



# REVISTA BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA

Publicação Oficial da Sociedade Brasileira de Anestesiologia  
www.sba.com.br



## ARTIGO ESPECIAL

# Consenso sobre Ecocardiografia Transesofágica Perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia



Marcello Fonseca Salgado-Filho<sup>a,b,\*</sup>, Samira Saady Morhy<sup>c,d</sup>,  
Henrique Doria de Vasconcelos<sup>a,e,f</sup>, Eric Benedet Lineburger<sup>a,g</sup>,  
Fabio de Vasconcelos Papa<sup>a,h</sup>, Eduardo Souza Leal Botelho<sup>a,i,j</sup>,  
Marcelo Ramalho Fernandes<sup>a,k,l</sup>, Maurício Daher<sup>a,m</sup>, David Le Bihan<sup>c,n,o,p</sup>,  
Chiara Scaglioni Tessmer Gatto<sup>a,q,r</sup>, Cláudio Henrique Fischer<sup>c,d,s</sup>,  
Alexander Alves da Silva<sup>a,t</sup>, Carlos Galhardo Júnior<sup>a,i</sup>,  
Carolina Baeta Neves<sup>a,n,s</sup>, Alexandre Fernandes<sup>a,i,j</sup> e Marcelo Luiz Campos Vieira<sup>c,d,q,r</sup>

<sup>a</sup> Núcleo Vida – Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (ETTI/SBA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>b</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), Juiz de Fora, MG, Brasil

<sup>c</sup> Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DIC/SBC), São Paulo, SP, Brasil

<sup>d</sup> Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP, Brasil

<sup>e</sup> Universidade Federal do Vale da São Francisco (Univasf), Petrolina, PE, Brasil

<sup>f</sup> Johns Hopkins University, Baltimore, EUA

<sup>g</sup> Hospital São José, Criciúma, SC, Brasil

<sup>h</sup> Takaoka Anestesia, São Paulo, SP, Brasil

<sup>i</sup> Instituto Nacional de Cardiologia (INC), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>j</sup> Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>k</sup> Hospital Pró-Cardíaco, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>l</sup> Hospital Copa Star, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

<sup>m</sup> Instituto de Cardiologia do Distrito Federal, Brasília, DF, Brasil

<sup>n</sup> Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia, São Paulo, SP, Brasil

<sup>o</sup> Hospital do Rim e Hipertensão, São Paulo, SP, Brasil

\* Autor para correspondência.

E-mail: [mfonsecasalgado@hotmail.com](mailto:mfonsecasalgado@hotmail.com) (M.F. Salgado-Filho).

<sup>p</sup> Grupo Dasa, São Paulo, SP, Brasil

<sup>q</sup> Instituto do Coração (Incor), São Paulo, SP, Brasil

<sup>r</sup> Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), São Paulo, SP, Brasil

<sup>s</sup> Universidade Federal de São Paulo (Unifesp), São Paulo, SP, Brasil

<sup>t</sup> São Paulo Serviços Médicos de Anestesia (SMA), São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 20 de junho de 2017; aceito em 17 de julho de 2017

Disponível na Internet em 1 de setembro de 2017

## PALAVRAS-CHAVE

Ecocardiografia;  
Transesofágico;  
Perioperatório

**Resumo** A Sociedade Brasileira de Anestesiologia, pelo Núcleo Vida de Ecocardiografia Transe-sofágica Intraoperatória (ETTI/SBA) juntamente com o Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DIC/SBC), fez uma força-tarefa para normatizar a feitura da ecocardiografia transe-sofágica intraoperatória para os anestesiológicos e ecocar-diografistas brasileiros com base nas evidências científicas da Sociedade dos Anestesiológicos Cardiovasculares/Sociedade Americana de Ecocardiografia (SCA/ASE) e da Sociedade Brasileira de Cardiologia.

© 2017 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Publicado por Elsevier Editora Ltda. Este é um artigo Open Access sob uma licença CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## KEYWORDS

Echocardiography;  
Transesophageal;  
Perioperative

**Consensus on Perioperative Transesophageal Echocardiography of the Brazilian Society of Anesthesiology and the Department of Cardiovascular Image of the Brazilian Society of Cardiology**

**Abstract** Through the Life Cycle of Intraoperative Transesophageal Echocardiography (ETTI/SBA) the Brazilian Society of Anesthesiology, together with the Department of Cardiovascular Image of the Brazilian Society of Cardiology (DIC/SBC), created a task force to standardize the use of intraoperative transesophageal echocardiography by Brazilian anesthesiologists and echocardiographers based on scientific evidence from the Society of Cardiovascular Anesthesiologists/American Society of Echocardiography (SCA/ASE) and the Brazilian Society of Cardiology.

© 2017 Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Published by Elsevier Editora Ltda. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

## Introdução

Desde a sua introdução na prática clínica no fim da década de 1980, a ecocardiografia transe-sofágica (ETE) tem se tornado uma das principais modalidades diagnósticas em cardiologia, pois orienta as condutas anestésico/cirúrgicas e diminui a morbidade e mortalidade em cirurgias cardíacas.<sup>1</sup> Devido à grande proximidade entre o esôfago e o coração, ausência de ossos ou tecido pulmonar e ao uso de transdutores de alta frequência é possível obter imagens de alta qualidade.<sup>1</sup>

A primeira diretriz sobre ETE perioperatória foi publicada em 1999 pela Sociedade dos Anestesiológicos Cardiovasculares/Sociedade Americana de Ecocardiografia (SCA/ASE), que definiu a nomenclatura e os 20 cortes básicos da ETE.<sup>2</sup> No Brasil, temos as diretrizes da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) sobre o uso da ETE.<sup>3</sup> Os níveis de evidência

e as indicações do uso da ETE em cirurgias cardíacas e não cardíacas encontram-se na [tabela 1](#).

As diretrizes da SCA/ASE e da SBC definem os profissionais habilitados a usar a ecocardiografia como método diagnóstico ou como monitoração hemodinâmica segundo os seus critérios de conhecimentos básicos e avançados.<sup>1,3</sup> No Brasil, está sendo definida a área de atuação em ecocardiografia perioperatória pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) juntamente com a SBC. Como primeiro passo de padronização dessa habilitação e com o intuito de promover educação continuada aos seus associados, nos últimos cinco anos a SBA tem ministrado o curso de ecocardiografia intraoperatória (ETI/SBA), dividido em dois módulos, básico (Módulo I) e avançado (Módulo II).<sup>4</sup>

Dessa forma, esse consenso de ETE intraoperatória da SBA e do DIC/SBC tem como objetivo normatizar a feitura da ecocardiografia intraoperatória para os anestesiológicos

**Tabela 1** Níveis de evidência da ecocardiografia transesofágica intraoperatória

Recomendações	Classe
Distúrbios hemodinâmicos graves, agudos e persistentes, com função ventricular duvidosa, que não respondem a tratamento	I
Reparo ou troca cirúrgica de lesões valvares, doenças da aorta e miocardiopatia hipertrófica	I
Aneurisma ventricular, remoção de tumores cardíacos, tromboectomia intracardíaca e embolectomia pulmonar	I
Cirurgia de cardiopatia congênita com circulação extracorpórea	I
Colocação de dispositivos intracardíacos	I
Avaliação de derrame pericárdico loculado ou posterior	I
Avaliação de procedimentos transcater (fechamento de comunicação interatrial, oclusão de apêndice atrial, procedimentos valvares transcater)	I
Avaliação da função miocárdica após revascularização do miocárdio com ou sem circulação extracorpórea	Ila
Cirurgias não cardíacas de grande porte em pacientes de alto risco	Ila

e ecocardiografistas brasileiros com base nas evidências científicas da ASE/SCA e da SBC.

### Equipamento

A sonda de ETE foi desenvolvida para aprimorar imagens para as quais a técnica transtorácica apresentava limitações, tais como em pacientes obesos, enfisematosos e nas anomalias torácicas.<sup>1</sup> A onda de ultrassom (US) do ETE atravessa apenas o esôfago e o pericárdio para formar as imagens do coração. Dessa forma, obtêm-se imagens com maior resolução e maior número de cortes anatômicos (fig. 1). Além disso, o transdutor do ETE pode ficar fixo em determinada parte do esôfago ou estômago, possibilita uma análise mais detalhada da anatomia cardíaca.<sup>1,5</sup> Os transdutores de ETE atuais funcionam com frequência de emissão de 3,5 a 7 MHz, pode chegar até 20 MHz.<sup>5</sup>

A maioria das sondas de ETE para adultos apresenta dois manetes na empunhadura. Um faz um movimento de anteflexão e retroflexão e o outro faz um movimento de laterização, para a esquerda e direita.<sup>1</sup> Os transdutores multiplanares apresentam controle do ângulo do plano do feixe ultrassônico, que pode variar de 0° a 180°. Todos esses controles, associados à retirada e introdução da sonda no esôfago, possibilitam a visualização de vários cortes ecocardiográficos (fig. 2).<sup>1,6</sup>

A sonda de ETE de adulto tem aproximadamente 100 cm e o diâmetro varia de 9 a 12 mm, 1 a 2 mm mais espesso na ponta. Para o uso da sonda de ETE de adulto, o paciente deverá ter ao menos 20 Kg.<sup>7</sup>

### Complicações

As complicações provenientes do uso do ETE podem ser separadas em dois grupos: 1- trauma direto do esôfago, estômago e/ou via aérea; 2- efeitos indiretos do ETE (tabela 2).<sup>1</sup>

No grupo 1 as complicações incluem: sangramento esofágico, queimadura, disfagia e desconforto laríngeo.<sup>6</sup> A maioria dessas complicações ocorre durante a passagem da sonda. Nos pacientes que serão submetidos à cirurgia com circulação extracorpórea, a passagem da sonda deverá ocorrer antes da heparinização e a retirada só deverá ocorrer

após a reversão com protamina e com o tempo de coagulação ativado (TCA) menor do que 120 segundos.<sup>1</sup>

Em um estudo com 10.000 exames de ETE houve um caso de perfuração da hipofaringe (0,01%), dois casos de perfuração do esôfago cervical (0,02%) e nenhum caso de perfuração gástrica (0%). A incidência de morbidade e mortalidade é de 0,2% e 0%, respectivamente.<sup>8</sup>

As complicações mais comuns associadas ao uso do ETE intraoperatório são: odinofagia (0,1%), lesão dentária (0,03%), mau posicionamento do tubo orotraqueal (0,03%), hemorragia do trato gastrointestinal superior (0,03%), bacteriemia (0% a 17%). Apesar de a incidência de bacteriemia ser elevada, não há correlação com o desenvolvimento de endocardite infecciosa.<sup>8</sup>

No grupo 2, temos as complicações indiretamente relacionadas ao ETE, que incluem: alterações hemodinâmicas, pulmonares, manipulações na via aérea e distração na atenção ao paciente.<sup>8</sup> É importante deixar ligado todos os alarmes do aparelho de anestesia e dos monitores, pois o aparelho de ETE pode estar posicionado de forma que dificulte a visualização de todos os monitores de uma só vez. Além disso, durante o exame, o examinador pode ficar desatento com o paciente e tentar fazer alguma imagem ecocardiográfica ou definir um diagnóstico. Inicialmente, é importante o exame ecocardiográfico com um segundo anestesista, para que, enquanto um anestesista faz o exame ecocardiográfico, o outro anestesista ajude no controle intensivo do paciente.<sup>1,9</sup>

**Tabela 2** Complicações do ecocardiograma transesofágico

#### Trauma direto da via aérea e do esôfago

- Sangramento esofágico
- Queimadura esofágica
- Disfagia
- Bacteriemia
- Paralisia das cordas vocais

#### Efeitos indiretos

- Alterações hemodinâmicas e pulmonares
- Manipulação inadvertida da via aérea
- Distração no cuidado ao paciente

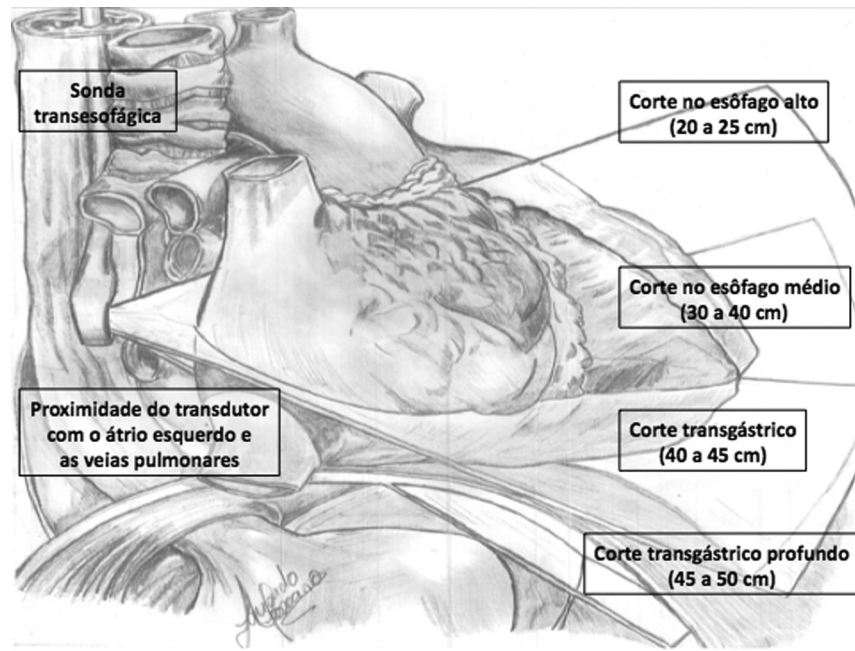


Figura 1 Relações anatômicas entre a sonda transesofágica, o esôfago e o coração.

## Técnica de passagem da sonda

A introdução da sonda deve ser feita com o paciente anestesiado, após a intubação traqueal.<sup>1</sup> A sonda deve ser lubrificada com geleia própria para ETE (normalmente geleia de lidocaína ou lubrificante íntimo) e o estômago pode ser esvaziado previamente, para aprimorar as imagens.<sup>1</sup>

A passagem da sonda é muitas vezes um desafio. A técnica consiste em lubrificá-la adequadamente, passá-la na porção posterior da orofaringe e com a mão esquerda fazer uma elevação da mandíbula. Passar pelo esfíncter superior do esôfago é o momento crítico do procedimento e quando podem ocorrer as complicações mais graves. A sonda deve progredir em direção ao esôfago sem resistência.<sup>6</sup> Se houver resistência à passagem da sonda, essa normalmente ocorre porque sua ponta aloja-se no seio piriforme, na valécua epiglótica, na parte posterior da língua ou em divertículos esofagianos. A sonda nunca deve ser forçada contra uma resistência, pois pode acarretar complicações como perfuração e sangramento.<sup>1</sup>

Outra técnica que pode ser usada é a introdução da sonda com a ajuda do laringoscópio. Nesse caso, deve-se tomar

cuidado com o estímulo hemodinâmico desencadeado por uma segunda laringoscopia.<sup>1</sup>

O exame de ETE permite análise anatômica intra e extracardíaca, dos grandes vasos da base, análise de defeitos cardíacos congênitos e análise qualitativa e quantitativa dos fluxos no modo Doppler.<sup>1,3</sup> Um exame completo durante o período intraoperatório não só caracteriza o perfil hemodinâmico do paciente, mas pode levar a modificações na abordagem cirúrgica em até 25% dos exames, nos quais são observadas alterações como a presença de um forame oval patente (FOP), trombos em átrio esquerdo (AE) ou placas de ateroma na aorta ascendente (Ao Asc).<sup>8</sup>

Os exames feitos devem ser arquivados em uma mídia digital para posterior análise e laudo. Dessa forma, é possível fazer uma análise da evolução do paciente tanto no período intraoperatório quanto no pós-operatório.<sup>6</sup>

## Manipulação da sonda do ecocardiograma transesofágico

O correto uso das funções da sonda de ETE multiplanar proporciona obtenção adequada das imagens cardíacas durante

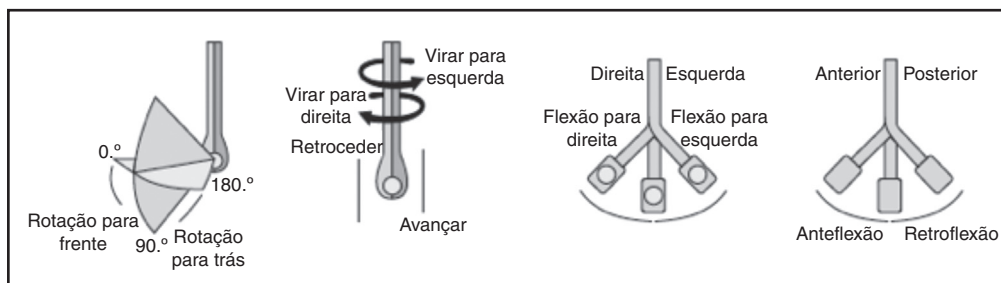
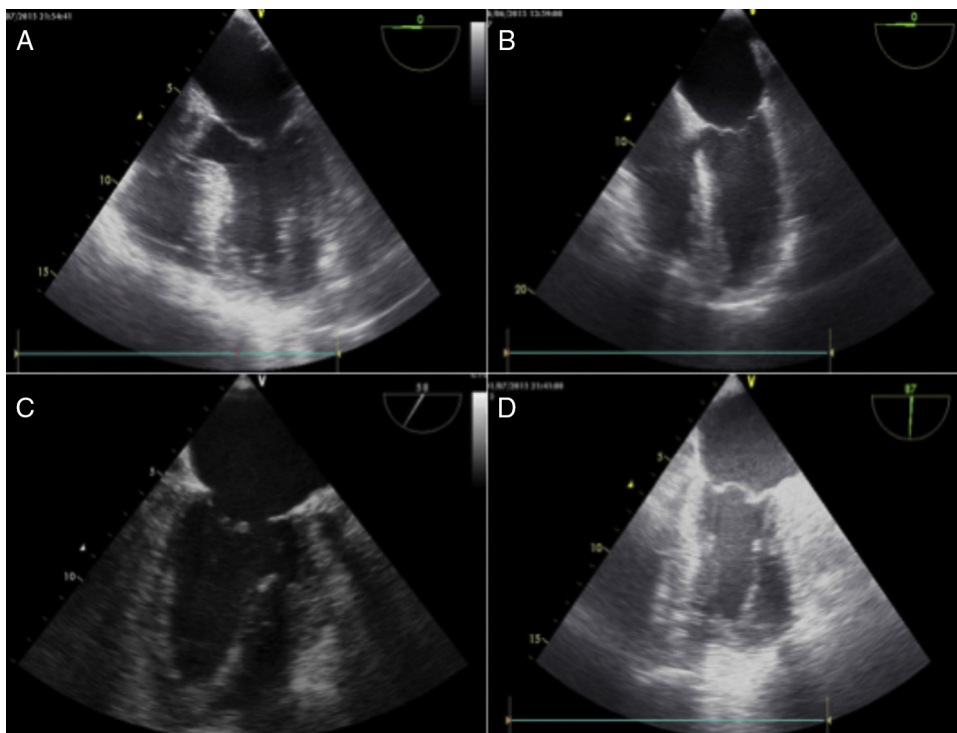


Figura 2 Movimentos de manipulação da sonda e do transdutor para obtenção das imagens ecocardiográficas. Adaptado de Galhardo Jr. et al.<sup>6</sup>



**Figura 3** (A) Corte do esôfago médio cinco câmaras. (B) Corte do esôfago médio quatro câmaras. (C) Corte do esôfago médio comissural. (D) Corte do esôfago médio duas câmaras.

o exame intraoperatório. Além disso, a correta manipulação da sonda diminui a incidência de complicações no esôfago e no estômago.

A movimentação da sonda no sentido caudal e cranial produz modificações nas imagens no sentido inferior e superior do coração, respectivamente (esôfago alto: aproximadamente entre 20 e 25 cm; esôfago médio: aproximadamente entre 30 e 40 cm; transgástrico (TG): cerca de 40 a 45 cm; TG profundo: cerca de 45 a 50 cm). Alterações para direita ou para esquerda do coração podem ser obtidas com a movimentação da sonda em sentido horário ou anti-horário. O melhor alinhamento das imagens pode ser obtido com o movimento anterior ou posterior da sonda, usa-se, para isso, anteflexão ou retroflexão com auxílio da manopla maior da sonda.<sup>1</sup> O modo multiplanar do ETE proporciona ajustes finos no ângulo de inclinação do plano da imagem e consequentemente possibilita análises anatômicas mais precisas. O ângulo pode variar de 0° a 180°<sup>1</sup> (fig. 2).

### Exame ecocardiográfico abrangente

A descrição da técnica de feitura do exame ecocardiográfico transesofágico abrangente seguirá o modelo da ASE/SCA.<sup>1,2</sup> A nomenclatura das cúspides da valva mitral (VM) seguirá a classificação de Carpentier et al.<sup>10</sup> Seguem os cortes estabelecidos para essa análise completa.

#### Corte esôfago médio cinco câmaras

Avançar a sonda até 30 cm dos incisivos no esôfago médio. Rotacionar o ângulo do transdutor em até 10° e procurar a

via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) e a valva aórtica (VA) e flexionar a sonda anteriormente. É chamado de cinco câmaras pois visibilizamos o AE, o átrio direito (AD), o ventrículo esquerdo (VE), o ventrículo direito (VD) e a VSVE com parte da VA. Avaliação da função regional do VE é prejudicada pelo encurtamento do ápice (fig. 3A).

