care unit. *Crit Care Med.* 2002;30(2):362-7.
125. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones 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.
126. Ommen SR, Nishimura RA, Appleton CP, Miller FA, Oh JK, Redfield MM, et al. Clinical utility of Doppler echocardiography and tissue Doppler imaging in the estimation of left ventricular filling pressures: A comparative simultaneous Doppler-catheterization study. *Circulation.* 2000;102(15):1788-94.
127. Sharifov OF, Gupta H. What is the evidence that the tissue Doppler index E/e' reflects left ventricular filling pressure changes after exercise or pharmacological intervention for evaluating diastolic function? A systematic review. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(3):e004766.
128. Combes A, Arnoult F, Trouillet JL. Tissue Doppler imaging estimation of pulmonary artery occlusion pressure in ICU patients. *Intensive Care Med.* 2004;30(1):75-81.
129. Mousavi N, Czarnecki A, Ahmadi R, Tielan Fang, Kumar K, Lytwyn M, et al. The utility of tissue Doppler imaging for the noninvasive determination of left ventricular filling pressures in patients with septic shock. *J Intensive Care Med.* 2010;25(3):163-7.
130. Lancellotti P, Galderisi M, Edvardsen T, Donal E, Goliash G, Cardim N, et al. Echo-Doppler estimation of left ventricular filling pressure: results of the multicentre EACVI Euro-Filling study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017;18(9):961-8.
131. Nauta JF, Hummel YM, van der Meer P, Lam CS, Voors AA, van Melle JP. Correlation with invasive left ventricular filling pressures and prognostic relevance of the echocardiographic diastolic parameters used in the 2016 ESC heart failure guidelines and in the 2016 ASE/EACVI recommendations: a systematic review in patients with heart failure with preserved ejection fraction. *Eur J Heart Fail.* 2018;20(9):1303-11.
132. Sanfilippo F, Corredor C, Fletcher N, Landesberg G, Benedetto U, Foex P, et al. Diastolic dysfunction and mortality in septic patients: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med.* 2015;41(6):1004-13.
133. Lichtenstein DA, Mezière GA, Lagoueyte JF, Biderman P, Goldstein I, Gepner A. A-lines and B-lines: lung ultrasound as a bedside tool for predicting pulmonary artery occlusion pressure in the critically ill. *Chest.* 2009;136(4):1014-20.
134. Ohman J, Harjola VP, Karjalainen P, Lassus J. Assessment of early treatment response by rapid cardiothoracic ultrasound in acute heart failure: cardiac filling pressures, pulmonary congestion and mortality. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2018;7(4):311-20.
135. Halperin BD, Feeley TW, Mihm FG, Chiles C, Guthaner DF, Blank NE. Evaluation of the portable chest roentgenogram for quantitating extravascular lung water in critically ill adults. *Chest.* 1985;88(5):649-52.
136. Jambrik Z, Gargani L, Adamicza A, Kaszaki J, Varga A, Forster T, et al. B-lines quantify the lung water content: a lung ultrasound versus lung gravimetry study in acute lung injury. *Ultrasound Med Biol.* 2010;36(12):2004-10.
137. Enghard P, Rademacher S, Nee J, Hasper D, Engert U, Jorres A, et al. Simplified lung ultrasound protocol shows excellent prediction of extravascular lung water in ventilated intensive care patients. *Crit Care.* 2015;19(1):36.
138. Bindels AJ, van der Hoeven JG, Meinders AE. Pulmonary artery wedge pressure and extravascular lung water in patients with acute cardiogenic pulmonary edema requiring mechanical ventilation. *Am J Cardiol.* 1999;84(10):1158-63.
139. Lichtenstein D, Mézière G, Biderman P, Gepner A, Barré O. The comet-tail artifact. An ultrasound sign of alveolar-interstitial syndrome. *Am J Respir Crit Care Med.* 1997;156(5):1640-6.
140. Agricola E, Bove T, Oppizzi M, Marino G, Zangrillo A, Margonato A, et al. "Ultrasound comet-tail images": a marker of pulmonary edema: a comparative study with wedge pressure and extravascular lung water. *Chest.* 2005;127(5):1690-5.
141. Zhao Z, Jiang L, Xi X, Jiang Q, Zhu B, Wang M, et al. Prognostic value of extravascular lung water assessed with lung ultrasound score by chest sonography in patients with acute respiratory distress syndrome. *BMC Pulm Med.* 2015;15:98.
142. Sakka SG, Klein M, Reinhart K, Meier-Hellmann A. Prognostic value of extravascular lung water in critically ill patients. *Chest.* 2002;122(6):2080-6.
143. Volpicelli G, Skurzak S, Boero E, Carpinteri G, Tengattini M, Stefanone V, et al. Lung ultrasound predicts well extravascular lung water but is of limited usefulness in the prediction of wedge pressure. *Anesthesiology.* 2014;121(2):320-7.
144. Gargani L, Lionetti V, Di Cristofano C, Bevilacqua G, Recchia FA, Picano E. Early detection of acute lung injury uncoupled to hypoxemia in pigs using ultrasound lung comets. *Crit Care Med.* 2007;35(12):2769-74.
145. Noble VE, Murray AF, Capp R, Sylvia-Reardon MH, Steele DJ, Liteplo A. Ultrasound assessment for extravascular lung water in patients undergoing hemodialysis. Time course for resolution. *Chest.* 2009;135(6):1433-9.
146. Caltabeloti F, Monsel A, Arbelot C, Brisson H, Lu Q, Gu WJ, et al. Early fluid loading in acute respiratory distress syndrome with septic shock deteriorates lung aeration without impairing arterial oxygenation: a lung ultrasound observational study. *Crit Care.* 2014;18(3):R91.
147. Haas S, Eichhorn V, Hasbach T, Trepte C, Kutup A, Goetz AE, et al. Goal-directed fluid therapy using stroke volume variation does not result in pulmonary fluid overload in thoracic surgery requiring one-lung ventilation. *Crit Care Res Pract.* 2012;2012:687018.
148. Qutub H, El-Tahan MR, Mowafi HA, El Ghoneimy YF, Regal MA, Al Saflan AA. Effect of tidal volume on extravascular lung water content during one-lung ventilation for video-assisted thoracoscopic surgery: a randomised, controlled trial. *Eur J Anaesthesiol.* 2014;31(9):466-73.
149. Assaad S, Kyriakides T, Tellides G, Kim AW, Perkal M, Perrino A. Extravascular lung water and tissue perfusion biomarkers after lung resection surgery under a normovolemic fluid protocol. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29(4):977-83.