#### Corte esôfago médio quatro câmaras

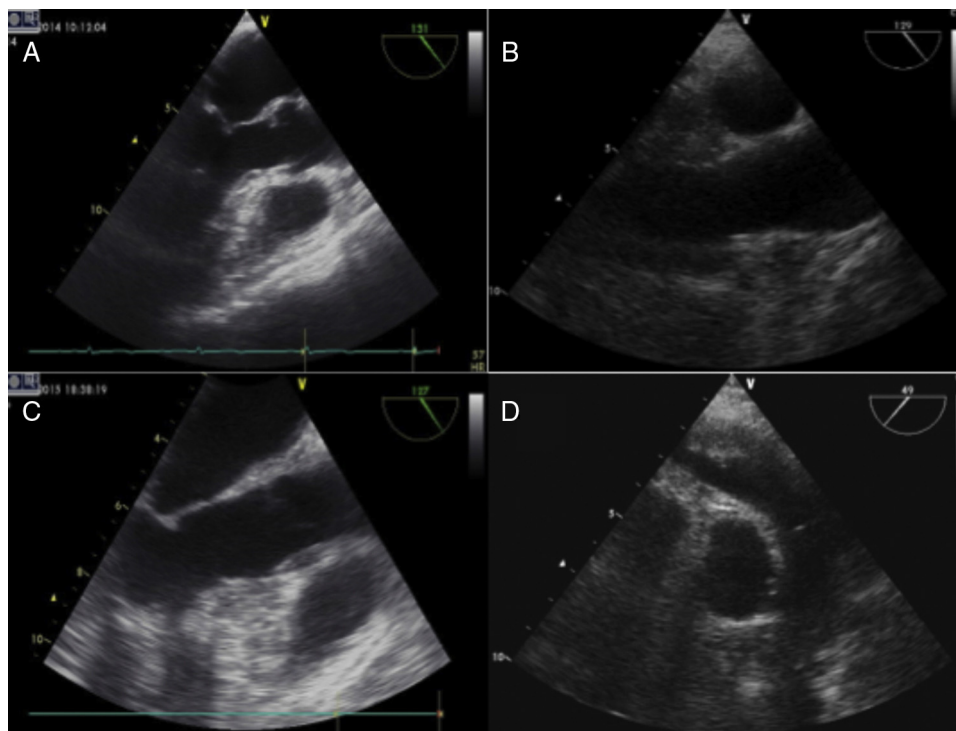
Avançar a sonda da posição anterior (cinco câmaras) até 30 a 35 cm. Podemos descrever o VE, VD, AE, AD, o septo interatrial (SIA), a VM e a valva tricúspide (VT). O ápice verdadeiro (não encurtado) poderá ser exposto através da retroflexão da sonda. É uma das visualizações mais usadas para diagnóstico (fig. 3B).

#### Corte esôfago médio comissural mitral

A partir da posição anterior (quatro câmaras), rotacionar a sonda até 45 a 60°. A VM tem uma aparência típica nessa imagem (segmentos P<sub>1</sub>-A<sub>2</sub>-P<sub>3</sub>), o corte passa pelo eixo comissural da VM. Os músculos papilares e as cordas tendíneas são identificados. Pequenas manipulações da sonda nessa imagem podem fornecer detalhes anatômicos e uma análise mais completa da VM (fig. 3C).

#### Corte esôfago médio duas câmaras

A partir da visualização comissural, rotacionar o ângulo entre 60° a 90°. Identifica-se o AE, o apêndice atrial esquerdo (AAE), o VE e a VM. As paredes anterior e inferior



**Figura 4** (A) Corte do esôfago médio eixo longo. (B) Corte do esôfago médio aorta ascendente eixo longo. (C) Corte do esôfago médio valva aórtica eixo longo. (D) Corte do esôfago médio aorta ascendente eixo curto.

são expostas e pode-se avaliar tanto a função ventricular quanto valvar mitral. O seio venoso coronariano (SC) é visto em eixo curto, logo acima da parede basal inferior do VE (fig. 3D).

#### Corte esôfago médio do eixo longo

Na janela de duas câmaras, rotacionar o ângulo para 120°. O AE, VE, VSVE, VA, Ao Asc proximal, SC e a VM (segmentos P<sub>2</sub> e A<sub>2</sub>) são visibilizados. Ajustes são feitos para maximizar o diâmetro da VSVE e tirar suas medidas com precisão. Pode-se averiguar a movimentação anterossseptal e inferolateral do VE (fig. 4A).

#### Corte esôfago médio eixo longo da valva aórtica

Retira-se a sonda alguns centímetros da posição do eixo longo no esôfago médio. Mantém-se ângulo de 120° a 140°. Alinha-se a VSVE, a VA e a Ao Asc proximal onde a partir desse ponto pode-se avaliar a VA e mensurar diâmetros sinotubulares e anulares da Ao. Averiguar placas ateroscleróticas protuberantes também é uma utilidade dessa janela.

#### Corte esôfago médio eixo longo da aorta ascendente

A partir da visibilização do eixo longo da VA, retira-se a sonda, girada no sentido anti-horário, 90°-110°. Inspeccionam-se as paredes da Ao Asc em diversas profundidades a depender da patologia. Dissecção, suturas de enxertos são exemplos de avaliações nessa janela

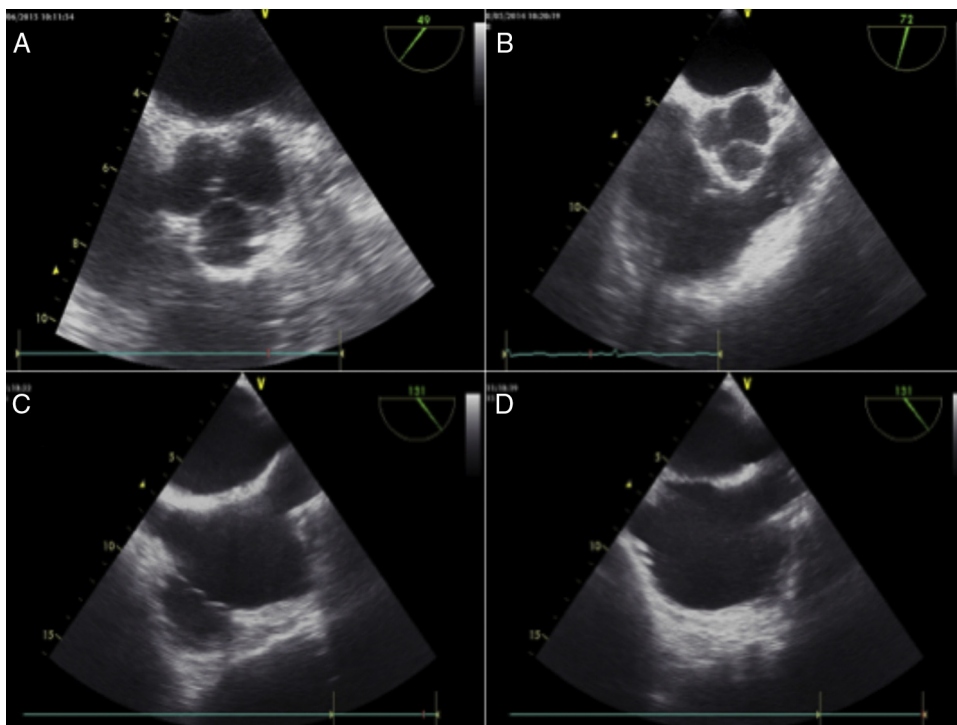
(fig. 4B). A porção distal da Ao Asc e o arco aórtico proximal não costumam ser visibilizados por essa técnica, impõem a necessidade de complementação com ultrassonografia epiórtica no auxílio de canulações arteriais (fig. 4C).

#### Corte esôfago alto eixo curto da aorta ascendente

A partir da visibilização do eixo longo da VA (120° a 140°), retira-se a sonda e, com a rotação no sentido anti-horário 90°, tem-se a imagem do eixo curto da Ao Asc e da veia cava superior (VCS). A artéria pulmonar principal pode ser vista com bifurcação (giro da sonda para a esquerda) e o ramo direito da artéria pulmonar pode ser visto em grande extensão (giro da sonda para a direita). É uma boa janela para verificar posicionamento do cateter de artéria pulmonar (fig. 4D).

#### Corte esôfago médio veia pulmonar direita

Da posição anterior (eixo curto da Ao Asc) retroceder a sonda entre 0° a 60° e girar no sentido horário. As veias pulmonares (VVPP) superior direita (VPSD) e inferior direita (VPID) são visibilizadas. A VPSD mostra-se com fluxo paralelo ao feixe de US e pode ser avaliada através do modo Doppler. Ocasionalmente, uma veia pulmonar lobar direita média pode ser vista a entrar no AE entre os orifícios da VPSD e VPID. A avaliação das VVPP tem especial interesse nas doenças congênitas.



**Figura 5** (A) Corte do esôfago médio valva aórtica eixo curto. (B) Corte do esôfago médio entrada e saída do ventrículo direito. (C) Corte do esôfago médio bicaval modificado. (D) Corte do esôfago médio bicaval.

### Corte esôfago médio eixo curto da valva aórtica

Do local anteriormente descrito (veia pulmonar direita), retornar a Ao ao centro na tela, com giro da sonda no sentido anti-horário. Avançar até os folhetos comissurais da VA num ângulo aproximado de 45°. Observa-se a morfologia geral da VA (número de válvulas, presença de calcificações, mobilidade), além de determinar se há presença de estenose aórtica pela planimetria. Abaulamento de SIA continuamente no ciclo cardíaco por pressões elevadas também pode ser observado nessa janela (fig. 5A). A partir dessa posição, a discreta retirada da sonda ou sua anteflexão demonstra, também, o AAE.

### Corte esôfago médio das vias de entrada e saída do ventrículo direito

Do eixo curto da VA, avançar a sonda e rotacionar o ângulo do transdutor entre 50° a 70° até a visualização da VT, via de entrada do VD, via de saída do VD (VSVD) e artéria pulmonar proximal. Observa-se, além disso, o AD, o AE, o SIA, o VD e a valva pulmonar (VP). É superior quando comparado com a visualização de quatro câmaras no plano do esôfago médio para análise do fluxo pela VT no modo Doppler. Essa janela também é útil nas cardiopatias congênitas e no posicionamento correto do cateter de artéria pulmonar (fig. 5B).

### Corte esôfago médio bicaval modificado

Da janela de via de entrada e VSVD, com giro no sentido horário entre 50° a 70°, centralizamos a VT e visibilizamos

o AE, SIA, AD e veia cava inferior (VCI). Pode ser uma janela superior para analisar fluxos regurgitantes excêntricos pela VT no modo Doppler (fig. 5C).

### Corte esôfago médio bicaval

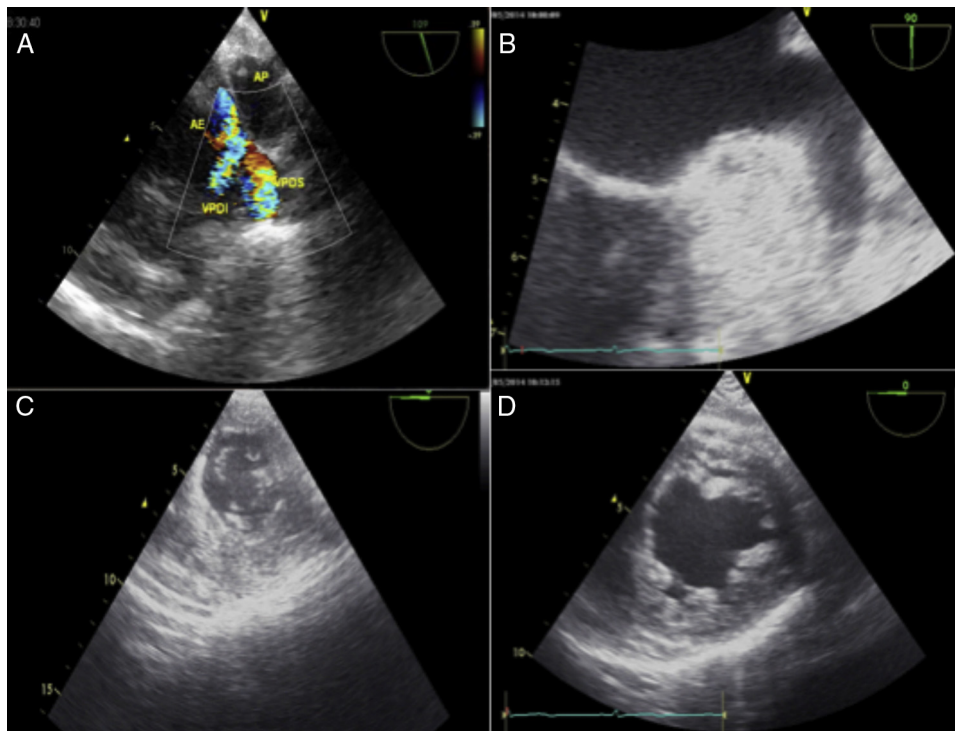
Da janela descrita anteriormente (bicaval modificada) elevar a rotação angular para 90° a 110° e girar a sonda no sentido horário. Estruturas a serem analisadas incluem o AE, o SIA, o AD, a VCS, a VCI e o apêndice atrial direito (AAD). Essa posição de visualização é especialmente importante na análise de FOP, dos defeitos do SIA e para detectar ar dentro dos átrios, assim como auxiliar na passagem dificultosa do cateter de artéria pulmonar para o VD (fig. 5D).

### Corte esôfago médio veias pulmonares direita e esquerda

Na posição bicaval no esôfago médio (90° a 110°) continuar a girar a sonda no sentido horário até visualizar a VPSD e a VPID. Ao girar a sonda no sentido anti-horário, observamos as veias pulmonares superior esquerda (VPSE) e inferior esquerda (VPIE) na extremidade direita da tela, onde se encontra alinhada paralelamente com o feixe sonoro do US, é ideal para análise de fluxo no modo Doppler (fig. 6A).

### Corte esôfago médio apêndice atrial esquerdo

Esse corte é obtido no esôfago médio, com uma angulação entre 90° e 110°, vira-se a sonda no sentido horário. Com frequência a veia pulmonar superior esquerda (VPSE) é



**Figura 6** (A) Corte do esôfago superior veia pulmonar direita e esquerda. (B) Corte esôfago médio apêndice atrial esquerdo. (C) Corte transgástrico basal eixo curto. (D) Corte transgástrico mediopapilar eixo curto.

visibilizada. Devido à complexa e variável anatomia do AAE, a sua avaliação deve ser feita em diferentes cortes. O Doppler colorido e o Doppler pulsátil são modalidades úteis de avaliação, principalmente com relação à função contrátil do AAE (fig. 6B).

### Corte transgástrico basal eixo curto

Do esôfago médio a sonda é avançada até o estômago e mantém a angulação em 0°. Durante a introdução da sonda, muitas vezes o SC e a VT são visibilizados. Uma vez no estômago, esse corte é obtido com uma leve anteflexão da sonda. A sua imagem característica é a VM no seu eixo curto (*fish mouth*), com a cúspide anterior à esquerda e a posterior à direita. A morfologia da VM e o tamanho e função do VE podem ser avaliados. Em pacientes com insuficiência mitral, o uso do Doppler colorido pode ser útil em caracterizar o seu orifício regurgitante (fig. 6C).

### Corte transgástrico mediopapilar eixo curto

A partir do corte TG basal eixo curto, a sonda deve voltar à posição neutra, ou ser minimamente avançada, mantêm-se a angulação em 0°. Esse corte é extremamente útil na avaliação e monitoração do volume, tamanho, da função regional e global do VE, além da avaliação dos territórios irrigados pelas artérias coronária direita (CD), descendente anterior (DA) e circunflexa (Cx). Nele podem ser identificadas as paredes anterior, inferior, inferolateral, anterolateral

e septal VE, além dos músculos papilares anterolateral e posteromedial (fig. 6D).

### Corte transgástrico apical eixo curto

Mantido o contato com a parede gástrica, a sonda é ligeiramente avançada e/ou retrofletida a partir do corte TG mediopapilar eixo curto, favorece a visualização dos segmentos apicais do VE e do VD (vira-se a sonda no sentido horário). Esse corte pode ser difícil de ser obtido devido a eventual perda de contato da sonda com a parede gástrica causada pela retroflexão da sonda (fig. 7A).

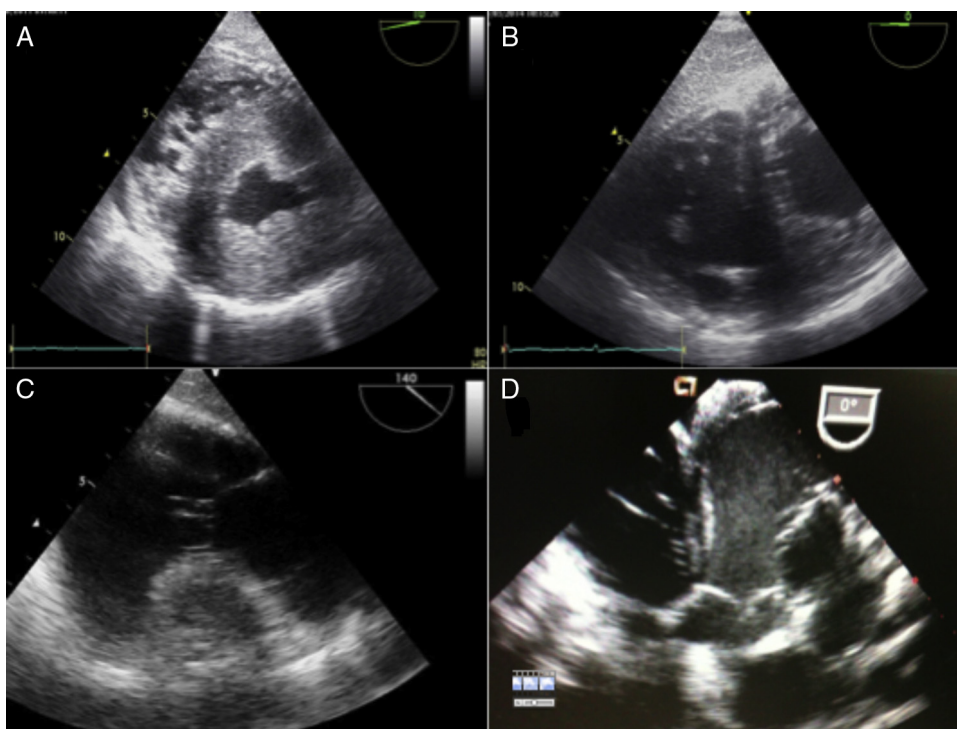
### Corte transgástrico basal do ventrículo direito

Essa imagem é obtida no mesmo nível que o corte TG basal eixo curto, somente vira-se a sonda no sentido horário. A VT é visibilizada em seu eixo curto. O uso do Doppler colorido nesse corte pode ajudar a caracterizar o orifício regurgitante da VT (fig. 7B).

### Corte transgástrico entrada e saída do ventrículo direito

Essa imagem é ortogonal em relação à descrita anteriormente (basta rotacionar o transdutor em 90°). As cúspides anterior e posterior da VT e válvulas esquerda e direita da VP são normalmente visibilizadas. Esse corte pode ser usado para alinhar o fluxo na VP com o feixe do US para uso dos modos Doppler contínuo e pulsátil (fig. 7C).





**Figura 7** (A) Corte transgástrico apical eixo curto. (B) Corte transgástrico basal ventrículo direito. (C) Corte transgástrico entrada e saída do ventrículo direito. (D) Corte transgástrico profundo.

### Corte transgástrico profundo cinco câmaras

Essa imagem é obtida com o avanço da sonda no estômago, mantém-se contato com a parede gástrica (anteflexão da sonda). É a incidência ideal para o estudo com Doppler da VA, da VSVE e muitas vezes da VM, já que o fluxo de sangue é paralelo ao feixe do US (fig. 7D).

### Corte transgástrico duas câmaras

Esse corte é obtido a partir do TG mediopapilar eixo curto, muda-se o ângulo para 90°. Permite avaliar as paredes anterior e inferior do VE, assim como todo o aparato valvar mitral (VM, músculos papilares, cordas tendíneas). Também é possível a visualização do AE e do AAE (fig. 8A).

### Corte transgástrico eixo longo

Obtém-se esse corte com o avanço do ângulo para 120-150° a partir do TG duas câmaras. Porções das paredes inferolateral e septal anterior, da VSVE, da VA e da Ao proximal são visualizadas. Pelo fato de a VSVE e da VA serem paralelas ao feixe de US, é possível o estudo com Doppler (fig. 8B).

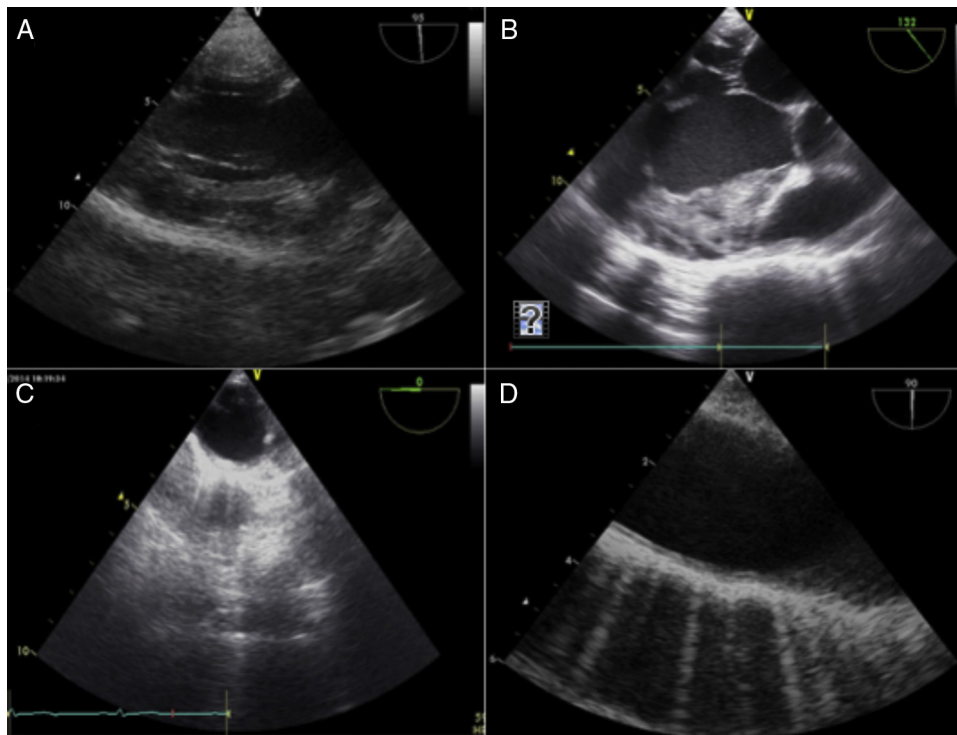
### Corte aorta descendente eixos longo e curto

Pelo fato da Ao descendente (Desc) ser adjacente ao esôfago e estômago, a aquisição de imagens é simples. Do corte TG mediopapilar eixo curto a sonda deve ser rotacionada em cerca de 180°, com pequenos ajustes até se visualizar

a Ao abdominal (abaixo do diafragma), no nível do tronco celíaco; traciona-se a sonda e mantém-se o ângulo do transdutor em 0° e obtém-se o eixo curto; o eixo longo é obtido com o ângulo do transdutor em 90°. A qualidade da imagem pode ser aprimorada com diminuição da profundidade e ajuste do ganho. Pelo fato de não haver estruturas anatômicas internas na Ao Desc, a descrição da localização de achados normalmente é baseada na distância do achado em relação aos dentes incisivos. Outro fator importante na avaliação da Ao Desc é a presença da veia hemiázigos, que drena o tórax esquerdo posterior, muitas vezes visualizada no campo mais distal da imagem, junta-se no tórax superior à veia ázigos, que drena o tórax direito. A veia ázigos, por ser normalmente paralela à Ao e suas paredes serem contíguas, muitas vezes pode ser erroneamente identificada como uma lâmina de dissecação aórtica. A análise com Doppler colorido e pulsátil facilmente diferencia o fluxo arterial do venoso (fig. 8C-D).