150. Pirompanich P, Karakitsos D, Alharthy A, Gillman LM, Blaivas M, Buchanan BM, et al. Evaluating extravascular lung water in sepsis: three lung-ultrasound techniques compared against transpulmonary thermodilution. *Indian J Crit Care Med.* 2018;22(9):650-5.
151. Corradi F, Brusasco C, Garlaschi A, Paparo F, Ball L, Santori G, et al. Quantitative analysis of lung ultrasonography for the detection of community-acquired pneumonia: a pilot study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:868707.
152. Lichtenstein DA. BLUE-protocol and FALLS-protocol: two applications of lung ultrasound in the critically ill. *Chest.* 2015;147(6):1659-70.
153. Theerawit P, Touman N, Sutherasan Y, Kiatboonsri S. Transthoracic ultrasound assessment of B-lines for identifying the increment of extravascular lung water in shock patients requiring fluid resuscitation. *Indian J Crit Care Med.* 2014;18(4):195-9.
154. Coen D, Cortellaro F, Pasini S, Tombini V, Vaccaro A, Montalbetti L, et al. Towards a less invasive approach to the early goal-directed treatment of septic shock in the ED. *Am J Emerg Med.* 2014;32(6):563-8.
155. Rivers E, Nguyen B, Havstad S, Ressler J, Muzzin A, Knoblich B, Peterson E, Tomlanovich M; Early Goal-Directed Therapy Collaborative Group. Early goal-directed therapy in the treatment of severe sepsis and septic shock. *N Engl J Med.* 2001;345(19):1368-77.
156. Hadjian M, Pinsky MR. Functional hemodynamic monitoring. *Curr Opin Crit Care.* 2007;13(3):318-23.
157. Pinsky MR. Functional hemodynamic monitoring. *Crit Care Clin.* 2015;31(1):89-111.
158. Malbrain ML, Van Regenmortel N, Saugel B, De Tavernier B, Van Gaal PJ, Joannes-Boyau O, et al. Principles of fluid management and stewardship in septic shock: it is time to consider the four D's and the four phases of fluid therapy. *Ann Intensive Care.* 2018;8(1):66.
159. Maitland K, Kiguli S, Opoka RO, Engoru C, Olupot-Olupot P, Akech SO, Nyeko R, Mtove G, Reyburn H, Lang T, Brent B, Evans JA, Tibenderana JK, Crawley J, Russell EC, Levin M, Babiker AG, Gibb DM; FEAST Trial Group. Mortality after fluid bolus in African children with severe infection. *N Engl J Med.* 2011;364(26):2483-95.
160. Vaara ST, Korhonen AM, Kaukonen KM, Nisula S, Inkinen O, Hoppu S, Laurila JJ, Mildt L, Reinikainen M, Lund V, Parviainen I, Pettilä V; FINNAKI Study Group. Fluid overload is associated with an increased risk for 90-day mortality in critically ill patients with renal replacement therapy: data from the prospective FINNAKI study. *Crit Care.* 2012;16(5):R197.
161. Michard F, Teboul JL. Predicting fluid responsiveness in ICU patients: a critical analysis of the evidence. *Chest.* 2002;121(6):2000-8.
162. Cecconi M, Hofer C, Teboul JL, Pettila V, Wilkman E, Molnar Z, Della Rocca G, Aldecoa C, Artigas A, Jog S, Sander M, Spies C, Lefrant JY, De Backer D; FENICE Investigators; ESICM Trial Group. Fluid challenges in intensive care: the FENICE study: a global inception cohort study. *Intensive Care Med.* 2015;41(9):1529-37.
163. Das SK, Choupoo NS, Pradhan D, Saikia P, Monnet X. Diagnostic accuracy of inferior vena caval respiratory variation in detecting fluid unresponsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Anaesthesiol.* 2018;35(11):831-9.
164. Muller L, Bobbia X, Toumi M, Louart G, Molinari N, Ragonnet B, Quintard H, Leone M, Zoric L, Lefrant JY; AzuRea group. Respiratory variations of inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with acute circulatory failure: need for a cautious use. *Crit Care.* 2012;16(5):R188.
165. Barbier C, Loubières Y, Schmit C, Hayon J, Ricôme JL, Jardin F, et al. 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.
166. Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med.* 2004;30(9):1834-7.
167. Duwat A, Zogheib E, Guinot P, Levy F, Trojette F, Diouf M, et al. The gray zone of the qualitative assessment of respiratory changes in inferior vena cava diameter in ICU patients. *Crit Care.* 2014;18(1):R14.
168. Si X, Xu H, Liu Z, Wu J, Cao D, Chen J, et al. Does Respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in mechanically ventilated patients? A systematic review and meta-analysis. *Anesth Analg.* 2018;127(5):1157-64.
169. Bortolotti P, Colling D, Colas V, Voisin B, Dewavrin F, Poissy J, et al. Respiratory changes of the inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with cardiac arrhythmias. *Ann Intensive Care.* 2018;8(1):79.
170. Vignon P, Repessé X, Bégot E, Léger J, Jacob C, Bouferrache K, et al. Comparison of echocardiographic indices used to predict fluid responsiveness in ventilated patients. *Am J Respir Crit Care Med.* 2017;195(8):1022-32.
171. Zhang Z, Xu X, Ye S, Xu L. Ultrasonographic measurement of the respiratory variation in the inferior vena cava diameter is predictive of fluid responsiveness in critically ill patients: systematic review and meta-analysis. *Ultrasound Med Biol.* 2014;40(5):845-53.
172. Long E, Oakley E, Duke T, Babl FE; Paediatric Research in Emergency Departments International Collaborative (PREDICT). Does respiratory variation in inferior vena cava diameter predict fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Shock.* 2017;47(5):550-9.
173. Orso D, Paoli I, Piani T, Cilenti FL, Cristiani L, Guglielmo N. Accuracy of ultrasonographic measurements of inferior vena cava to determine fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Med.* 2020;35(4):354-63.
174. Airapetian N, Maizel J, Alyamani O, Mahjoub Y, Lorne E, Levrard M, et al. Does inferior vena cava respiratory variability predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients? *Crit Care.* 2015;19:400.
175. Préau S, Bortolotti P, Colling D, Dewavrin F, Colas V, Voisin B, et al. Diagnostic accuracy of the inferior vena cava collapsibility to predict fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with sepsis and acute circulatory failure. *Crit Care Med.* 2017;45(3):e290-7.
176. Yao B, Liu JY, Sun YB, Zhao YX, Li LD. The value of the inferior vena cava area distensibility index and its diameter ratio for predicting fluid responsiveness in mechanically ventilated patients. *Shock.* 2019;52(1):37-42.
177. Millington SJ. Ultrasound assessment of the inferior vena cava for fluid responsiveness: easy, fun, but unlikely to be helpful. *Can J Anaesth.* 2019;66(6):633-8.
178. Juhl-Olsen P, Frederiksen CA, Sloth E. Ultrasound assessment of inferior vena cava collapsibility is not a valid measure of preload changes during triggered positive pressure ventilation: a controlled cross-over study. *Ultraschall Med.* 2012;33(2):152-9.
179. Vieillard-Baron A, Evrard B, Repessé X, Maizel J, Jacob C, Goudelin M, et al. Limited value of end-expiratory inferior vena cava diameter to predict fluid responsiveness impact of intra-abdominal pressure. *Intensive Care Med.* 2018;44(2):197-203.
180. Messina A, Dell'Anna A, Baggiani M, Torrini F, Maresca GM, Bennett V, et al. Functional hemodynamic tests: a systematic review and a meta-analysis on the reliability of the end-expiratory occlusion test and of the mini-fluid challenge in predicting fluid responsiveness. *Crit Care.* 2019;23(1):264.
181. Monnet X, Osman D, Ridel C, Lamia B, Richard C, Teboul JL. Predicting volume responsiveness by using the end-expiratory occlusion in mechanically ventilated intensive care unit patients. *Crit Care Med.* 2009;37(3):951-6.
182. Monnet X, Bleibtreu A, Ferré A, Dres M, Gharbi R, Richard C, et al. Passive leg-raising and end-expiratory occlusion tests perform better than pulse pressure variation in patients with low respiratory system compliance. *Crit Care Med.* 2012;40(1):152-7.
183. Jozwiak M, Depret F, Teboul JL, Alphonsine JE, Lai C, Richard C, et al. Predicting fluid responsiveness in critically ill patients by using combined end-expiratory and end-inspiratory occlusions with echocardiography. *Crit Care Med.* 2017;45(11):e1131-8.
184. Georges D, de Courson H, Lanchon R, Sesay M, Nouette-Gaulain K, Biais M. End-expiratory occlusion maneuver to predict fluid responsiveness in the intensive care unit: an echocardiographic study. *Crit Care.* 2018;22(1):32.