### Corte esôfago superior arco aórtico eixo longo

Essa imagem é obtida a partir da Ao Desc torácica eixo curto, retira-se a sonda até a Ao tornar-se alongada e a emergência da artéria subclávia esquerda ser visualizada. Essa posição indica o fim do arco aórtico distal. Vira-se a sonda no sentido horário e é possível a visualização do arco aórtico médio e da veia inominada esquerda. Devido ao brônquio fonte esquerdo se interpor entre o esôfago e a Ao, habitualmente não é possível a visualização do arco aórtico proximal e da Ao Asc distal (fig. 9A).



**Figura 8** (A) Corte transgástrico duas câmaras. (B) Corte transgástrico eixo longo. (C) Corte aorta descendente eixo curto. (D) Corte aorta descendente eixo longo.

### Corte esôfago superior arco aórtico eixo curto

Do corte descrito acima, o ângulo do transdutor é aumentado para cerca de 70 a 90° para a obtenção do eixo longo. O tronco da artéria pulmonar e a VP podem ser visibilizados no eixo longo, é possível obter medidas de Doppler. Devido à curvatura da Ao, o tronco braquiocéfálico direito e a artéria carótida comum esquerda podem muitas vezes ser identificados à direita no monitor (fig. 9B).

### Valva mitral

#### Introdução

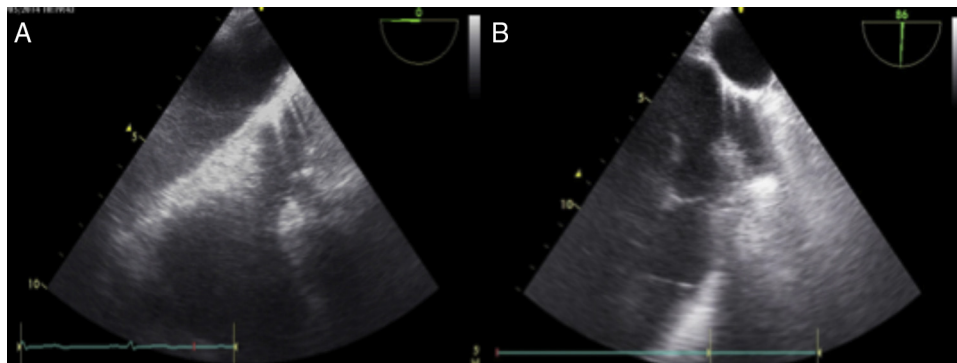
Dentre as valvas cardíacas, a VM é a que tem características anatômicas mais favoráveis ao exame transesofágico,

pois se situa próximo ao transdutor (*near field*), tem o AE como "janela acústica" e não tem estrutura cardíaca passível de calcificação e/ou geração de sombra acústica entre o transdutor e sua estrutura<sup>11</sup> (fig. 1).

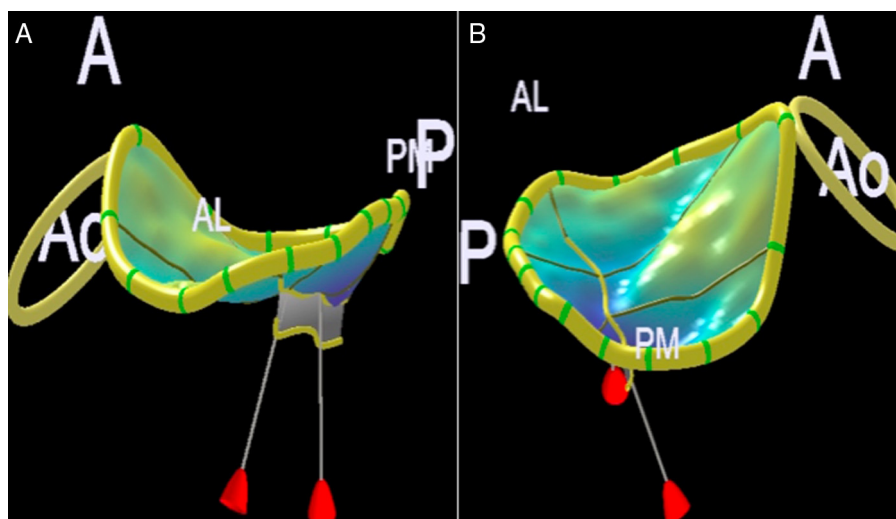
Durante o período intraoperatório da cirurgia da VM, a ETE é ferramenta fundamental, pois permite a identificação da lesão e descrição detalhada de seu mecanismo e severidade, auxilia dessa forma a tomada de decisão cirúrgica.<sup>11</sup>

### Anatomia e nomenclatura

Quando se estudam a anatomia e a função da VM, o mais correto é que seja encarada como um complexo valvar, composto por estruturas anatômicas distintas que trabalham coordenadamente para o seu correto funcionamento.<sup>12</sup> O complexo valvar mitral, ou aparato valvar mitral, é



**Figura 9** (A) Corte esôfago superior arco aórtico eixo longo. (B) Corte esôfago superior arco aórtico eixo curto.



**Figura 10** Avaliação do anel mitral pela ecocardiografia tridimensional. (A) Diâmetro anteroposterior. (B) Diâmetro anterolateral-posteromedial. Ao, Anel aórtico; A, Anterior; P, Posterior; AL, Anterolateral; PM, Posteromedial.

formado pelo ânulo mitral, pelas cúspides, pela cordoalha tendinosa, pelos músculos papilares e pela musculatura ventricular esquerda.<sup>12</sup>

### O ânulo ou anel mitral

O anel mitral é uma estrutura de tecido conjuntivo de estrutura tridimensionalmente complexa, em formato de sela. Relaciona-se anteriormente com o aparato valvar aórtico, faz a união entre átrio e ventrículo esquerdo e recebe ao longo de seu perímetro a inserção das cúspides valvares.<sup>12</sup>

O anel mitral tem dois eixos principais, um anteroposterior (superior e menor) e um comissural (inferior e maior). Tais eixos podem também ser referidos como anteroposterior e anterolateral-posteromedial<sup>13</sup> (fig. 10A-B).

Sob a ação da contração ventricular, a região posterior do anel mitral sofre uma importante diminuição de sua área total, com redução de até 25%. A região anterior do anel mitral dobra-se durante a sístole e diminui ainda mais o diâmetro anteroposterior.<sup>13</sup>

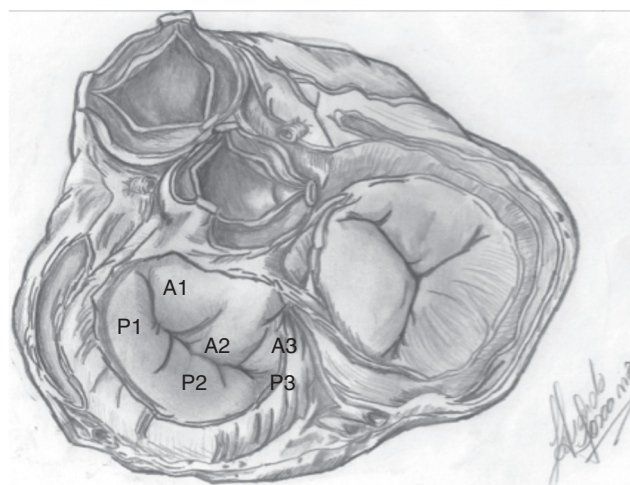
### As cúspides

O complexo valvar mitral normal é formado por duas cúspides, a anterior e a posterior.<sup>12,13</sup> A cúspide anterior insere-se no ânulo anterior, em uma região do esqueleto fibroso contígua ao aparato valvar aórtico chamada de fibrosa intervalvar mitroaórtica (Fima). Ocupa aproximadamente 1/3 do perímetro anular e 2/3 de sua área. A cúspide posterior se insere no ânulo posterior e ocupa 2/3 de seu perímetro, porém corresponde a apenas 1/3 da área anular.<sup>13,14</sup> As cúspides encontram-se em uma linha de coaptação curva ao longo do eixo intercomissural (anterolateral-posteromedial), há em situações normais aproximadamente 1 cm de sobreposição tecidual.<sup>12</sup>

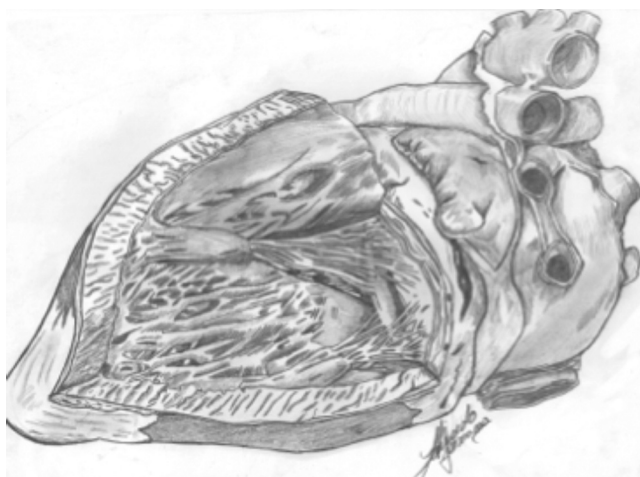
As cúspides da VM foram didaticamente subdivididas em regiões distintas com a finalidade de melhorar a

comunicação entre os membros da equipe médica. Dentre os esquemas propostos, usaremos a nomenclatura de Carpentier,<sup>10</sup> que também é adotada pela ASE e pela SCA.<sup>1</sup>

Segundo a nomenclatura de Carpentier, a VM é subdividida em oito regiões, de anterior para posterior, através de pequenos sulcos ou indentações presentes na cúspide posterior. A cúspide posterior é dividida em três segmentos, que recebem numeração de 1 a 3, P1 é o mais anterior e P3 o mais posterior.<sup>10</sup> A cúspide anterior em geral não apresenta sulcos anatômicos reais, porém didaticamente é subdividida da mesma forma que a posterior: uma região mais anterior (A1), uma média (A2) e uma posterior (A3). Nos extremos anterolateral e posteromedial definem-se duas regiões chamadas de comissura anterolateral e comissura posteromedial, respectivamente<sup>10</sup> (fig. 11).



**Figura 11** Nomenclatura de Carpentier: os segmentos numerados com 1 são anterolaterais, os numerados com 3 são posteromediais e os numerados com 2 são correspondentes à porção média da valva. Visibilizam-se também as comissuras anterior e posterior.<sup>12</sup>



**Figura 12** Aparato subvalvar mitral, evidencia a distribuição das cordas tendíneas em cada cúspide.<sup>12</sup>

### Músculos papilares, cordas tendíneas e ventrículo esquerdo

Os dois músculos papilares, o anterolateral e o posteromedial, dão sustentação às cúspides, localizam-se em paralelo à musculatura ventricular.<sup>12</sup> O músculo anterolateral em geral surge da porção média da parede anterolateral do VE, recebe vascularização de ramos das artérias DA e Cx. O músculo papilar posteromedial surge da porção média da parede inferior, é exclusivamente vascularizado por ramo da artéria CD, o que o torna mais vulnerável ao insulto isquêmico.<sup>12</sup>

As cordas tendíneas conectam ambos os músculos papilares e a musculatura ventricular às cúspides da VM. O músculo papilar anterolateral apoia, através de suas cordas, os segmentos A1/P1 e a porção anterolateral dos segmentos A2/P2, a porção posteromedial de A2/P2 e os segmentos A3/P3 são apoiados pelo papilar posteromedial<sup>12</sup> (fig. 12).

As cordas tendíneas são classicamente divididas em cordas de primeira, segunda e terceira ordem. As cordas de primeira ordem conectam-se à ponta das cúspides, têm como consequência de sua ruptura a eversão sistólica das cúspides, ecocardiograficamente conhecida como *flail*.<sup>12,13</sup> As cordas secundárias conectam-se à base das cúspides e são conhecidas como cordas estruturais, é possível a identificação de duas a quatro cordas mais espessas do que as demais.<sup>12,13</sup> As cordas terciárias em geral conectam a cúspide posterior da VM à parede do ventrículo esquerdo, têm reconhecida importância na manutenção da arquitetura e no desempenho ventricular<sup>12</sup> (fig. 12).

### Exame ecocardiográfico intraoperatório da valva mitral

Com o objetivo de incluir e padronizar o uso intraoperatório de novas tecnologias surgidas na última década, principalmente a ETE tridimensional (3D) em tempo real, além da inclusão de novos planos de imagem, as diretrizes da ASE/SCA de 1999 foram revistas e republicadas em 2013.<sup>1,2,15</sup> Tais padrões de aquisição de imagens e treinamento também foram adotados pela SBA para fins de ensino e treinamento.<sup>4</sup>

Didaticamente, descreveremos o método de avaliação sequencial da VM através da metodologia da ASE/SCA,<sup>1</sup> tentaremos identificar os seus diversos segmentos de acordo com sua importância clínica. Sabe-se que sua acurácia é variável e altamente dependente da experiência do examinador, como já foi demonstrado por Mahamood et al.<sup>16</sup> Por outro lado, a capacidade de localizar-se espacialmente na anatomia do aparato mitral por meio do exame bidimensional (2D) ainda constitui treinamento fundamental.

#### Corte esôfago médio cinco câmaras

Com a inserção da sonda a uma profundidade de aproximadamente 30 cm com rotação do ângulo multiplano em torno de 10°, visualiza-se a VA, a VSVE, o VE (exceto seu ápice) e os segmentos A1-A2 e P1-P2 (fig. 3A).

#### Corte esôfago médio quatro câmaras

Insera-se a sonda a uma profundidade de aproximadamente 35 cm com rotação do ângulo multiplano entre 10 e 20°, até a VM poder ser claramente visibilizada. Evidenciam-se os segmentos A3-A2 e P2-P1, além das cúspides septal e posterior da VT (fig. 3B).

#### Corte esôfago médio comissural

Com a sonda na posição quatro câmaras, avança-se o ângulo multiplanar entre 50° e 70° e será evidenciado o plano comissural. Serão visibilizados, da direita para a esquerda, os segmentos P1, A2 e P3, além dos músculos papilares anterolateral e posteromedial. Gira-se a sonda para a direita e o plano de imagem passará através de toda a extensão da cúspide anterior (comissural direito: A1-A2-A3), bem como por toda extensão da cúspide posterior quando rodada para a esquerda (comissural esquerdo: P1-P2-P3; fig. 3C).

#### Corte esôfago médio duas câmaras

A partir do plano comissural, avança-se o ângulo multiplano para entre 80° e 100° e surgirá o plano de imagem chamado de duas câmaras. Os segmentos da VM serão, da direita para a esquerda, A1/A2/A3 e P3 (figs. 3D e 4A).

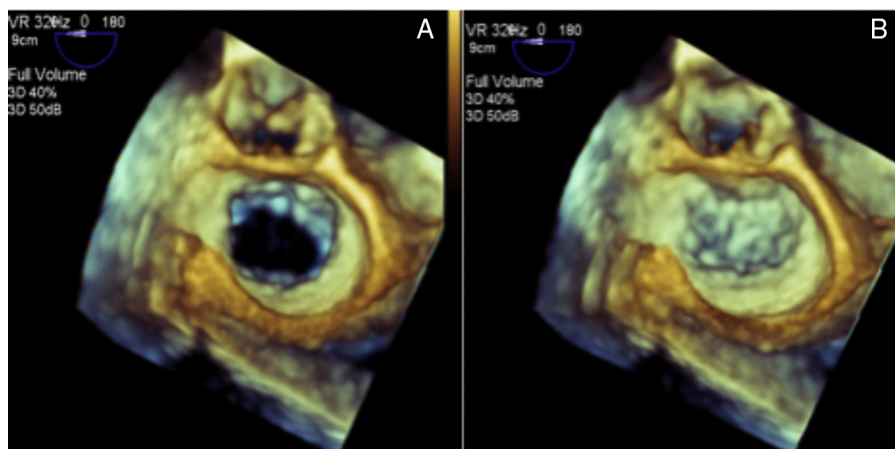
#### Corte transgástrico basal eixo curto

Avança-se o transdutor para o estômago, com o ângulo multiplano entre 0° e 20°, e obtém-se imagem da VM com abertura e fechamento em formato de "boca de peixe". A cúspide anterior apresenta-se à esquerda e a posterior à direita, a comissura posteromedial próxima ao transdutor e a comissura anterolateral mais distal em relação ao transdutor (fig. 6C).

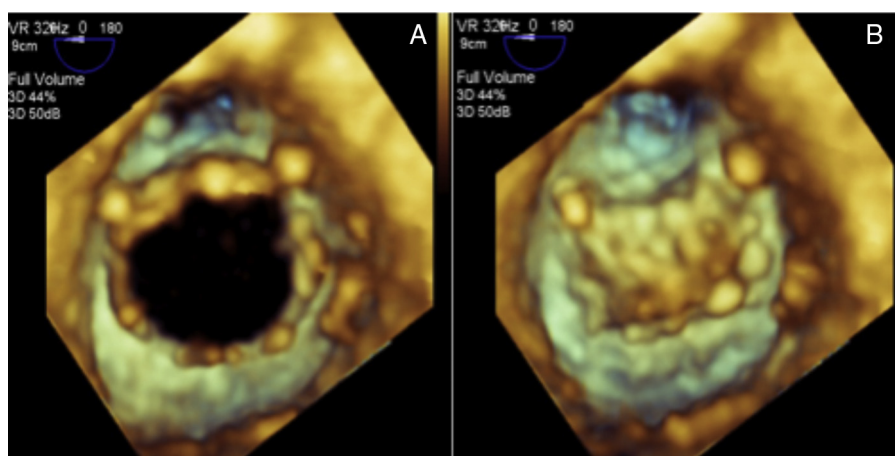
#### Corte tridimensional frontal (*en face view*)

A avaliação 3D do aparato valvar mitral é útil para definir e localizar a patologia, descrever o mecanismo fisiopatológico e sua gravidade bem como facilitar a comunicação com o cirurgião ou cardiologista intervencionista.<sup>1</sup> Com a evolução das técnicas cirúrgicas e percutâneas de reparo do aparato mitral, houve a necessidade de obtenção de imagens de alta qualidade em tempo real, o que hoje em dia é possível graças à evolução tecnológica dos transdutores (*matrix array*) e *softwares* de manipulação de imagem.<sup>17</sup>

O exame 3D completo será tratado em tópico específico, porém descreveremos dois planos de imagem mais



**Figura 13** Valva mitral na visão do cirurgião em imagem tridimensional. (A) Valva mitral na diástole. (B) Valva mitral na sístole.



**Figura 14** Valva mitral na visão do ventrículo esquerdo em imagem tridimensional. (A) Valva mitral na diástole. (B) Valva mitral na sístole.

representativos e úteis no intraoperatório, que podem ser em tempo real ou em aquisições multibatimento.

**Visão do átrio esquerdo ou visão do cirurgião**

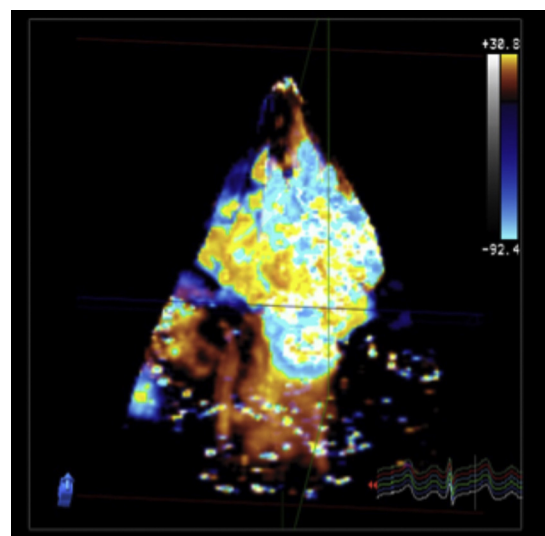
Pela visão do AE, é possível identificar toda a segmentação valvar, o que facilita a descrição topográfica da patologia e comunicação com a equipe cirúrgica. Por convenção, posiciona-se a VA às 12h na imagem e o AAE às 9h (fig. 13A-B).

**Visão do ventrículo esquerdo**

No aspecto ventricular esquerdo, o plano de imagem novamente deve ser orientado com a VSVE e a VA posicionadas às 12h, fica a cúspide posterior na parte inferior da imagem, a cúspide anterior na parte superior, a comissura anterolateral à direita e a comissura posteromedial à esquerda (fig. 14A-B).