185. Muller L, Toumi M, Bousquet PJ, Riu-Poulenc B, Louart G, Candela D, Zoric L, Suehs C, de La Coussaye JE, Molinari N, Lefrant JY; AzuRéa Group. An increase in aortic blood flow after an infusion of 100 ml colloid over 1 minute can predict fluid responsiveness: the mini-fluid challenge study. *Anesthesiology*. 2011;115(3):541-7.
186. Wu Y, Zhou S, Zhou Z, Liu B. A 10-second fluid challenge guided by transthoracic echocardiography can predict fluid responsiveness. *Crit Care*. 2014;18(3):R108.
187. Guinot PG, Bernard E, Defrancq F, Petiot S, Majoub Y, Dupont H, et al. Mini-fluid challenge predicts fluid responsiveness during spontaneous breathing under spinal anaesthesia: an observational study. *Eur J Anaesthesiol*. 2015;32(9):645-9.
188. Mallat J, Meddour M, Durville E, Lemyze M, Pepy F, Temime J, et al. Decrease in pulse pressure and stroke volume variations after mini-fluid challenge accurately predicts fluid responsiveness. *Br J Anaesth*. 2015;115(3):449-56.
189. Biais M, de Courson H, Lanchon R, Pereira B, Bardonneau G, Grison M, et al. Mini-fluid challenge of 100 ml of crystalloid predicts fluid responsiveness in the operating room. *Anesthesiology*. 2017;127(3):450-6.
190. Thomas M, Shillingford J. The circulatory response to a standard postural change in ischaemic heart disease. *Br Heart J*. 1965;27(1):17-27.
191. Gaffney FA, Bastian BC, Thal ER, Atkins JM, Blomqvist CG. Passive leg raising does not produce a significant or sustained autotransfusion effect. *J Trauma*. 1982;22(3):190-3.
192. Boulain T, Achard JM, Teboul JL, Richard C, Perrotin D, Ginies G. Changes in BP induced by passive leg raising predict response to fluid loading in critically ill patients. *Chest*. 2002;121(4):1245-52.
193. Rutlen DL, Wackers FJ, Zaret BL. Radionuclide assessment of peripheral intravascular capacity: a technique to measure intravascular volume changes in the capacitance circulation in man. *Circulation*. 1981;64(1):146-52.
194. Jabot J, Teboul JL, Richard C, Monnet X. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: importance of the postural change. *Intensive Care Med*. 2009;35(1):85-90.
195. Keller G, Desebbe O, Benard M, Bouchet JB, Lehot JJ. Bedside assessment of passive leg raising effects on venous return. *J Clin Monit Comput*. 2011;25(4):257-63.
196. Monnet X, Rienzo M, Osman D, Anguel N, Richard C, Pinsky MR, et al. Passive leg raising predicts fluid responsiveness in the critically ill. *Crit Care Med*. 2006;34(5):1402-7.
197. 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.
198. Maizel J, Airapetian N, Lorne E, Tribouilloy C, Massy Z, Slama M. Diagnosis of central hypovolemia by using passive leg raising. *Intensive Care Med*. 2007;33(7):1133-8.
199. Biais M, Vidil L, Sarrabay P, Cottenceau V, Revel P, Sztark F. Changes in stroke volume induced by passive leg raising in spontaneously breathing patients: comparison between echocardiography and Vigileo/FloTrac device. *Crit Care*. 2009;13(6):R195.
200. Préau S, Saulnier F, Dewavrin F, Durocher A, Chagnon JL. Passive leg raising is predictive of fluid responsiveness in spontaneously breathing patients with severe sepsis or acute pancreatitis. *Crit Care Med*. 2010;38(3):819-25.