**Ecocardiografia 3 D com Doppler colorido**

Por meio da aquisição multibatimento, é possível a obtenção de imagens volumétricas do jato regurgitante e sua relação com as estruturas da VM e avaliação 3 D dos seus diversos



**Figura 15** Doppler tridimensional colorido da valva mitral.

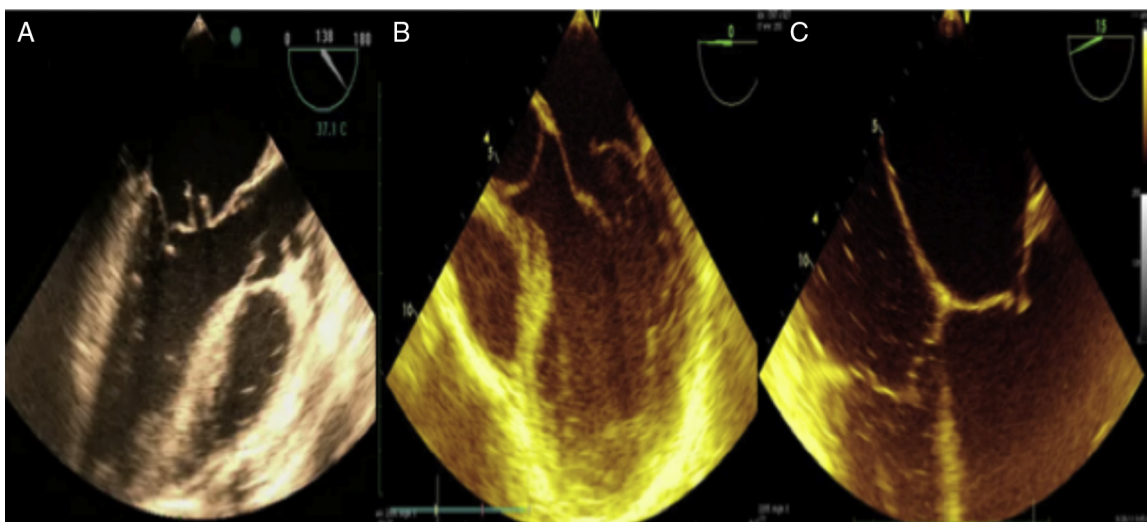


Figura 16 Classificação de Carpentier: (A) mobilidade normal; (B) excessiva; (C) restrita.

componentes, o que permite demarcar sua exata localização e avaliação quantitativa em *software* específico<sup>18</sup> (fig. 15).

#### Avaliação quantitativa tridimensional da valva mitral

Além da capacidade de gerar imagens 3D em tempo real, inúmeros *softwares* foram desenvolvidos com a capacidade de gerar um modelo de análise quantitativa a partir de pontos específicos marcados na imagem 3D do aparato valvar. Dentre esses *softwares*, os mais amplamente usados e estudados são o *Mitral Valve Quantification – MVQ* (Phillips Healthcare®, Inc, Andover, MA) e o *4D MV – Assessment Software* (TomTec Imaging Systems GmbH®, Munich, Germany).<sup>18</sup> Apesar de os valores de referência e utilidade clínica estarem ainda em estágio de validação, importante conhecimento tem sido acumulado a respeito do remodelamento do aparato valvar mitral em diferentes estados fisiopatológicos.<sup>18</sup>

#### Avaliação intraoperatória da valva mitral

Os objetivos da avaliação antes da circulação extracorpórea são definir o mecanismo, localizar a lesão, estimar a sua gravidade e identificar patologias associadas, como, por exemplo, hipertensão arterial pulmonar, disfunção ventricular e regurgitação tricúspide.<sup>13</sup> Deve ser salientado, porém, que a anestesia geral modifica de maneira importante as condições hemodinâmicas, frequentemente diminui a gravidade de lesões valvares regurgitantes.<sup>13</sup>

#### Avaliação da morfologia anular

Diferentes situações clínicas e patologias alteram as dimensões anulares. O anel mitral, por definição, deve ser medido no esfago médio, eixo longo no fim da sístole. A medida é feita da inserção da cúspide posterior à base da VA. O limite superior da normalidade é 35 mm, valores superiores a 40 mm indicam dilatação acentuada.<sup>13</sup> Frequentemente, o diâmetro intercomissural também é medido, porém seus valores de referência são menos claros na literatura<sup>13</sup> (fig. 10A-B).

#### Avaliação das cúspides

A patologia da VM pode ser classificada de acordo com a mobilidade das cúspides, segundo a classificação de Carpentier.<sup>10,19</sup>

As patologias são classificadas como tipo I se elas ocorrem em cúspides com mobilidade normal, como, por exemplo, a regurgitação mitral, devido à perfuração de cúspide por endocardite, *clefts* congênitos ou dilatação anular isolada, em caso de fibrilação atrial.<sup>19</sup> Serão classificadas como tipo II aquelas patologias que cursam com mobilidade excessiva das cúspides, tem-se como exemplo o prolapso ou *flail* causado por deficiência fibroelástica ou doença de Barlow.<sup>19</sup> As patologias são classificadas como tipo III quando seu mecanismo fisiopatológico causa restrição ao movimento das cúspides e podem ser subdivididas em IIIa, IIIb e IIIc. O subtipo IIIa corresponde à restrição causada por encurtamento e fusão do aparato subvalvar, como o que ocorre na cardiopatia reumática. Os subtipos IIIb e IIIc representam a restrição decorrente do ancoramento (*tethering*) das cúspides presente na insuficiência mitral funcional, o IIIb corresponde ao *tethering* simétrico e o IIIc ao assimétrico<sup>19</sup> (fig. 16B-C).

Regurgitação mitral causada por patologias do tipo II em geral produzem jatos regurgitantes em direção oposta à lesão, podem porém ocorrer jatos centrais em caso de envolvimento de ambas as cúspides.<sup>19</sup>

Patologias do tipo III, com restrição do movimento das cúspides, em geral produzem jatos regurgitantes na mesma direção das cúspides, pode ser central em caso de envolvimento simétrico.<sup>19</sup>

#### Movimentação anterior sistólica

Movimentação anterior sistólica (MAS) da VM tem sido descrita após reparo valvar, com uma incidência de até 16% em pacientes com doença mixomatosa.<sup>20</sup> Consiste no deslocamento anterior do ponto de coaptação e tecido subvalvar em direção à VSVE durante a sístole, causa graus variados de obstrução dinâmica<sup>20</sup> (fig. 17).

Nem toda MAS causa obstrução clinicamente relevante, é tradicionalmente diagnosticada através da demonstração de gradiente na VSVE e insuficiência mitral.<sup>20</sup>

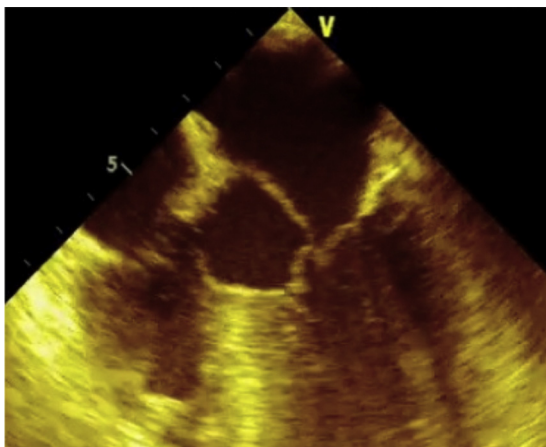


Figura 17 Movimento sistólico anterior da valva mitral.

Frequentemente, é possível verificar a presença de tecido mitral a cruzar a VSVE, porém sem qualquer gradiente, situação essa clarificada por meio da ETE 3D/4D.<sup>14</sup> A capacidade de prever, ecocardiograficamente, quais pacientes estão sob maior risco para o desenvolvimento de MAS após o reparo mitral é tarefa fundamental do exame intraoperatório. Nas últimas duas décadas alguns critérios foram definidos e validados, os mais relevantes são citados abaixo:<sup>20-22</sup>

- Distância entre ponto de coaptação e septo (eixo longo 5 câmaras) < 2,5 cm;
- Comprimento sistólico do folheto posterior (eixo longo 5 câmaras) > 1,5 cm;
- Relação comprimento sistólico anterior/posterior (eixo longo 5 câmaras) < 1,4 cm;
- Cavidade ventricular pequena – diâmetro diastólico < 4,5 cm;
- Septo interventricular (SIV) proeminente > 1,5 cm;
- Ângulo mitroaórtico (quantificação 3D) > 65° em repouso e > 35° sob estresse;
- Ângulo aortomitral (quantificação 3D) < 120°.

### Via de saída do ventrículo esquerdo, valva aórtica e aorta

A VA é um componente da raiz aórtica, a qual, por definição, se estende do anel valvar aórtico basal até a junção sinotubular. Com a associação aos triângulos intervalvulares da VSVE, teremos o chamado complexo valvar aórtico<sup>23</sup> (fig. 18). Patologias podem ocorrer não somente na VA, mas também envolver quaisquer componentes desse complexo, o que reforça a importância da avaliação minuciosa, hemodinâmica e anatômica dessa região.<sup>1</sup> Com o advento de novas tecnologias para tratamento de patologias do complexo aórtico, houve grande avanço no entendimento de sua anatomia, o ETE 2D e 3D se destacam na avaliação morfológica detalhada dessas estruturas anatômicas.<sup>24</sup>

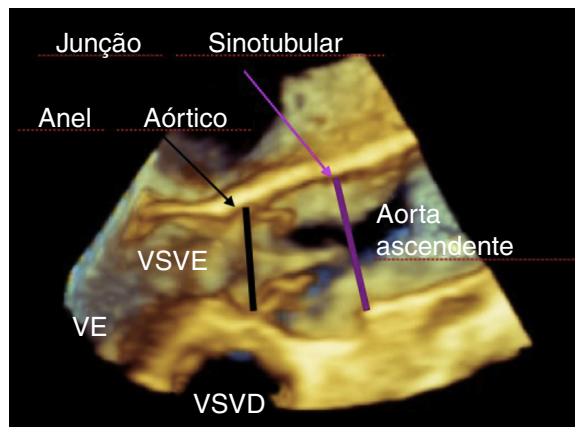


Figura 18 Complexo aórtico. VE, ventrículo esquerdo; VSVE; via de saída do ventrículo esquerdo; VSVD, via de saída do ventrículo direito.

### Anatomia

O complexo valvar aórtico é uma continuação da VSVE, está à direita e posterior à VSVD, com sua margem posterior encunhada entre o orifício da VM e o SIV muscular.<sup>24</sup> A sua circunferência basal é denominada ânulo ou anel aórtico basal (fig. 18) e apresenta um formato oval na maioria das pessoas.<sup>24-26</sup> Aproximadamente dois terços desse anel basal, onde se inserem os nadires das válvulas da VA, estão conectados ao SIV muscular e o terço restante, em contato com a cúspide anterior da válvula mitral, representa a base da Fima, triângulo fibroso entre as válvulas não coronariana e coronariana esquerda.

A raiz aórtica se estende da inserção basal das válvulas aórticas até a junção sinotubular, passa pelos seios de Valsalva, de onde, na borda superior dos seios coronariano esquerdo e direito, se originam as artérias coronárias. Assim, a VA é um valva semilunar com três válvulas, identificadas conforme a presença ou ausência de artéria coronária, que nasce do seio de Valsalva correspondente: válvula coronariana esquerda, válvula coronariana direita e válvula não coronariana<sup>24</sup> (fig. 19).

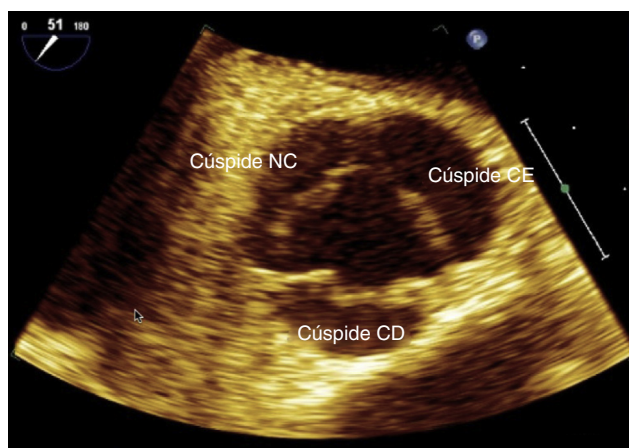
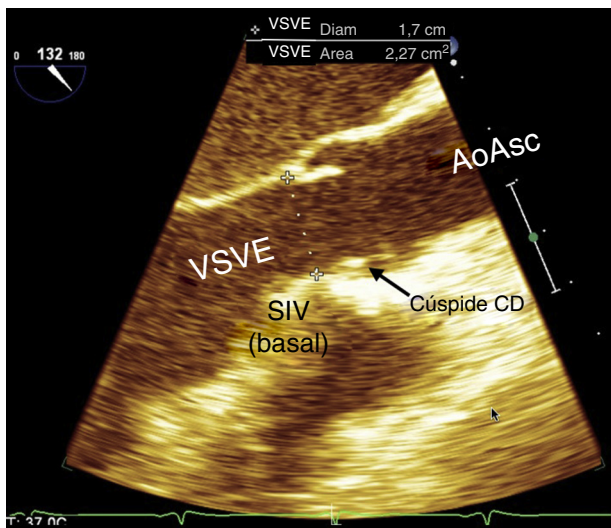


Figura 19 Corte esôfago médio da valva aórtica eixo curto. NC, Não coronariana; CE, Coronariana esquerda; CD, Coronariana direita.



**Figura 20** Corte esôfago médio valva aórtica eixo longo. VSVE, via de saída do ventrículo esquerdo; SIV, septo interventricular; CD, Coronariana direita; Ao Asc, Aorta ascendente.

### Imagem 2 D e Doppler da valva aórtica e da via de saída do ventrículo esquerdo

Sua localização anatômica próxima ao AE, que está em contato com o esôfago em seu plano médio, possibilita uma imagem anatômica precisa, tanto na visão em eixo curto (fig. 5A) quanto em eixo longo (fig. 4B).<sup>24</sup> O contato perpendicular dos feixes de US com essas estruturas próximas (*near field*) nos permite usar as frequências mais altas disponíveis, com conseqüente apreciação detalhada da sua morfologia.<sup>5</sup> O uso do *zoom*, como recurso para aumentar o detalhamento para medidas de distâncias e/ou diâmetros, pode melhorar ainda mais a precisão e é recomendado (fig. 20). A perpendicularidade dos feixes de Doppler com essas estruturas, nos cortes ecocardiográficos no esôfago médio, impossibilita a análise precisa das velocidades de fluxo.<sup>5</sup> Essa limitação é superada com os cortes TG eixo longo (fig. 8B) e o TG profundo (fig. 7D), onde o alinhamento paralelo com os feixes permite uma avaliação acurada.<sup>5,27</sup>

### Corte esôfago médio eixo curto da valva aórtica

Obtido com leve angulação de 25° a 45°, podemos avaliar as três válvulas da VA, com a válvula coronariana direita em posição mais anterior, a válvula não coronariana adjacente ao SIA e a cúspide coronariana esquerda posicionada lateralmente, à esquerda (fig. 19). Esse corte apresenta ótima resolução espacial e temporal, permite detalhamento da forma e função da valva, importante na avaliação dos mecanismos das disfunções valvares. A Dopplerfluxometria colorida é aplicada para avaliação da regurgitação aórtica, estimam-se o tamanho, mecanismo e a posição do orifício regurgitante.<sup>28</sup> A retirada ou anteflexão da sonda pode evidenciar a imagem do óstio coronariano esquerdo, assim como sua introdução ou retroflexão nos fornece uma imagem em eixo curto da VSVE.

### Corte esôfago médio eixo longo

Gira-se o ângulo multiplano para 120°, a partir do corte esôfago médio quatro câmaras, e visibilizam-se a porção basal do SIV, VSVE, raiz aórtica (anel aórtico, seios de Valsalva e junção sinotubular) e a porção tubular proximal da Ao Asc aparece no lado direito da imagem (fig. 20). Duas válvulas da VA são demonstradas, a coronariana direita é sempre aquela presente mais distal ao transdutor, por ser a mais anterior. A outra cúspide presente nesse corte pode ser a coronariana esquerda ou, na maioria das vezes, a não coronariana, depende da posição da comissura entre elas e da localização exata do plano de corte, quando ele passa através da VA. Presença de calcificação, espessamento, grau de mobilidade e abertura da valva, assim como sua relação anatômica com estruturas adjacentes, como óstios coronarianos e SIV, devem ser avaliada. A medida do diâmetro do anel aórtico basal é feita nesse corte pelo ETE 2D, preferencialmente com a imagem em *zoom*, como a distância entre a inserção mais ventricular (nadir) da válvula coronariana direita e a base da Fima, contralateral e ortogonal ao eixo longitudinal da raiz aórtica, na sístole ventricular. Essa medida costuma ser menor do que a do eixo coronal (só obtida pelo ETE 3D ou pela tomografia), devido ao formato oval do anel basal. A precisão dessa avaliação é importante para as medidas hemodinâmicas do volume sistólico e débito cardíaco, assim como na previsão do tamanho das próteses aórticas, percutâneas ou cirúrgicas, colocadas nessa região.<sup>27</sup> Além disso, os diâmetros dos outros componentes da raiz aórtica, bem como da Ao Asc, devem ser mensurados. Em casos de estenose aórtica, nos quais há convergência proximal do fluxo, devemos usar o diâmetro da VSVE (localizado aproximadamente 5 mm antes do anel aórtico), o volume da amostra do Doppler pulsátil é colocado no mesmo lugar, para cálculo do volume sistólico ejetado.<sup>29</sup> A perpendicularidade da incidência do feixe de US no fluxo dessa região, nesse corte, impossibilita medidas precisas de velocidade com o Doppler pulsátil e/ou contínuo.<sup>28</sup> Em contrapartida, as medidas de Doppler colorido são úteis e confiáveis, fornecem informações importantes, como: regiões de fluxo turbulento, com obstruções da VSVE; medida da vena contracta do jato regurgitante; relação entre o diâmetro do jato regurgitante/diâmetro da VSVE.<sup>28</sup>

### Corte tranagástrico eixo longo e tranagástrico profundo

Esses cortes são imprescindíveis na avaliação, ao permitir alinhamento preciso dos fluxos na VSVE e na VA, com confiável mensuração de suas velocidades, através dos modos de Doppler contínuo e pulsátil, importantes na gradação de estenoses valvares e/ou subvalvares, jatos regurgitantes e medida do volume sistólico ejetado do VE (figs. 7D e 8B).<sup>27,28</sup>

Nesse corte, as avaliações das estruturas anatômicas perdem resolução espacial, por estar distantes do foco e paralelas ao feixe de US, enfatiza-se a ação complementar dos cortes tranagástricos com os cortes medioesofágicos na avaliação completa da VA, VSVE e medida do volume sistólico ejetado e débito cardíaco.



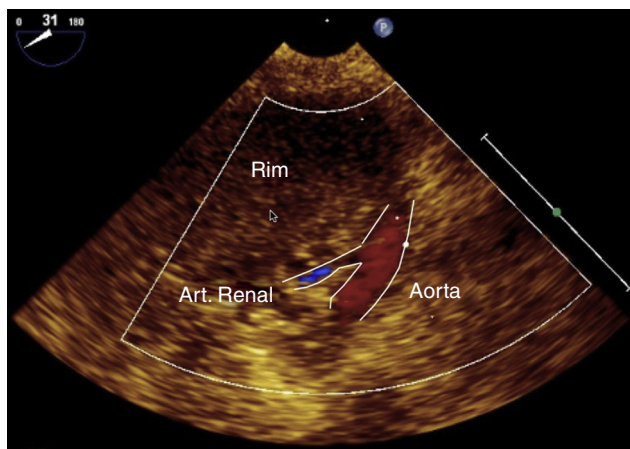


Figura 21 Corte da artéria renal.



Figura 22 Placas de ateroma na aorta descendente eixo curto.

### Imagem 2D e Doppler da aorta ascendente

Os cortes necessários para a completa avaliação da Ao Asc são os seguintes: esôfago médio eixo longo Ao Asc e eixo curto. Como mencionado anteriormente, pela incidência perpendicular dos feixes de US, esses cortes têm resolução espacial ótima, servem para medidas dos seios de Valsalva, junção sinotubular e porção tubular proximal da aorta ascendente.<sup>27</sup> Cortes ortogonais simultâneos, com o uso dos transdutores 3D, são úteis pela certeza da correta orientação espacial. Quando se mede o diâmetro da Ao, é particularmente importante a medida no maior diâmetro perpendicular ao eixo longo do vaso naquele corte.<sup>30</sup> As mensurações devem ser feitas na imagem 2D, devido ao risco de subestimação quando feitas no modo M, pela movimentação sistólica da base do coração em direção apical (variação média de 2 mm no diâmetro do seio de Valsalva).<sup>31,32</sup> O Doppler colorido dessas regiões é importante na identificação de turbulências anormais do fluxo e caracterização de patologias como dissecação aórtica, hematomas intramurais e outras síndromes aórticas agudas.<sup>28</sup>

### Imagem 2D e Doppler da aorta descendente

Desde o plano TG até o esofágico superior, podemos visualizar a Ao ao rodar a sonda na direção posterior e ajustar a imagem para uma profundidade de 6 cm. A partir do plano TG, retiramos a sonda em pequenos incrementos enquanto avaliamos a Ao abdominal proximal e seus ramos, como a artéria renal<sup>33</sup> (fig. 21), assim como a Ao torácica descendente em toda sua extensão, para-se para melhor análise caso haja qualquer lesão clinicamente significativa (fig. 22). Do plano gástrico ao esôfago médio, a imagem transversa da Ao é gerada a 0°. Quando chegamos ao esôfago superior, o arco aórtico aparece em visão longitudinal, devido a sua posição anatômica nessa altura (fig. 9A). Se nesse plano girarmos o ângulo para aproximadamente 90°, podemos avaliar a saída da artéria subclávia esquerda, que com um giro da sonda à esquerda pode ser avaliada em parte de sua extensão (fig. 9B). Com um giro anti-horário, podemos avaliar os dois outros vasos braquiocéfálicos. A visualização da artéria inominada é a mais difícil, por se localizar em um ponto cego, onde a traqueia se interpõe.<sup>34</sup> O uso do recurso

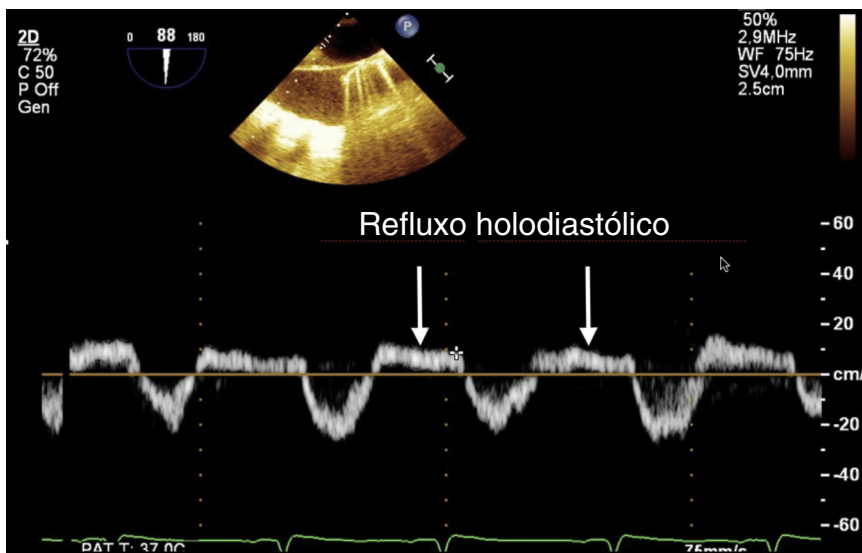


Figura 23 Doppler pulsátil na aorta descendente demonstra um refluxo holodiastólico de regurgitação aórtica grave.