201. Guinot PG, Zogheib E, Detave M, Moubarak M, Hubert V, Badoux L, et al. Passive leg raising can predict fluid responsiveness in patients placed on venovenous extracorporeal membrane oxygenation. *Crit Care*. 2011;15(5):R216.
202. Cherpanath TG, Hirsch A, Geerts BF, Lagrand WK, Leeftang MM, Schultz MJ, et al. Predicting fluid responsiveness by passive leg raising: a systematic review and meta-analysis of 23 clinical trials. *Crit Care Med*. 2016;44(5):981-91.
203. Monnet X, Marik P, Teboul JL. Passive leg raising for predicting fluid responsiveness: a systematic review and meta-analysis. *Intensive Care Med*. 2016;42(12):1935-47.
204. Kim N, Shim JK, Choi HG, Kim MK, Kim JY, Kwak YL. Comparison of positive end-expiratory pressure-induced increase in central venous pressure and passive leg raising to predict fluid responsiveness in patients with atrial fibrillation. *Br J Anaesth*. 2016;116(3):350-6.
205. Marik PE, Levitov A, Young A, Andrews L. The use of bioimpedance and carotid Doppler to determine volume responsiveness and blood flow redistribution following passive leg raising in hemodynamically unstable patients. *Chest*. 2013;143(2):364-70.
206. Mahjoub Y, Touzeau J, Airapetian N, Lorne E, Hijazi M, Zogheib E, et al. The passive leg-raising maneuver cannot accurately predict fluid responsiveness in patients with intra-abdominal hypertension. *Crit Care Med*. 2010;38(9):1824-9.
207. Beurton A, Teboul JL, Giroto V, Galarza L, Anguel N, Richard C, et al. Intra-abdominal hypertension is responsible for false negatives to the passive leg raising test. *Crit Care Med*. 2019;47(8):e639-47.
208. Joseph MX, Disney PJ, Da Costa R, Hutchison SJ. Transthoracic echocardiography to identify or exclude cardiac cause of shock. *Chest*. 2004;126(5):1592-7.
209. Cecconi M, De Backer D, Antonelli M, Beale R, Bakker J, Hofer C, et al. Consensus on circulatory shock and hemodynamic monitoring. Task force of the European Society of Intensive Care Medicine. *Intensive Care Med*. 2014;40(12):1795-815.
210. Ihlen H, Amliè JP, Dale J, Forfang K, Nitter-Hauge S, Otterstad JE, et al. Determination of cardiac output by Doppler echocardiography. *Br Heart J*. 1984;51(1):54-60.
211. Dinh VA, Ko HS, Rao R, Bansal RC, Smith DD, Kim TE, et al. Measuring cardiac index with a focused cardiac ultrasound examination in the ED. *Am J Emerg Med*. 2012;30(9):1845-51.
212. Dubrey SW, Falk RH. Optimal number of beats for the Doppler measurement of cardiac output in atrial fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 1997;10(1):67-71.
213. Wetterslev M, Moller-Sorensen H, Johansen RR, Perner A. Systematic review of cardiac output measurements by echocardiography vs. thermodilution: the techniques are not interchangeable. *Intensive Care Med*. 2016;42(8):1223-33.
214. Crossingham IR, Nethercott DR, Columb MO. Comparing cardiac output monitors and defining agreement: a systematic review and meta-analysis. *J Intensive Care Soc*. 2016;17(4):302-13.
215. Mercado P, Maizel J, Beyls C, Titeca-Beauport D, Joris M, Kontar L, et al. Transthoracic echocardiography: an accurate and precise method for estimating cardiac output in the critically ill patient. *Crit Care*. 2017;21(1):136.