X-plane, disponível em transdutores 3 D, nos permite avaliar a Ao torácica nos planos longitudinal e transverso de forma simultânea, aprimora o tempo necessário à avaliação e gera uma imagem com correta orientação espacial de placas que possam existir e precisem ser avaliadas.<sup>35</sup> O Doppler colorido da Ao torácica é usado na avaliação de fluxos anormais, principalmente nas síndromes aórticas agudas. O Doppler pulsátil é usado para identificação do refluxo holodiastólico, um importante componente da avaliação qualitativa da insuficiência aórtica (fig. 23).<sup>28</sup> Por conta da relação anatômica variável entre o esôfago e a Ao torácica, é difícil determinar as orientações anterior-posterior e direita-esquerda nas imagens ecocardiográficas dessa região. A definição da relação com estruturas anatômicas adjacentes, como AE, veia pulmonar, artéria pulmonar e VE, torna-se uma ferramenta útil para essa definição de posição.<sup>1</sup>

### Imagem 3 D da valva aórtica e aorta

A imagem ecocardiográfica 3 D é adquirida pela captura de um volume da imagem anatômica (fig. 24), definido em seu tamanho pelo operador, diferentemente da ecocardiografia 2D, adquirida por fatias dessas imagens.<sup>36</sup> Esse volume contém uma quantidade maior de informações precisas da região de interesse, permite a coleta dessas informações detalhadas através de uma forma de "dissecção eletrônica" do volume adquirido.<sup>36</sup> Esse volume capturado nos permite adquirir fatias de imagens bidimensionais, com orientação espacial adequada à informação que se deseja, através de um recurso chamado reconstrução multiplano<sup>37,38</sup> (fig. 25). No entanto, ao adquirirmos mais informações ultrassonográficas em cada captura, temos uma perda na resolução temporal, proporcional ao tamanho da nossa região de interesse. Com isso em mente,

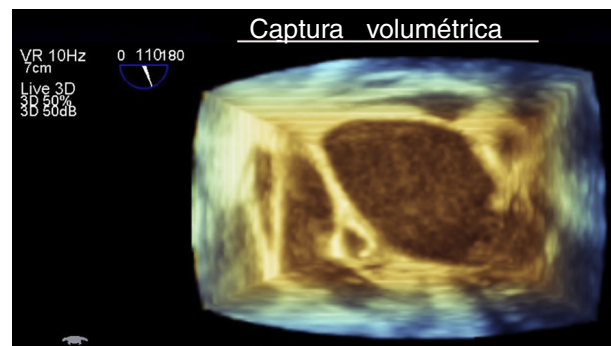


Figura 24 Análise tridimensional volumétrica da valva aórtica.

devemos sempre procurar o equilíbrio entre as resoluções temporal e espacial, pela aquisição da menor quantidade de informações necessárias e/ou em várias aquisições sincronizadas pelo eletrocardiograma (ECG).<sup>39</sup> Além disso, os transdutores 3 D nos permitem a aquisição de até três imagens bidimensionais simultâneas de diferentes planos de corte, muito úteis na avaliação da VSVE, VA e Ao<sup>39</sup> (fig. 26). A detecção de placas complexas na Ao é de grande importância clínica devido à associação entre elas e o risco de embolização e à mortalidade em pacientes submetidos à cirurgia cardiotorácica.<sup>40-42</sup> Como descrito anteriormente, o uso de imagens biplanares simultâneas da Ao nos permite poupar tempo e ganhar precisão na avaliação de placas ateroscleróticas (fig. 27).<sup>41</sup> Após sua identificação, essas placas devem ser também avaliadas com o modo 3 D, que acrescenta qualidade e sensibilidade diagnóstica a essa investigação, é, por esse motivo, o método de escolha para a avaliação da placa aterosclerótica aórtica.<sup>43</sup> Todas essas vantagens técnicas são aplicadas para avaliação detalhada

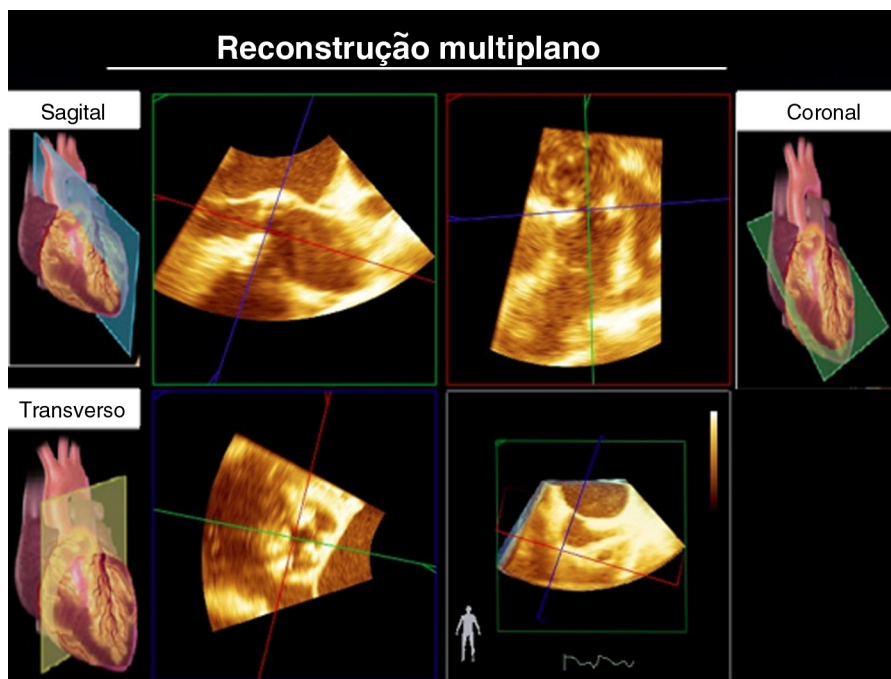
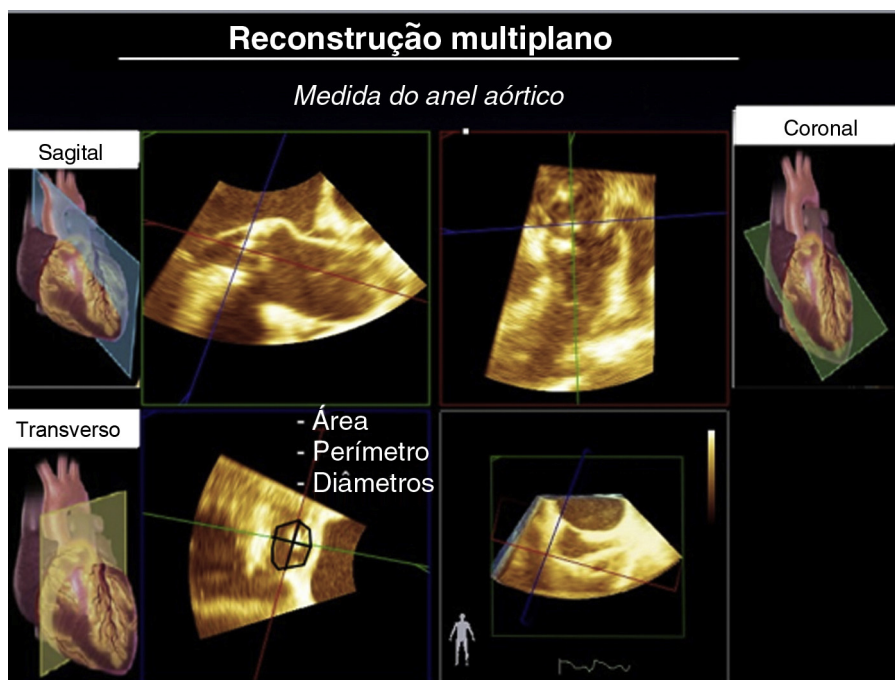


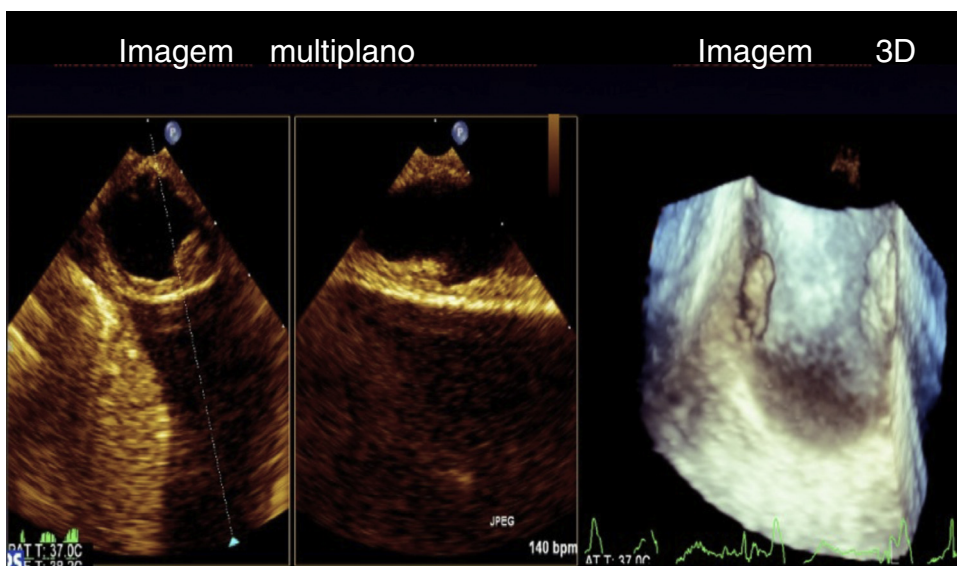
Figura 25 Reconstrução multiplano tridimensional da valva aórtica.



**Figura 26** Reconstrução multiplano na análise da área valvar aórtica.

das síndromes aórticas, como a dissecção aórtica, na qual o exame 3D fornece informações adicionais, particularmente na quantificação do orifício de entrada, além de permitir um melhor entendimento da morfologia, quando a dissecção da íntima ocorre em espiral.<sup>44</sup> O acréscimo de informações na avaliação diagnóstica se repete nos procedimentos terapêuticos, quando se torna uma valiosa ferramenta intraoperatória para aprimorar o trabalho do operador, durante e após o posicionamento dos stents de Ao torácica.<sup>45</sup> Com a exponencial expansão dos tratamentos percutâneos das patologias da VA, houve um grande interesse na definição anatômica precisa da VSVE e VA, através

da avaliação do formato e das medidas de diâmetros, área e perímetros planimetrados. Essa definição influencia o resultado desses procedimentos, até quanto à mortalidade em dois anos,<sup>46,47</sup> e só podiam ser medidos precisamente com as imagens 3D (fig. 26), já que os cálculos feitos pelo emprego de fórmulas matemáticas da ecocardiografia 2D se mostraram significativamente imprecisos.<sup>26,48</sup> A identificação de que a VSVE tem formato elíptico na maioria dos pacientes aumentou a importância da ETE 3D, pela incapacidade da ecocardiografia 2D de fazer essas importantes medidas com precisão.<sup>26</sup> A localização distante do foco do transdutor, a curvatura distante, a fina espessura das válvulas da VA e os



**Figura 27** Imagem tridimensional de placa aterosclerótica da aorta descendente.

artefatos decorrentes da reverberação e sombra acústica das calcificações existentes são alguns dos desafios para a aquisição da imagem ecocardiográfica 3D da raiz aórtica.<sup>26</sup> O Doppler colorido 3D também deve ser usado para avaliação de fluxos normais e suas anormalidades, permite cortes bidimensionais com orientação espacial perfeita e a análise ímpar de todos os aspectos do fluxo anormal, como a medida da área da vena contracta, importante na quantificação desses fluxos, sem a necessidade da aplicação de fórmulas geométricas imprecisas para a situação.<sup>37</sup>

## Valva pulmonar

### Anatomia

A VP é uma estrutura anterior no tórax e encontra-se em um plano oblíquo em relação ao plano da VA.<sup>49</sup> É uma valva semilunar constituída por três válvulas denominadas por suas posições relativas à VA (esquerda, direita e anterior).<sup>49</sup> Diferentemente da VA, não existe continuidade da VP com o esqueleto fibroso cardíaco ou com a valva atrioventricular direita.<sup>49</sup> Por suas válvulas serem finas e pouco ecogênicas e pelo fato de estar afastada da sonda transesofágica, a avaliação da VP pela ETE é geralmente difícil.<sup>1</sup>

### Modos 2D e Doppler

As dimensões da VSVD, da VP e da artéria pulmonar são mais bem avaliadas pelo corte esôfago médio da via de entrada e saída do VD, no qual o feixe de US encontra-se perpendicular a essas estruturas (fig. 5B).<sup>49</sup> Nesse corte a válvula anterior é aquela mais afastada do transdutor enquanto que a mais próxima à VA pode corresponder à válvula direita ou esquerda. Nas situações em que as imagens do corte esôfago médio da via de entrada e saída do VD são de baixa qualidade, os cortes TGs da via de entrada e saída do VD, do esôfago superior do arco aórtico em eixo curto (fig. 9B) e esôfago médio da Ao Asc em eixo curto e eixo longo (fig. 4C-D) poderão ser usados para complementar as informações sobre a estrutura, as dimensões e a função da valva e da artéria pulmonares.<sup>1</sup>

A presença de regurgitação ou aceleração de fluxo pode ser avaliada pelo modo Doppler colorido no corte esôfago médio da via de entrada e saída do VD. Para avaliação do fluxo transpulmonar (modos Doppler pulsátil e contínuo), um bom alinhamento do feixe de US pode ser obtido no corte esôfago médio da Ao Asc em eixo longo e alternativamente nos cortes esôfago superior do arco aórtico em eixo curto, TG da via de entrada e saída do VD e TG basal do VD.<sup>1,50</sup>

### Valva pulmonar em 3D

As imagens em 3D da VP podem ser adquiridas no corte esôfago superior do arco aórtico em eixo curto ou no corte esôfago médio da valva aórtica em eixo longo após leve rotação da sonda para a esquerda.<sup>1,49</sup>

Ao permitir a visualização simultânea de dois planos, as modernas sondas 3D tornaram possível a avaliação da VP em seu eixo curto. Para esse fim obtém-se o corte esôfago

médio da via de entrada e saída do VD e um plano ortogonal é posicionado sobre a VP.<sup>1</sup>

## Átrio esquerdo e veias pulmonares

### Anatomia

O AE, em relação à caixa torácica, é a câmara cardíaca mais posterior do coração. O AE encontra-se muito próximo do esôfago, é separado apenas pelo pericárdio fibroso.<sup>51</sup> A bifurcação da traqueia, o esôfago e a Ao Desc estão imediatamente atrás da parede posterior do AE. Essa proximidade do AE com o esôfago é muito vantajosa para a ETE, uma vez que o AE é usado como janela para obtenção dos cortes transesofágicos médios.<sup>1,51</sup> Nesses cortes, o AE sempre se encontra no alto da tela, próximo ao feixe do US (fig. 1).<sup>1</sup> Em relação ao AD, o AE é mais posterior e superior e está separado do AD pelo SAI.<sup>52</sup>

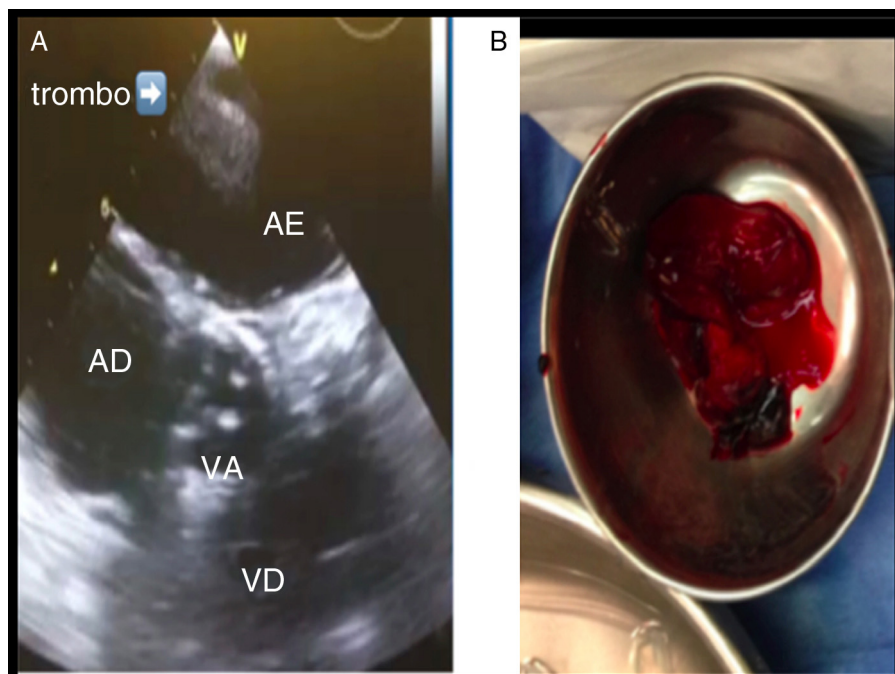
As paredes do AE podem ser descritas como superior, posterior, lateral esquerda, septal (ou medial), posteroinferior e anterior.<sup>53</sup> A parede anterior do AE está atrás do seio transversal, ou seja, atrás da raiz da Ao. O SC percorre a parede posteroinferior do AE. As paredes do AE são musculares e sua espessura pode variar  $1 \pm 0,5$  mm. Espessamento anormal da parede pode indicar a presença de um trombo mural ou até mesmo de endocardite. A calcificação do anel mitral pode se estender até a parede do AE e a tornar mais espessa.<sup>1,52</sup>

O AAE é uma estrutura em fundo cego com uma abertura para ao AE. Em relação ao AE, localiza-se lateral e superior e sua ponta se direciona anteriormente, se sobrepõe ao tronco da artéria pulmonar e da artéria coronária esquerda.<sup>51</sup> O AAE tem um diâmetro em média de 10-24 mm, mas esse valor pode variar. Se comparado com o AAD, o AAE tem uma abertura mais estreita que propicia a formação de trombos em situações de baixo fluxo sanguíneo e em ritmos cardíacos não sinusais.<sup>51</sup> Entre o AAE e a VPSE há uma dobra triangular de pericárdio seroso chamada de prega cumarínica, que quando proeminente pode ser confundida com trombo ou massa atrial<sup>51</sup> (fig. 6B).

De acordo com o fluxo sanguíneo, o AE se inicia na junção venoatrial e termina no orifício da VM. As quatro VVPP desembocam na parte posterior do AE, as veias esquerdas são mais superiores do que as direitas.<sup>51</sup> Há duas VVPP direitas (VPSD e VPID) e duas esquerdas (VPSE e VPIE). A VPSD passa atrás da junção do AD com a VCS e a VPID atrás da área intercaval.<sup>52</sup> Os orifícios das VVPP direitas estão diretamente adjacentes ao plano do SIA. Já as VVPP esquerdas se encontram entre o AAE e a Ao Desc, a VPSE se situa de forma posterossuperior em relação ao AAE, enquanto que a VPIE assume posição posteroinferior.<sup>52,54</sup>

### Fisiologia

O AE não é apenas uma simples câmara de transporte sanguíneo. O AE responde dinamicamente à sua distensão com a secreção de peptídeos natriuréticos atriais e participa do manejo dos fluidos corporais.<sup>55</sup> O AE também funciona como um reservatório do sangue oriundo das VVPP durante a sistole ventricular e o relaxamento isovolumétrico. Durante a diástole, o AE funciona de conduto do sangue para o VE. No fim da diástole, ocorre a sistole atrial, que contribui com



**Figura 28** (A) Imagem ecocardiográfica de trombo em átrio esquerdo. (B) Trombo. AE, Átrio esquerdo; AD, Átrio direito; VA, Valva aórtica; VD, Ventrículo direito.

15-30% do volume transferido para o VE.<sup>56</sup> Pelo fato do AE ser uma continuidade do VE durante a diástole, alterações da complacência ventricular alteram o tamanho e a função do AE.<sup>56,57</sup>

O aumento do AE é um preditor de eventos adversos cardiovasculares, além de propiciar o aparecimento da fibrilação atrial, a formação de trombos intracardiácos e acidentes vasculares cerebrais (fig. 28A-B).<sup>58</sup> Quando há pesquisa de fonte tromboembólica, o AAE é o primeiro local a ser avaliado, o ETE tem uma sensibilidade e uma especificidade de diagnóstico de trombo de 100% e 99%, respectivamente. Porém, por se tratarem de estruturas pequenas e complexas, pode-se deixar de diagnosticá-las em algumas circunstâncias.<sup>59</sup>

### Imagem 2 D e Doppler do átrio esquerdo e do apêndice atrial esquerdo

Os cortes mais frequentemente usados para avaliar o AE são:<sup>1</sup>

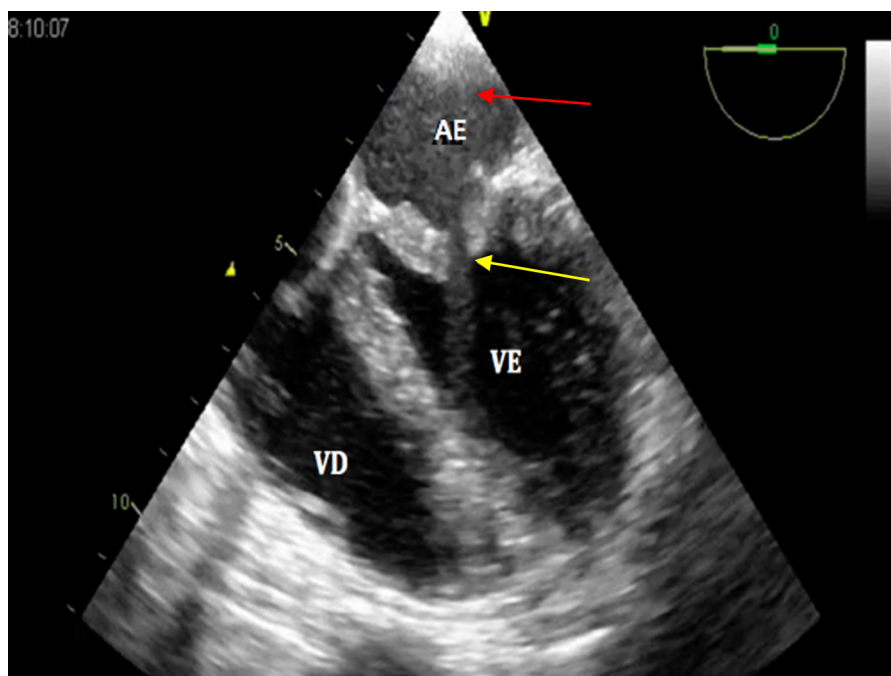
- Corte esôfago médio quatro câmaras (fig. 3B);
- Corte esôfago médio comissural (fig. 3C);
- Corte esôfago médio duas câmaras (fig. 3D);
- Corte esôfago médio apêndice atrial esquerdo (fig. 6B);
- Corte esôfago médio eixo longo (fig. 4A);
- Corte esôfago médio valva aórtica eixo curto (fig. 5A);
- Corte esôfago médio bicaval (fig. 5D);
- Corte transgástrico duas câmaras (fig. 8A);
- Corte transgástrico profundo (fig. 7D).

Os cortes que mais facilmente avaliam o AE são os esofágicos médios. O AE é a estrutura mais perto do feixe de US

nos cortes esofágicos médios, é sempre encontrado no alto da tela. Os cortes do ETE que avaliam a VM necessariamente irão avaliar o AE.<sup>1</sup>

Inicia-se a avaliação do AE a partir do corte esôfago médio quatro câmaras (fig. 3B). Gira-se o ângulo, passa-se pelos outros cortes para se obterem cortes 2D. No corte duas câmaras (fig. 3D) deve-se aumentar a imagem do AAE (fig. 6B) para ver com melhor precisão a presença de trombos, principalmente em pacientes de risco. No corte bicaval, avalia-se a relação do AE com o SIA e o AD, à procura de FOP e defeitos do SIA. Nesses corte, também serão avaliados as VVPP, como será abordado a seguir. Após a avaliação esofágica, se avança o transdutor para os cortes TGs. No ângulo de 90° se avalia o AE e principalmente a VM e seu aparato subvalvar. No corte TG profundo (fig. 7D), o AE também pode ser visibilizado, porém esse corte é mais usado para avaliação do fluxo transaórtico, o AE é uma avaliação secundária por estar mais longe do feixe de US, com pior resolução se comparado com os cortes transesofágicos.

Pela proximidade entre o AE e o transdutor esofágico, o AE não pode ser avaliado na sua totalidade por um único corte, o que torna sua avaliação completa e suas medidas de diâmetro e volume difíceis ao ETE.<sup>1</sup> A área e o volume do AE podem ser subestimados. As medidas lineares adquiridas nos corte do ETE esôfago médio valva aórtica eixo longo e eixo curto são as que melhor se correlacionam com a medida do corte do ecocardiograma transtorácico (ETT) paraesternal eixo longo, o qual mede o AE no sentido anteroposterior.<sup>60</sup> No sentido longitudinal, deve-se fazer a medida do vértice do setor até a raiz da Ao, porém essas medidas não têm valores normatizados. As medidas septolateral e o volume do AE podem ser obtidos nos cortes esôfago médio quatro câmaras e duas câmaras, porém também essas medidas, apesar de se



**Figura 29** Corte esôfago médio de quatro câmaras evidencia estenose mitral reumática. Note a presença de contraste espontâneo no átrio esquerdo e o espessamento dos folhetos da valva mitral. AE, átrio esquerdo; VE, ventrículo esquerdo; VD, ventrículo direito. Fonte: Acervo pessoal. A seta amarela indica a estenose mitral. A seta vermelha indica a “fumaça de cigarro” no átrio esquerdo.

correlacionar com as adquiridas pelo ETT, não têm valores normalizados.<sup>60</sup>

A avaliação do AAE pode ser iniciada através do corte quatro câmaras, porém, por ser uma estrutura lateral, deve-se rodar a sonda em sentido anti-horário e antifletir a para se trazer o AAE para o centro da tela.<sup>1</sup> Também no corte duas câmaras pode-se dar um zoom no local do AAE ou reduzir a profundidade da tela para se avaliar o AAE com maior precisão. Um trombo organizado é definido ecocardiograficamente como uma massa bem circunscrita, de consistência uniforme e com textura diferente da parede atrial (fig. 28).<sup>1</sup> Já o contraste espontâneo não é bem circunscrito, tem localização dinâmica e aparece como uma “fumaça de cigarro”, essa imagem é causada pela lentificação do fluxo sanguíneo (fig. 29).<sup>61</sup> Nos pacientes de alto risco para presença de trombo no AAE (fibrilação atrial) deve-se fazer a avaliação do risco de formação de trombo através da análise da velocidade do fluxo sanguíneo.<sup>61</sup> O Doppler pulsátil deve ser colocado a 1-2 cm do óstio do AAE. Velocidades menores do que  $27 \text{ cm.s}^{-1}$  estão associadas a formação de contraste espontâneo, formação de trombo e eventos embólicos.<sup>62</sup>

### Imagem 2 D e Doppler das veias pulmonares

A VPSE é a mais facilmente encontrada pelo ETE. Quando se encontra o AAE, no plano esôfago médio  $60^\circ$ , retira-se delicadamente a sonda e a VPSE aparecerá acima e posterolateral ao AAE e à prega cumarínica (fig. 6A).<sup>1</sup>

A VPIE é a veia pulmonar mais difícil de se obter a imagem pelo ETE. Após se obter a imagem da VPSE, aumenta-se o ângulo para  $90^\circ$ . As VVPP esquerdas aparecerão na forma

de V invertido.<sup>1</sup> Coloca-se o Doppler colorido com velocidade de  $40 \text{ cm.s}^{-1}$  e observa-se um fluxo laminar do sangue em direção ao transdutor do ETE. Outra maneira de fazer a imagem da VPIE é, após encontrar o AAE, avançar a sonda e rodá-la levemente em sentido horário e quando o AAE tiver desaparecido a VPIE será visibilizada.<sup>1</sup>

A VPSD é encontrada a partir do corte esôfago médio bica-val a  $110^\circ$ - $120^\circ$ , perto da artéria pulmonar direita.<sup>63</sup> Volta-se a angulação para  $90^\circ$  e podem-se avaliar as duas VVPP direitas em forma de Y invertido. As VVPP direitas podem ser visibilizadas a partir do esôfago médio  $0^\circ$  se rodarmos a sonda para direita, a fim de que o lado direito do AE fique na parte central da tela. Dessa posição abre-se o ângulo para  $30^\circ$  e a VPSD estará à direita da tela e a VPID à esquerda da tela, entra perpendicular ao AE.<sup>63</sup>

O padrão do fluxo sanguíneo das VVPP pode ser avaliado através do Doppler pulsátil com limite de velocidade de  $40 \text{ cm.s}^{-1}$ . O padrão normal do fluxo é trifásico com ondas sistólicas (S1 e S2), diastólica (D) e atrial reversa (A). Disfunção diastólica, doenças mitrais e alterações de ritmo alteram esse padrão normal.<sup>1</sup>

### Átrio direito, valva tricúspide e conexões venosas

O AD é a cavidade do coração que recebe o sangue venoso sistêmico proveniente da VCI e da VCS, bem como o sangue de retorno das coronárias através do SC. Sua parede medial e posterior é o SIA, estrutura que o separa do AE. O seu assoalho é a VT, que se abre no ventrículo direito.<sup>64</sup> Visto pelo lado direito, o SIA apresenta uma estrutura característica, a fossa oval, a qual exhibe contorno saliente e região central

constituída por uma lâmina delicada. A porção mais anterior dessa lâmina pode não estar completamente aderida à borda da fossa oval, constitui o chamado FOP.<sup>65</sup> Estudos de necropsia sugerem que ele esteja presente em até 27% dos adultos. Seu diagnóstico *in vivo* depende de avaliação dinâmica com manobras que causem aumento na pressão do AD concomitante com a injeção de solução salina agitada. Uma prevalência maior também tem sido associada à presença de aneurisma do SAI.<sup>65</sup>

A porção mais baixa do AD é separada do VE por uma porção de tecido fibroso que se continua com o SIV, chamada de septo fibroso. Isso ocorre devido aos diferentes níveis de implantação das valvas tricúspide e mitral. A VT tem inserção mais apical, o que resulta na área conhecida como septo atrioventricular.

A desembocadura do SC situa-se posteriormente e medialmente à desembocadura da VCI junto à transição atrioventricular. Nessa região podem ser encontrados remanescentes de valvas venosas, sendo a de Eustáquio junto à VCI e a de Thebesius relacionada ao SC.<sup>64</sup>

No AD também se encontram duas estruturas importantes para o automatismo cardíaco: o nó sinusal e o nó atrioventricular (AV). O nó sinusal situa-se próximo à desembocadura da VCS, enquanto que o nó AV está próximo da VT. A VT é constituída por ânulo fibroso, cordas tendíneas, músculos papilares e três cúspides.<sup>1</sup>

O AAD é uma projeção da cavidade atrial em “dedo de luva”, que recobre o sulco AV à direita (fig. 5C). A superfície interna da AAD tem traves musculares paralelas que se estendem posteriormente, a chamada musculatura pectínea, termina em uma banda muscular transversa e bastante proeminente chamada de crista terminal.<sup>66</sup>

### Avaliação pela ecocardiografia 2D e pelo Doppler

Se começarmos pelo esôfago médio no plano quatro câmaras (fig. 3B) podemos avaliar o aspecto geral do AD, sua relação de tamanho com as demais câmaras cardíacas, bem como as porções medioanterior e inferior do SIA, correspondentes à região da fossa oval e do septo primum.<sup>1</sup>

A partir dessa posição, desce-se o transdutor em direção aos planos TGs e mantém-se o ângulo em 0°, eventualmente faz-se uma discreta retroflexão da sonda, e obtemos uma imagem longitudinal do SC, uma estrutura inferior e posterior.<sup>1</sup>

Ocasionalmente, o SC pode ser avaliado a partir do plano bicaval no esôfago médio (fig. 5D) com discreto avanço e um giro no sentido horário na sonda. Ainda no plano bicaval (fig. 5D), a VCS, a VCI, a válvula de Eustáquio, a crista terminalis e o AAD são identificados. A partir dessa vista, a fossa oval também é bem definida, bem como uma eventual lâmina de um FOP. Um discreto movimento da sonda em direção ao esôfago superior permite uma imagem mais completa da VCS. Nesse ponto, gira-se a sonda no sentido horário e veremos as VVPP superior e inferior direitas. Por isso, a suspeição de drenagem anômala dessas veias é tipicamente investigada a partir desse ponto de vista.<sup>1</sup>

Ao introduzir a sonda em direção aos planos TGs a partir do plano bicaval e manter o ângulo em 90°, pode-se avaliar a VCI e a válvula de Eustáquio. Além disso, essa posição pode

ser útil para se avaliar a imagem das veias hepáticas e uma eventual canulação inadvertida dessas durante a circulação extracorpórea.<sup>1</sup>

### Diagnóstico de shunts interatriais

Nos casos suspeitos de comunicação interatrial, um exame completo deve incluir extensa avaliação de todo o SIA no modo 2D e também com Doppler colorido, pois os defeitos podem ocorrer em qualquer localização.<sup>67</sup>

### Avaliação do tamanho e da função do ventrículo esquerdo

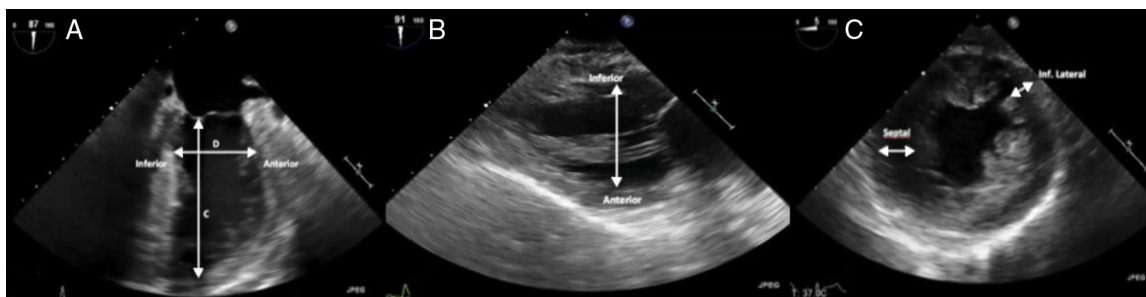
A avaliação do tamanho e da função do VE é um componente importante em todo exame ecocardiográfico feito no período perioperatório.<sup>68</sup> O grau de disfunção sistólica ventricular, além de ser um forte preditor de desfecho clínico, auxilia na estratificação do risco cirúrgico e nas intervenções terapêuticas.<sup>68</sup> A ecocardiografia proporciona uma avaliação global e segmentar do desempenho ventricular através de uma análise do espessamento sistólico, do tamanho e do volume ventricular.<sup>69</sup> Medidas qualitativas e quantitativas para estimar a função ventricular podem ser feitas através da ecocardiografia 2D, 3D, aplicação do Doppler e por medidas de velocidade e deformação miocárdica.<sup>69</sup>

### Anatomia

O VE é uma cavidade de parede espessa e formato cônico, que diminui de diâmetro da base para o ápex, aparece como uma estrutura circular no plano transversal. Através desse mesmo plano notamos que o miocárdio do SIV acompanha a forma do VE, faz parte dele sob o ponto de vista anatômico e funcional.<sup>70</sup> Para facilitar a descrição acurada da localização e gravidade das alterações segmentares do VE, além de permitir uma comunicação padronizada da ecocardiografia com outros métodos de imagem cardiovascular, divide-se o VE em 17 segmentos.<sup>70</sup> Nesse modelo o VE é dividido em três níveis: basal, no nível da válvula mitral (seis segmentos); medial, no nível dos músculos papilares (seis segmentos); e apical, após a inserção dos papilares até o fim da cavidade (quatro segmentos), com o 17° segmento localizado na ponta do VE.<sup>30</sup> Os cortes recomendados para mensuração do diâmetro do VE ao ETE são os cortes esôfago médio de duas câmaras e de eixo longo e o corte TG duas câmaras, mede-se do endocárdio da parede anterior ao endocárdio da parede inferior, entre o terço basal e medial do ventrículo. O corte proposto para medir o espessamento da parede ventricular esquerda é o TG medial transversal<sup>30</sup> (fig. 30).

### Imagem 2D e 3D do ventrículo esquerdo

A avaliação da função e estrutura ventricular esquerda pela ecocardiografia 2D usa cinco cortes principais obtidos através do esôfago médio e TG. São eles: esôfago médio quatro câmaras, esôfago médio duas câmaras, esôfago médio longitudinal, TG medial transversal e TG longitudinal.<sup>1,2</sup> O corte mais usado para monitoração das alterações segmentares do VE é o TG medial transversal, no qual podemos



**Figura 30** Cortes transgástricos para análise do ventrículo esquerdo. (A) Visibilização esôfago médio duas câmaras. (B) Visibilização transgástrico duas câmaras. (C) Visibilização transgástrico eixo curto mediopapilar.

visibilizar os territórios irrigados pelas três principais artérias coronarianas<sup>2,6</sup> (fig. 31). A análise da função segmentar do VE se baseia na avaliação qualitativa visual da motilidade parietal e do espessamento sistólico. Idealmente, a função de cada segmento deve ser avaliada através de múltiplas incidências.<sup>71</sup> A motilidade parietal do VE segue a recomendação adiante: segmentos normais, segmentos hipocinéticos (leve a moderado espessamento), segmentos acinéticos (sem espessamento) e segmentos discinéticos (movimento sistólico paradoxal).<sup>2</sup> Apesar da ausência de valores de referências e reprodutibilidade abaixo do ideal, a avaliação quantitativa da magnitude da deformação (*strain*) regional do VE é promissora, principalmente através do *strain* longitudinal durante a sístole ventricular.<sup>71</sup>

Com objetivo de aprimorar a qualidade da imagem adquirida para uma correta quantificação e interpretação da função ventricular, algumas considerações técnicas devem ser observadas: ajuste correto da profundidade da imagem para incluir todo o VE, evitar encurtamento da região apical através da manipulação adequada da sonda (anteflexão e retroflexão), identificação correta do fim da sístole e diástole (verificação da movimentação das valvas mitral e aórtica, do maior e menor tamanho da cavidade e do sinal do ECG), correto alinhamento do Doppler com a direção do fluxo sanguíneo, ajuste apropriado do ganho e do foco para aprimorar a visibilização do endocárdio e uso de imagem em segunda harmônica.<sup>72</sup>

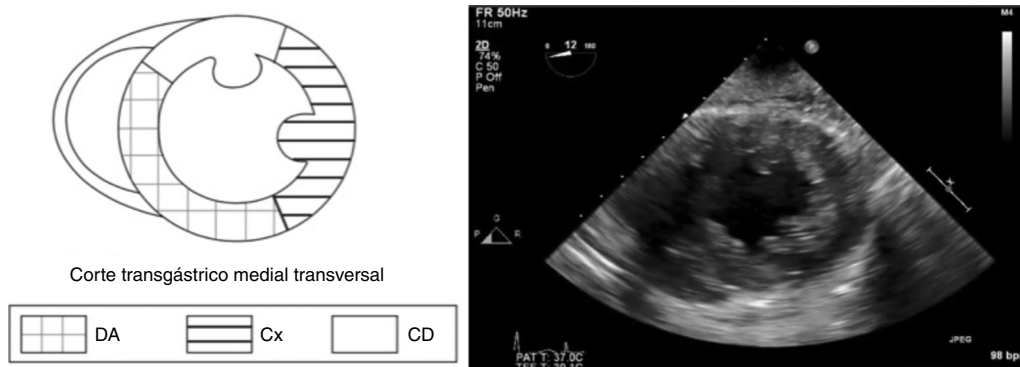
Talvez uma das contribuições mais valiosas da ecocardiografia 3D no período perioperatório esteja relacionada à

quantificação do volume e da função ventricular esquerda.<sup>7</sup> A análise da função ventricular consiste no uso de *software* capaz de detectar a borda endocárdica de forma semiautomática e fazer cálculos volumétricos mais precisos, o que permite uma análise acurada das medidas de função global e segmentar do VE, independentemente da forma geométrica do ventrículo e com melhor reprodução das medidas entre os examinadores.<sup>70,73</sup>

### Quantificação da função sistólica global do VE

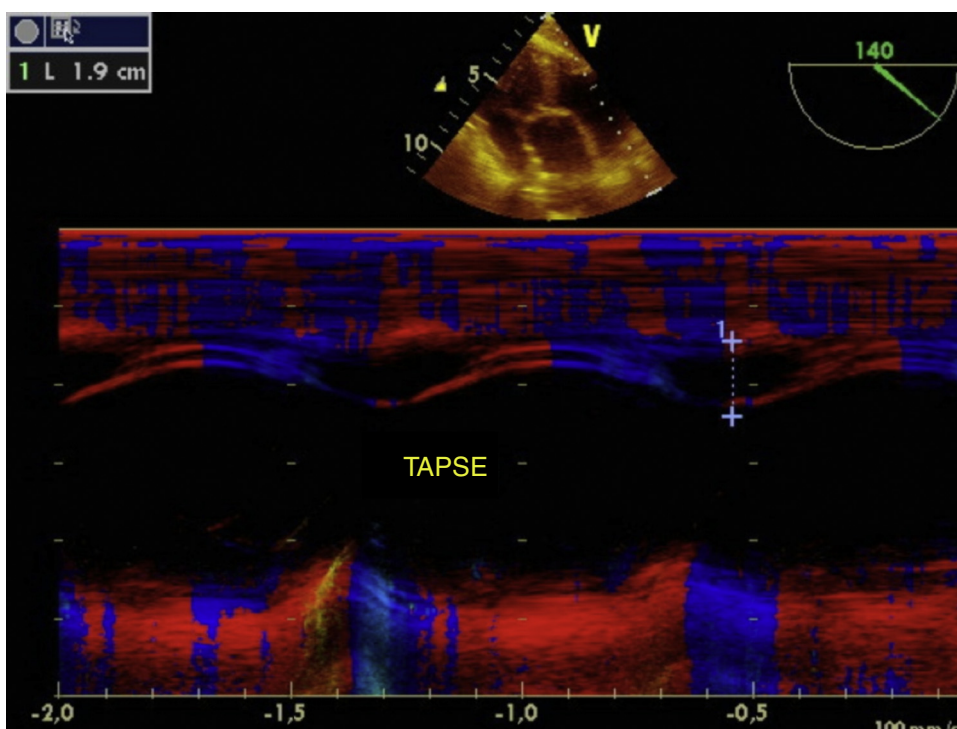
Um dos métodos mais usados rotineiramente na sala de cirurgia para quantificação da função global do VE é o qualitativo ou semiquantitativo, através do qual se faz uma estimativa visual da fração de ejeção ventricular após avaliação de múltiplos cortes ortogonais. Esse método tem uma correlação aceitável quando comparado com as medidas quantitativas.<sup>74</sup>

Quantitativamente, a estimativa da função ventricular sistólica é avaliada por parâmetros que medem a diferença entre os valores diastólico final e sistólico final relacionados a dimensões e volumes da cavidade ventricular esquerda. Dentre os métodos quantitativos, os mais usados na prática clínica têm focado na mensuração do débito cardíaco, fração de ejeção, fração de encurtamento, alteração na área fracional, índice de desempenho ventricular (índice de Tei)<sup>75,76</sup> e nos métodos que avaliam a velocidade e a amplitude de movimentação e deformação miocárdica (Doppler tecidual, *strain* e *strain rate*).<sup>3,77</sup>



**Figura 31** Relação anatômica e irrigação coronariana com as paredes do ventrículo esquerdo no corte transgástrico eixo curto mediopapilar. DA, artéria coronária descendente anterior; CX, artéria coronária circunflexa; CD, artéria coronária direita. Adaptado de Galhardo Jr. et al.<sup>6</sup>





**Figura 32** Excursão sistólica anular tricuspídea (TAPSE) é adquirido através da colocação do modo M no anel tricuspídeo e mede a amplitude do movimento longitudinal na sístole. O transdutor do eco transesofágico deve ser posicionado no esôfago médio quatro câmaras e centralizar o VD.<sup>3,5,6</sup> Em uma minoria de pacientes, uma incidência modificada do transgástrico profundo do VD pode ser obtida se girarmos a sonda para direita (como a figura), o que permite bom alinhamento do US com o movimento do anel tricuspídeo.