## APÊNDICE 1 - ESTRATÉGIA DE BUSCA PUBMED/MEDLINE®

### Domínio 1: Avaliação da função ventricular esquerda

((“Echocardiography”[Mesh] AND [“Intensive Care Units”[Mesh] OR “Emergency Medical Services”[Mesh] OR “Hospital Medicine”[Mesh]]) AND ((“Heart Ventricles”[Mesh] OR “Systole”[Mesh] OR “Ventricular Dysfunction, Left”[Mesh] OR “Heart Failure, Systolic”[Mesh])) AND ((Spanish[lang] OR Portuguese[lang] OR English[lang] ) ) AND adult[MeSH]))

### Domínio 2: Avaliação da função ventricular direita

((“Echocardiography”[Mesh] AND [“Intensive Care Units”[Mesh] OR “Emergency Medical Services”[Mesh] OR “Hospital Medicine”[Mesh]]) AND (“Heart Ventricles”[Mesh] OR “Pulmonary Heart Disease” OR “Respiratory Distress Syndrome, Adult”[Mesh] OR “Hypertension, Pulmonary”[Mesh]))

### Domínio 3: Avaliação hemodinâmica

((“Echocardiography”[Mesh] AND [“Intensive Care Units”[Mesh] OR “Emergency Medical Services”[Mesh] OR “Hospital Medicine”[Mesh]]) AND (“Hemodynamics”[Mesh] OR “Cardiac Output”[Mesh] OR “Stroke Volume”[Mesh] OR “Vena Cava, Inferior”[Mesh] OR “Extravascular Lung Water”[Mesh] OR “Circulatory and Respiratory Physiological Phenomena”[Mesh]))

### Domínio 4: Avaliação diagnóstica dos choques

((“Echocardiography”[Mesh] AND [“Intensive Care Units”[Mesh] OR “Emergency Medical Services”[Mesh] OR “Hospital Medicine”[Mesh]]) AND (“Shock”[Mesh] OR “Hypovolemia”[Mesh] OR “Cardiac Tamponade”[Mesh] OR “Shock, Septic”[Mesh]))