### Limitações na avaliação da função ventricular

A condição hemodinâmica global do paciente deve ser levada em consideração durante a avaliação da função ventricular, pois alterações de volemia e uso de drogas anestésicas podem afetar a função sistólica através dos seus efeitos na pré e pós-carga. Além disso, outros fatores que podem comprometer a avaliação da função ao ETE estão relacionados ao encurtamento e à exclusão da ponta do VE na avaliação da contratilidade global e segmentar e às dificuldades para um correto alinhamento do Doppler ao fluxo sanguíneo, o que interfere diretamente no cálculo dos índices de ejeção ventricular.<sup>1</sup>

### Ventrículo direito

#### Anatomia

O VD é uma câmara tubular com formato em V ou de “gaita de fole”, o anel tricuspídeo e o anel pulmonar formam as pontas desse V. As paredes livre, septal e apical delineiam as margens anterior, posterior e inferior. As divisões anatômicas do VD são as regiões de via de entrada, corpo e via de saída. A parede livre é subdividida em segmentos inferior, anterior e lateral, com base nas incidências ecocardiográficas. O formato irregular do VD dificulta a avaliação dos volumes e da função sistólica com métodos uniplanares e geométricos simples. Além disso, o interior trabeculado do VD também cria problemas para definir a borda endocárdica.<sup>1</sup>

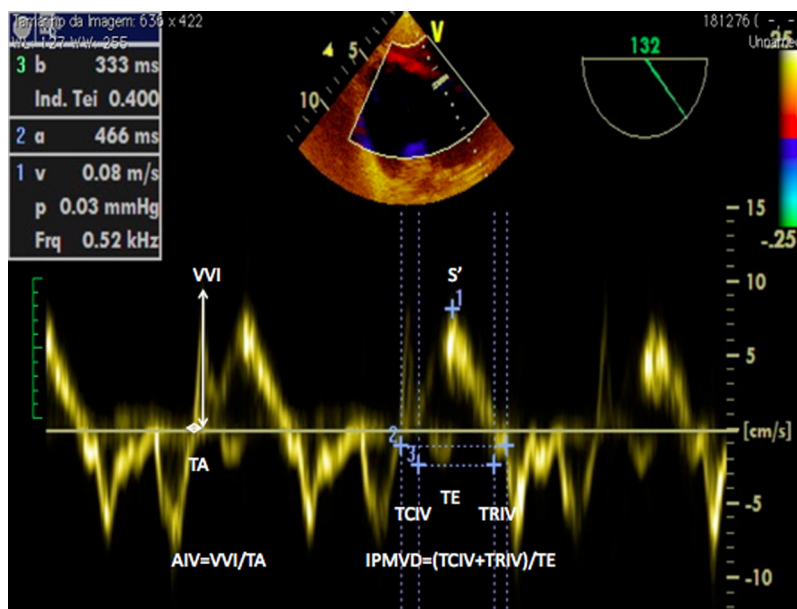
### Avaliação ecocardiográfica

Índices de avaliação sistólica:

- Índices geométricos: refletem a extensão da contração, como a variação da área fracional, a fração de ejeção e a excursão sistólica anular tricuspídea (TAPSE) (fig. 32);
- Índices de velocidade: aceleração isovolêmica (fig. 33);
- Índices hemodinâmicos: dp/dt do ventrículo direito;
- Índices de intervalo de tempo: como o índice de desempenho miocárdico ou índice de Tei (fig. 34).

As principais incidências para visibilizar o VD com o uso do ETE são:

- Quatro câmaras esôfago médio (fig. 3B): para visibilizar a parede livre, SIV, SIA e VT (cúspides anterior e septal);
- Entrada e saída do ventrículo direito esôfago médio (fig. 5B): VT, VSVD e VP;
- Bicaval esôfago médio (fig. 5D): AD, apêndice atrial direito, SIA, veias cavas e VT;
- Transgástrico eixo curto: vista frontal (*en face view*) da VT, SIV e parede livre;
- Transgástrico via de entrada do ventrículo direito: parede livre, VT e aparato subvalvar;
- Transgástrico profundo (fig. 7D): VT, VSVD e VP.



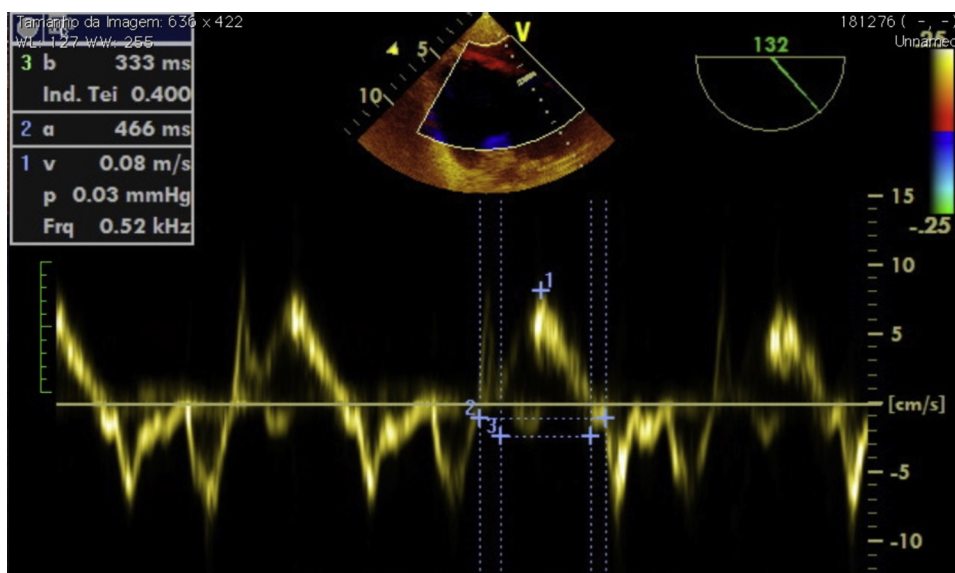
**Figura 33** Imagem de Doppler tecidual no anel tricúspideo: S', velocidade de pico longitudinal do ventrículo direito, IPMVD, índice de desempenho miocárdico do ventrículo direito ou índice de Tei, TRIV, tempo de relaxamento isovolêmico, AIV, aceleração isovolêmica, TA, tempo de aceleração, TE, tempo de ejeção, TCIV, tempo de contração isovolêmica, VVI, velocidade de pico isovolêmico. Aceleração isovolêmica é um índice de desempenho sistólico relativamente independente de pré e pós-carga. Necessita de mais informações sobre o seu uso em cirurgia cardíaca.

### Desempenho diastólico do ventrículo esquerdo

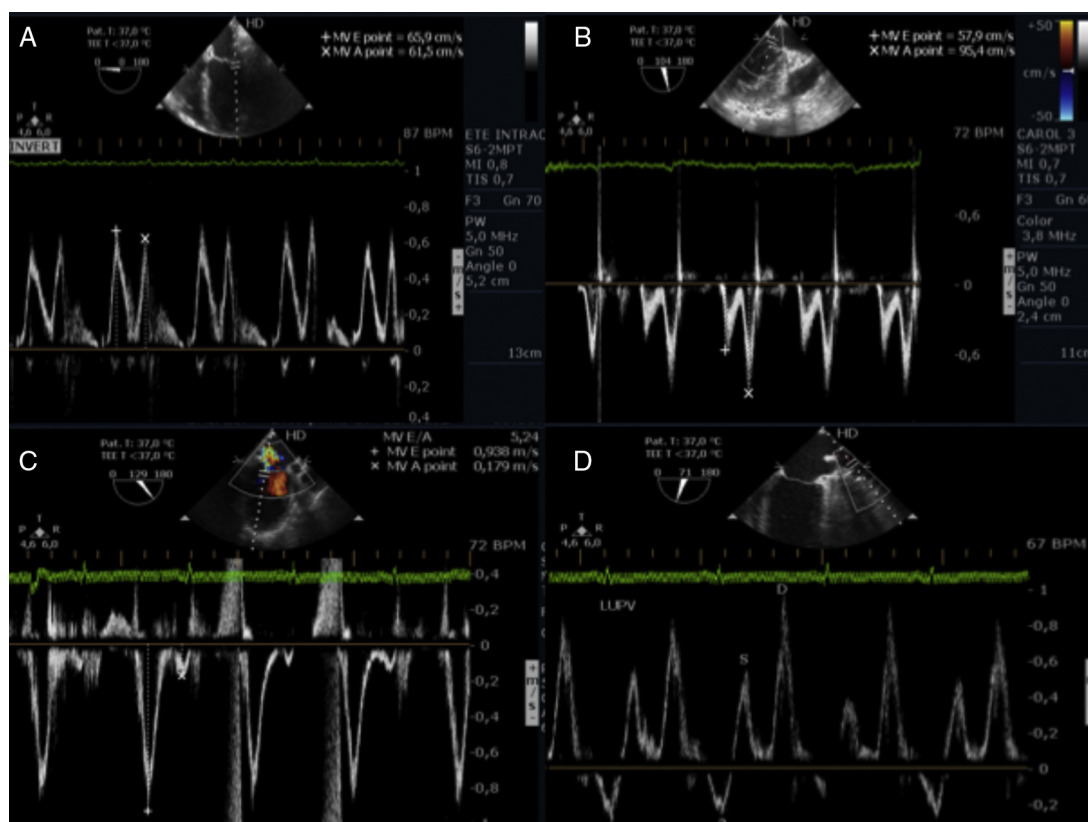
A diástole deixou de ser vista como um período passivo de enchimento do VE para ganhar importância como um período complexo, que depende de adequado relaxamento ventricular, complacência e função sistólica, pressão intratorácica, interação ventricular, ritmo cardíaco e função atrial.<sup>78</sup>

Na população em geral, a prevalência de disfunção diastólica assintomática é de aproximadamente 30% em

indivíduos com mais de 45 anos. Já em pacientes cirúrgicos com mais de 65 anos, a prevalência de disfunção diastólica com fração de ejeção normal sobe para cerca de 60%.<sup>78</sup> Em pacientes submetidos à cirurgia vascular de grande porte, a disfunção diastólica isolada está associada ao aumento de eventos cardiovasculares em 30 dias e de mortalidade em longo prazo. Em cirurgia cardíaca, a disfunção diastólica está associada ao desmame difícil da circulação extracorpórea, maior necessidade de apoio



**Figura 34** Índice de desempenho miocárdico do ventrículo direito (RMPI) ou índice de Tei. Nesta figura vemos representado o Doppler tecidual do anel tricúspideo no transgástrico profundo do ventrículo direito.



**Figura 35** (A) Doppler pulsátil transmitral, onda E > onda A. (B) Doppler pulsátil transmitral, onda E < onda A. (C) Doppler pulsátil transmitral, onda E > onda A. (D) Doppler pulsátil em veia pulmonar, onda S < onda D.

inotrópico e morbidade aumentada.<sup>79</sup> Em trabalho publicado em 2014, Nicoara et al.<sup>80</sup> correlacionaram o grau de disfunção diastólica com a sobrevida após procedimentos cirúrgicos e mostraram relação direta da gravidade da disfunção com a redução da sobrevida.

A disfunção diastólica é um achado que aparece em conjunto com uma série de doenças cardiovasculares que vão desde a hipertensão arterial até doenças infiltrativas como a amiloidose.<sup>80</sup> A insuficiência cardíaca por disfunção diastólica é diagnosticada cada vez mais frequentemente (cerca de 50% dos pacientes com ICC têm disfunção diastólica e fração de ejeção normal).<sup>81</sup> A análise da função diastólica permite ao anestesiológico detectar aumentos na pressão diastólica final esquerda na ausência de um cateter de artéria pulmonar.<sup>82</sup> A disfunção diastólica precede a disfunção sistólica nos casos de isquemia aguda e no período perioperatório; a análise da função diastólica pode ajudar a guiar a terapêutica, com a instituição de vasodilatadores no lugar de inotrópicos.<sup>80</sup>

A ecocardiografia é a modalidade mais segura, com alta sensibilidade e especificidade para avaliar a função diastólica e identificar outras anormalidades associadas.<sup>83</sup> A análise deve ser feita na altura do esôfago médio, onde for obtido o melhor alinhamento entre o fluxo mitral e o feixe do US.

A diástole é dividida em quatro fases. A primeira fase começa com o fechamento da VA e termina com a abertura da VM, com duração entre 90 e 120ms. Como tanto a VA como a VM estão fechadas, esse período é

denominado tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV). Quando a pressão ventricular esquerda cai abaixo da pressão atrial esquerda, a VM se abre e começa a segunda fase da diástole, ou seja, o enchimento ventricular rápido, que corresponde a 80% do enchimento ventricular. A pressão no VE aumenta durante o enchimento rápido e o gradiente de pressão entre o VE e o AE diminui progressivamente. Essa redução do gradiente de pressão retarda o enchimento ventricular e ocorre a diástase, período de equalização das pressões até o início da contração atrial e que responde por 5% do volume. Esse período aumenta quando há relaxamento reduzido do VE e diminui quando a complacência ventricular está diminuída. Por fim, ocorre a contração atrial, que contribui com apenas 20% do enchimento ventricular, mas em casos de disfunção diastólica, principalmente em pacientes idosos, pode ser responsável por 50% do volume de enchimento.<sup>79</sup>

Se correlacionarmos os períodos acima com o padrão de fluxo diastólico mitral ao Doppler pulsátil, temos: a) período de relaxamento isovolumétrico, tempo entre os fluxos da VSVE e mitral (esse período aumenta quando há relaxamento comprometido e diminui quando a pressão atrial esquerda aumenta); b) fase de enchimento ventricular rápido, representada pela onda E; c) o tempo de desaceleração (TD), que representa o tempo que seria necessário para a pressão cair do pico da onda E até a linha de base<sup>79</sup>; d) fase de contração atrial, responsável pela quarta fase da diástole. Essa fase também é chamada de enchimento ventricular tardio e é representada pela onda A.<sup>79</sup>

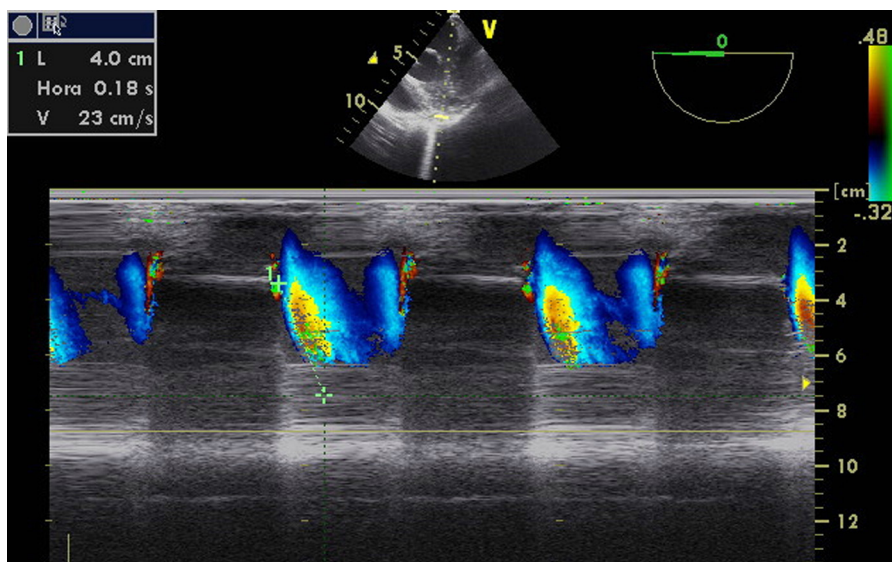


Figura 36 Doppler colorido modo M da avaliação diastólica.

Há que se ter em mente que as velocidades do Doppler do fluxo mitral são determinadas pelo gradiente de pressão transmitral, que depende de diversas variáveis: ritmo, cargas de enchimento precoce, contratilidade atrial, doença da VM, interações septais ventriculares, estado lusitropico intrínseco do VE, relaxamento e complacência ventriculares.<sup>79</sup> Nesse sentido, a velocidade máxima da onda E mitral é uma medida indireta da pressão atrial esquerda. A velocidade da onda E se correlaciona com a diferença entre as pressões atrial esquerda e ventricular esquerda no momento da abertura da VM. Assim, quanto mais alta a pressão atrial esquerda (ou quanto mais alta a pré-carga) no momento da abertura da VM, mais alta será a velocidade da onda E.<sup>79</sup>

A relação entre as velocidades das ondas E e A deve ser maior do que 1 (fig. 35A). Normalmente, essa relação é expressa como  $E/A > 1$ . Quando  $E < A$ , pode-se dizer que existe um comprometimento do relaxamento ventricular esquerdo (fig. 35B). Por outro lado, onda E maior do que o dobro da onda A representa um padrão restritivo, ou seja, a complacência do VE está comprometida (fig. 35C). Pode existir, no entanto, um momento em que o VE tenha uma disfunção diastólica em transição, o padrão de fluxo mitral passa de predomínio de alteração de relaxamento para predomínio de alteração da complacência. Nesse caso, tem-se a relação  $E/A$  semelhante ao padrão normal ( $E > A$ ). Esse

padrão, denominado pseudonormal, representa um estágio moderado da disfunção diastólica, em que um gradiente de pressão transmitral precoce mais próximo do normal é gerado pelo equilíbrio entre o relaxamento comprometido do VE e as gradualmente crescentes pressões de VE conforme a complacência diminui.<sup>79</sup>

Para diferenciar um padrão normal de pseudonormal, usam-se o Doppler tecidual do anel mitral (TDI mitral) e o Doppler pulsátil do fluxo pelas VVPP (fig. 35D).<sup>79</sup> A análise do TDI mitral ajuda a diferenciar um padrão normal de um pseudonormal porque a onda que coincide com o enchimento ventricular rápido (representada como  $E'$  ou  $E_a$ ) permanece reduzida com a pseudonormalização. Essa abordagem se baseia na técnica de Doppler para medir a velocidade do anel mitral na diástole. Uma amostra de volume pequena deve ser usada e o ganho e o filtro devem ser ajustados para baixo. Esse perfil de velocidade parece ser mais dependente do relaxamento ventricular esquerdo e menos dependente do gradiente de pressão transmitral. Desse modo, a análise da onda  $E'$  é uma medida relativamente insensível à pré-carga do VE e pode ser útil no intraoperatório, quando as condições de carga podem variar consideravelmente.<sup>79</sup>

À medida que a disfunção diastólica progride, a onda  $E'$  tende a diminuir e a onda E mitral tende a aumentar, devido ao aumento compensatório na pressão atrial esquerda que acompanha o relaxamento comprometido. Dessa forma,

Tabela 3 Classificação de disfunção diastólica

Padrão	Normal	Déficit de relaxamento	Pseudonormal	Restritivo
TRIV	70 a 90 ms	> 90 ms	< 90 ms	< 70 ms
E/A	1 a 2	< 1	1 a 1,5	> 2
DT E	150 a 220 ms	> 240 ms	160 a 220 ms	< 160
PVV	S>D	S > D	S < D	S < D
e' mitral	8-10 cm.seg <sup>-1</sup>	e' < a'	< 8 cm.seg <sup>-1</sup>	< 8 cm.seg <sup>-1</sup>

DT E, tempo de desaceleração da onda E mitral; E/A, relação da onda E mitral e onda A mitral; E' mitral, velocidade do Doppler tecidual no anel mitral; PVV, Doppler pulsátil na veia pulmonar; TRIV, Tempo de relaxamento isovolumétrico.

relação  $E/E' < 10$  é considerada normal, enquanto que  $E/E' > 15$  prevê uma pressão de enchimento ventricular esquerdo acima de 15 mmHg.<sup>78,79</sup>

O padrão de fluxo pelas VVPP também tem um componente sistólico e um diastólico. O componente sistólico pode ser dividido em dois: um primeiro momento quando o fluxo acompanha o relaxamento atrial e um segundo que acompanha o deslocamento do anel mitral em direção ao ápice ventricular esquerdo. O componente diastólico ocorre quando a VM se abre. No fim da diástole, simultaneamente à contração atrial, observa-se um fluxo reverso, que representa sangue que parte do AE em direção às VVPP. A análise desse fluxo reverso também é importante para a avaliação da função diastólica: fluxo retrógrado aumentado reflete aumento da pressão diastólica final do VE.<sup>79,84</sup> A [tabela 3](#) mostra em esquema os padrões da função diastólica.<sup>79</sup>

Outro parâmetro que pode ser usado na análise da função diastólica é a velocidade de propagação (Vp) do fluxo transmitral dentro do VE em modo M colorido. Tem como vantagem o fato de ser relativamente independente da pré-carga. Esse parâmetro reflete a efetividade da sucção do VE no início da diástole. Valores abaixo de  $50 \text{ cm.s}^{-1}$  são consistentes com comprometimento do relaxamento ventricular ([fig. 36](#)).<sup>79,80</sup> Estudos recentes mostram que Vp menor do que  $40 \text{ cm.s}^{-1}$  pode ser um preditor da necessidade de apoio cardiovascular após troca valvar aórtica devido a estenose. Além disso, a Vp pode ser útil em estimar pressões de enchimento, uma vez que a relação  $E/Vp$  maior do que 2,5 prediz uma pressão de oclusão capilar pulmonar maior do que 15 mmHg.<sup>79,80</sup>

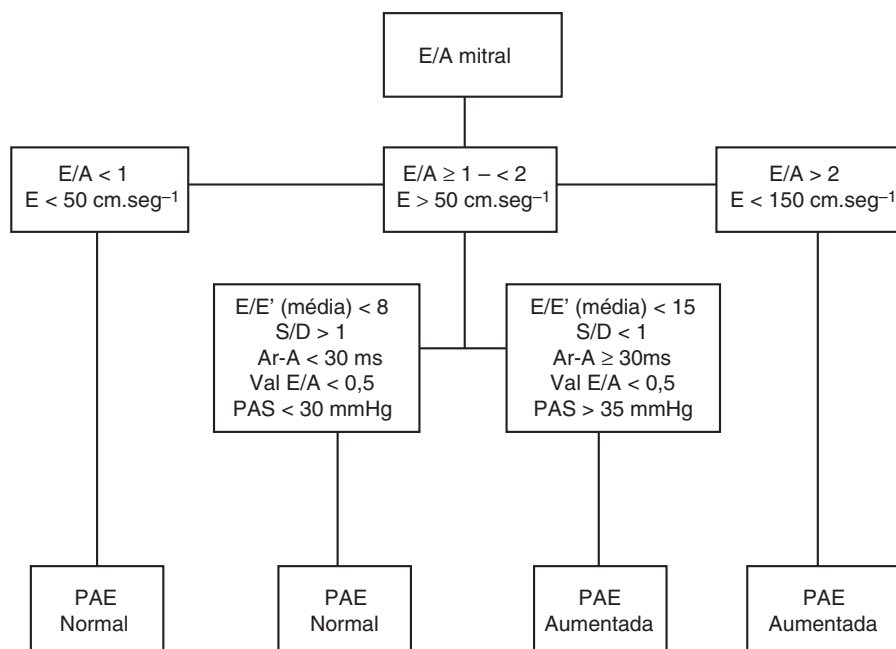
É importante ressaltar que a avaliação da função diastólica está sujeita a alterações funcionais da própria VM,

como estenose e insuficiência. Uma vez que grande parte da interpretação da diástole baseia-se no fluxo transmitral, a análise da função diastólica é prejudicada em pacientes portadores de valvopatia mitral.

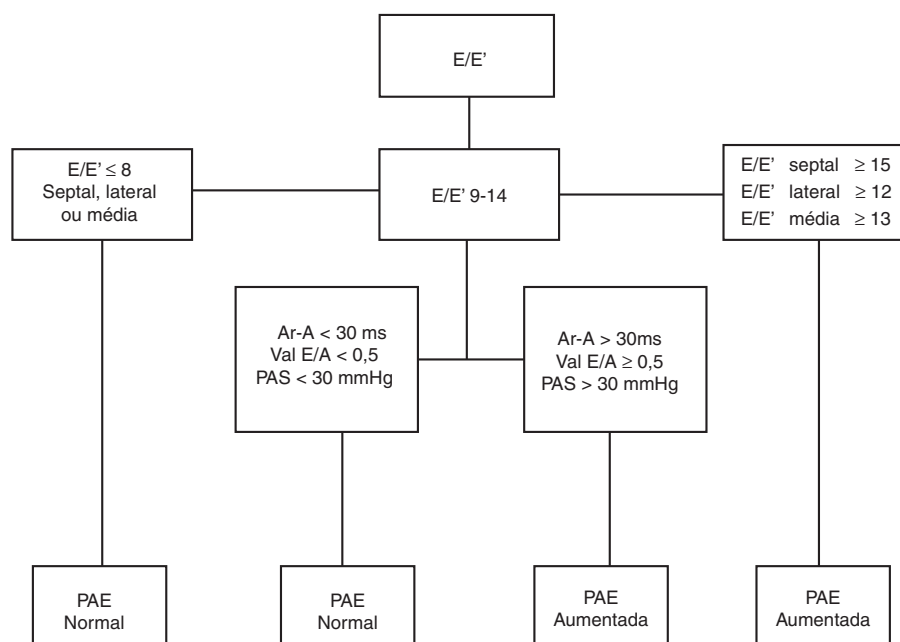
Pacientes portadores de arritmias também devem ter a função diastólica avaliada com cuidado, já que o fluxo transmitral é afetado pela frequência e pelo ritmo cardíaco. As taquicardias sinusais e os bloqueios atrioventriculares de primeiro grau podem levar à fusão das ondas E e A, dificultar a visualização de ambas, assim como a análise do tempo de desaceleração. Bloqueios atrioventriculares variados podem levar a ondas de enchimento atrial diferentes e também à regurgitação mitral nos batimentos sem condução.<sup>79</sup> Nos casos de flutter e fibrilação atrial, a onda A é inexistente, mas o tempo de desaceleração correlaciona-se bem com o enchimento ventricular esquerdo quando a função sistólica está deprimida. Nesses casos, a análise da onda E também é factível e apresenta os mesmos valores de corte dos pacientes com ritmo sinusal.<sup>78</sup>

Com relação aos quadros de isquemia miocárdica, o Doppler tecidual do anel mitral tem sido usado como um marcador fidedigno e precoce. Nota-se redução de velocidade da onda E' e da relação  $E'/A'$ , que antecedem as anormalidades na motilidade segmentar miocárdica.<sup>79</sup>

No período perioperatório, múltiplos fatores podem alterar e descompensar a função diastólica. Como visto até agora, taquicardia e arritmias que ocorrem em estado de hipovolemia, anemia e alterações hidroeletrólíticas podem comprometer o enchimento ventricular esquerdo. A isquemia miocárdica altera a saída de cálcio do citosol e o desacoplamento das pontes de actina-miosina, o que leva à pioria do relaxamento do VE. O aumento da pré-carga, da pós-carga, da tensão na parede miocárdica e



**Figura 37** Fluxograma da avaliação da disfunção diastólica com função sistólica do ventrículo esquerdo comprometida. E/A, relação onda E e onda A mitral;  $E/E'$ , relação velocidade da onda E mitral com a onda E' tecidual; S/D, relação da onda sistólica e diastólica da veia pulmonar; Ar, onda A reversa pulmonar; PAE, pressão de átrio esquerdo.



**Figura 38** Fluxograma da avaliação da disfunção diastólica com função sistólica do ventrículo esquerdo normal. E/E', relação velocidade da onda E mitral com a onda E' tecidual; Ar, onda A reversa pulmonar; PAE, pressão de átrio esquerdo.

contração não sincrônica levam a relaxamento tardio e incompleto.<sup>79</sup>

Nesse cenário, Matyal et al.<sup>79</sup> sugerem que a avaliação perioperatória da função diastólica deve ser diferente em pacientes com função sistólica comprometida e função sistólica normal. Nos pacientes com função sistólica comprometida, a avaliação da função diastólica deve começar com a análise da relação E/A mitral (fig. 37) e nos pacientes com função sistólica preservada, a avaliação diastólica deve começar pela análise da relação E/E' (fig. 38).

A partir do diagnóstico de disfunção diastólica e da classificação de sua gravidade, os alvos hemodinâmicos podem ser estabelecidos. Embora futuros estudos sejam necessários para confirmar a exata acurácia das estratégias terapêuticas empregadas, pode-se sugerir que em pacientes com alteração do relaxamento, o aumento da pressão atrial esquerda e o controle da frequência (preferencialmente bradicardia) levam ao aprimoramento do enchimento ventricular, na medida em que aumentam o gradiente de pressão entre o AE e o VE, além de aumentarem o tempo de enchimento.<sup>79</sup> Já nos pacientes com alteração da complacência, restrição hídrica e até uso criterioso de diuréticos, além de aumento da pressão arterial para melhoria da pressão de perfusão coronariana, podem ser escolhas adequadas.<sup>78</sup>

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Referências

- Hahn RT, Abraham T, Adams MS, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: Recommendations from the American society of echocardiography and the society of cardiovascular anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26: 921–64.
- Shanewise JS, Cheung AT, Aronson S, et al. ASE/SCA Guidelines for performing a comprehensive intraoperative multiplane transesophageal echocardiography examination: Recommendations of the American Society of Echocardiography council for intraoperative echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists task force for certification in perioperative transesophageal echocardiography. *Anesth Analg.* 1999;12:884–900.
- Barbosa MM, Nunes MCP, Campos Filho O, et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes das indicações da ecocardiografia. *Arq Bras Cardiol.* 2009;93:e265–302.
- Salgado-Filho MF. Diretrizes da ecocardiografia intraoperatória no Brasil. Chegou a hora de uma força-tarefa? *Rev Bras Anesthesiol.* 2017;67:318–20.
- Rengasamy S, Subramaniam B. Basic physics of transesophageal echocardiography. *Int Anesthesiol Clin.* 2008;46:11–29.
- Júnior CG, Botelho ESL, Diego LADS. Intraoperative monitoring with transesophageal echocardiography in cardiac surgery. *Rev Bras Anesthesiol.* 2011;61:495–512.
- Bulwer BE, Shernan SK, Thomas JD. Physics of echocardiography. In: Savage RM, Aronson S, Shernan SK, editors. *Comprehensive textbook of perioperative transesophageal echocardiography.* 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 3–41.
- Silva F, Arruda R, Nobre Â, et al. Impacto da ecocardiografia transesofágica intraoperatória na cirurgia cardíaca. Análise retrospectiva duma série de 850 exames. *Rev Port Cardiol.* 2010;29:1363–82.
- Porter TR, Shillcutt SK, Adams MS, et al. Guidelines for the use of echocardiography as a monitor for therapeutic intervention in adults: a report from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:40–56.

10. Carpentier AF, Lessana A, Relland JY, et al. The ‘‘physio-ring’’: an advanced concept in mitral valve annuloplasty. *Ann Thorac Surg.* 1995;60:1177–85.
11. Koch CG. Assessment of the mitral valve. In: Savage R, Aronson S, Shernan SK, Shaw A, editors. *Comprehensive textbook of perioperative echocardiography.* 2<sup>nd</sup> ed. Wolters kluwer/lippincott williams & wilkins; 2011.
12. Dal-bianco JP, Levine RA. Anatomy of the mitral valve apparatus Role of 2D and 3D echocardiography. *Cardiol Clin.* 2013;31:151–64.
13. Sidebotham DA, Allen SJ, Gerber IL, et al. Intraoperative transesophageal echocardiography for surgical repair of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:345–66.
14. Gething MA. Mitral valve repair: an echocardiographic review: Part 1. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29:156–77.
15. Cahalan MK, Stewart W, Pearlman A, et al. American Society of Echocardiography and Society of Cardiovascular Anesthesiologists task force guidelines for training in perioperative echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15:647–52.
16. Mahmood F, Hess PE, Matyal R, et al. Echocardiographic anatomy of the mitral valve: A critical appraisal of 2-dimensional imaging protocols with a 3-dimensional perspective. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2012;26:777–84.
17. Vegas A, Meineri M, Jerath A. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography. A step-by-step guide. New York: Springer; 2012.
18. Andrawes MN, Feinman JW. 3-dimensional echocardiography and its role in preoperative mitral valve evaluation. *Cardiol Clin.* 2013;31:271–85.
19. Shah PM, Raney AA. Echocardiography in mitral regurgitation with relevance to valve surgery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:1086–91.
20. Maslow AD, Regan MM, Haering JM, et al. Echocardiographic predictors of left ventricular outflow tract obstruction and systolic anterior motion of the mitral valve after mitral valve reconstruction for myxomatous valve disease. *J Am Coll Cardiol.* 1999;34:2096–104.
21. Maslow A, Mahmood F, Poppas A, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of the repaired mitral valve. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28:11–7.
22. Maslow A. Mitral valve repair: an echocardiographic review: Part 2. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2015;29:439–71.
23. Kim H, Bergman R, Matyal R, et al. Three-dimensional echocardiography and en face views of the aortic valve: technical communication. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2013;27:376–80.
24. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, et al. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv.* 2008;1:74–81.
25. Doddamani S, Bello R, Friedman MA, et al. Demonstration of left ventricular outflow tract eccentricity by real time 3D echocardiography: Implications for the determination of aortic valve area. *Echocardiography.* 2007;24:860–6.
26. Gaspar T, Adawi S, Sachner R, et al. Three-dimensional imaging of the left ventricular outflow tract: impact on aortic valve area estimation by the continuity equation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:749–57.
27. Skubas N, Perrino A. Assessment of perioperative hemodynamics. In: Savage RM, Aronson S, Shernan SK, editors. *Comprehensive textbook of perioperative transesophageal echocardiography.* 2<sup>nd</sup> ed. Lippincott Williams & Wilkins; 2011. p. 406–25.
28. Quiñones MA, Otto CM, Stoddard M, et al. Recommendations for quantification of doppler echocardiography: A report from the doppler quantification task force of the nomenclature and standards committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2002;15:167–84.
29. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:1–23.
30. Lang RM, Bierig M, Devereux RB, et al. 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;18:1440–63.
31. Roman MJ, Devereux RB, Kramer-Fox R, et al. Two-dimensional echocardiographic aortic root dimensions in normal children and adults. *Am J Cardiol.* 1989;64:507–12.
32. Vriz O, Aboyans V, D’Andrea A, et al. Normal values of aortic root dimensions in healthy adults. *Am J Cardiol.* 2014;114:921–7.
33. Bandyopadhyay S, Kumar Das R, Paul A, et al. A transesophageal echocardiography technique to locate the kidney and monitor renal perfusion. *Anesth Analg.* 2013;116:549–54.
34. St John Sutton MG, Maniet AR, Blaivas J, et al. Atlas of multiplane transesophageal echocardiography. New York: Martin Dunitz; 2003. p. 333–468.
35. Ito A, Sugioka K, Matsumura Y, et al. Rapid and accurate assessment of aortic arch atherosclerosis using simultaneous multi-plane imaging by transesophageal echocardiography. *Ultrasound Med Biol.* 2013;39:1337–42.
36. Lang RM, Badano LP, Tsang W, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:3–46.
37. Mahmood F, Jeganathan J, Saraf R, et al. A practical approach to an intraoperative three-dimensional transesophageal echocardiography examination. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2016;30:470–90.
38. Fischer GW, Salgoi S, Adams DH. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: The matrix revolution. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008;22:904–12.
39. Hung J, Lang R, Flachskampf F, et al. 3D echocardiography: a review of the current status and future directions. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20:213–33.
40. Kronzon I, Tunick PA. Aortic atherosclerotic disease and stroke. *Circulation.* 2006;114:63–75.
41. Guidoux C, Mazighi M, Lavallée P, et al. Aortic arch atheroma in transient ischemic attack patients. *Atherosclerosis.* 2013;231:124–8.
42. Kurra V, Lieber ML, Sola S, et al. Extent of thoracic aortic atheroma burden and long-term mortality after cardiothoracic surgery: a computed tomography study. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2010;3:1020–9.
43. Weissler-Snir A, Greenberg G, Shapira Y, et al. Transoesophageal echocardiography of aortic atherosclerosis: the additive value of three-dimensional over two-dimensional imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16:389–94.
44. Evangelista A, Aguilar R, Cuellar H, et al. Usefulness of real-time three-dimensional transoesophageal echocardiography in the assessment of chronic aortic dissection. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:272–7.
45. Catena E, Rossi G, Ferri L, et al. Three-dimensional intraoperative echographic monitoring for endovascular stent-graft repair in a patient with type b aortic dissection. *J Cardiovasc Med.* 2012;13:143–7.
46. Zahn R, Gerckens U, Linke A, et al. Predictors of one-year mortality after transcatheter aortic valve implantation for severe symptomatic aortic stenosis. *Am J Cardiol.* 2013;112:272–9.
47. Kodali SK, Williams MR, Smith CR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med.* 2012;366:1686–95.

48. Otani K, Takeuchi M, Kaku K, et al. Assessment of the aortic root using real-time 3D transesophageal echocardiography. *Circulation*. 2010;74:2649–57.
49. Dwarakanath S, Castresana MR, Behr AY, et al. The feasibility of simultaneous orthogonal plane imaging with tilt for short-axis evaluation of the pulmonic valve by transesophageal echocardiography. *Anesth Analg*. 2015;121:624–9.
50. Filho MFS, Siciliano A, Diego LAn, et al. Transesophageal echocardiography in Ross procedure. *Rev Bras Anesthesiol*. 2011;61:344–50.
51. Ho SY, McCarthy KP, Faletta FF. Anatomy of the left atrium for interventional echocardiography. *Europ J Echocardiography*. 2011;12:11–5.
52. Ho SY, Angel CJ, Sanchez-quintana D. Left atrial anatomy revisited. *Circ Arrhythm Electrophysiol*. 2012;5:220–364.
53. Wa M. Heart and coronary arteries. Berlin: Springer-Verlag; 1975. p. 58–9.
54. Cartwright BL, Jackson A, Cooper J. Intraoperative pulmonary vein examination by transesophageal echocardiography: an anatomic update and review of utility. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2013;27:111–20.
55. Blume GG, McLeod CJ, Barnes ME, et al. Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implications. *Europ J Echocardiography*. 2011;12:421–30.
56. Pagel PS, Kehl F, Gare M, et al. Mechanical function of the left atrium – New insights based on analysis of pressure-volume relations and doppler echocardiography. *Anesthesiology*. 2003;98:975–94.
57. Thomas I, Levett K, Boyd A, et al. Compensatory changes in atrial volumes with normal aging: Is atrial enlargement inevitable? *JACC*. 2002;40:1630–5.
58. Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, et al. Left atrial size and the risk of stroke and death – The framingham heart-study. *Circulation*. 1995;92:835–41.
59. Manning WJ, Weintraub RM, Waksmonski CA, et al. Accuracy of transesophageal echocardiography for identifying left atrial thrombi – A prospective, intraoperative study. *Ann Intern Med*. 1995;123:817–25.
60. Block M, Hourigan L, Bellows WH, et al. Comparison of left atrial dimensions by transesophageal and transthoracic echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2002;15:143–9.
61. Castello R, Pearson AC, Fagan L, et al. Spontaneous echocardiographic contrast in the descending aorta. *Am Heart J*. 1990;120:915–9.
62. Anderson DC, Halperin JL, Hart RG, et al. Patients with non-valvular atrial fibrillation at low risk of stroke during treatment with aspirin – Stroke prevention in atrial fibrillation iii study. *JAMA*. 1998;279:1273–7.
63. Vegas A. Doppler and hemodynamics perioperative two-dimensional transesophageal echocardiography. Springer Science Business Media. 2012:42–3.
64. Burch TM, Mizuguchi KA, DiNardo JA. Echo didactics: echocardiographic assessment of atrial septal defects. *Anesth Analg*. 2012;115:776–8.
65. Johansson MC, Eriksson P, Dellborg M. The significance of patent foramen ovale. A current review of associated conditions and treatment. *Int J Cardiol*. 2009;134:17–24.
66. Mertens L, Friedberg MK. The gold standard for noninvasive imaging in congenital heart disease: echocardiography. *Cur Opin Cardiol*. 2009;24:19–24.
67. Filho MFS, Guimaraes MNC, Campos IM, et al. Intraoperative transesophageal echocardiography to evaluate pediatric patients undergoing atrial septal defect procedure. *J Cardiovasc Dis Diag*. 2015;3:1–3.
68. Curtis JP, Sokol SI, Wang Y, et al. The association of the left ventricular ejection fraction, mortality, and cause of death in stable outpatients with heart failure. *JACC*. 2003;42:736–42.
69. Skiles JA, Griffin BP. Transesophageal echocardiographic (TEE) evaluation of ventricular function. *Cardiol Clin*. 2000;18:681–97.
70. Lang RM, Badano LP, Tsang W, et al. EAE/ASE recommendations for acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25:3–46.
71. Mor-avi V, Lang RM, Badano LP, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24:277–313.
72. Nikitin NP, Constantin C, Loh PH, et al. New generation 3-dimensional echocardiography for left ventricular volumetric and functional measurements: Comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur J Echocardiogr*. 2006;7:365–72.
73. Meris A, Santambrogio L, Casso G, et al. Intraoperative three-dimensional versus two-dimensional echocardiography for left ventricular assessment. *Anesth Analg*. 2014;118:711–20.
74. Hope MD, de la Pena E, Yang PC, et al. A visual approach for the accurate determination of echocardiographic left ventricular ejection fraction by medical students. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16:824–31.
75. Yeo TC, Dujardin KS, Tei C, et al. Value of a doppler-derived index combining systolic and diastolic time intervals in predicting outcome in primary pulmonary hypertension. *Am J Cardiol*. 1998;81:1157–61.
76. Filho MFS, Barral M, Barrucand L, et al. A randomized blinded study of the left ventricular myocardial performance index comparing epinephrine to levosimendan following cardiopulmonary bypass. *Plos One*. 2015;14:e014331.
77. Odell DH, Cahalan MK. Assessment of left ventricular global and segmental systolic function with transesophageal echocardiography. *Anesthesiology Clin*. 2006;24:755–62.
78. Feigenbaum H, Armstrong W, Ryan T. Evaluation of systolic and diastolic function of the left ventricle, Feigenbaum's echocardiography. 6<sup>th</sup> ed. Williams & Wilkins; 2005. p. 139–80.
79. Matyal R, Skubas NJ, Shernan SK, et al. Perioperative assessment of diastolic dysfunction. *Anesth Analg*. 2011;113:449–72.
80. Nicoara A, Whitener G, Swaminathan M. Perioperative diastolic dysfunction: a comprehensive approach to assessment by transesophageal echocardiography. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2014;18:218–36.
81. Maharaj R. Diastolic dysfunction and heart failure with a preserved ejection fraction: Relevance in critical illness and anaesthesia. *J Saudi Heart Assoc*. 2012;24, 99-21.
82. Lee E-H, Yun S-C, Chin J-H, et al. Prognostic implications of preoperative e/e ratio in patients with off-pump coronary artery surgery. *Anesthesiology*. 2012;116, 326-71.
83. Shernan SK. Uma abordagem prática à avaliação ecocardiográfica da função diastólica ventricular. 2<sup>nd</sup> ed. Baltimore: Williams & Wilkins; 2010. p. 146–68.
84. Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: Update 2010. *Europ J Echocardiogr*. 2010;11, 557-76.