Sociedade Brasileira de Anestesiologia





Ecocardiografia
Transtorácica e Transesofágica
no Intraoperatório



EDITORES

Marcello Fonseca Salgado-Filho Sérgio Luiz do Logar Mattos Rogean Rodrigues Nunes





SBA Sociedade Brasileira de Anestesiologia Rio de Janeiro 2018

Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório

Copyright© 2018, Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Proibida a reprodução total ou parcial desta obra, por qualquer sistema, sem prévio consentimento da SBA.

Diretoria

Sérgio Luiz do Logar Mattos

Erick Freitas Curi

Tolomeu Artur Assunção Casali

Augusto Key Karazawa Takaschima

Armando Vieira de Almeida

Marcos Antonio Costa de Albuquerque

Rogean Rodrigues Nunes

Coordenação do livro

Marcello Fonseca Salgado-Filho

Curso ETTI - Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório

Coordenador: Marcello Fonseca Salgado-Filho

Instrutores:

Alexander Alves da Silva

Alexandre Fernandes da Silva

Carlos Galhardo Júnior

Carolina Baeta Neves Duarte Ferreira

Chiara Scaglioni Tessmer Gatto

Eduardo Souza Leal Botelho

Eric Benedet Lineburger

Fábio de Vasconcelos Papa

Henrique Dória de Vasconcellos

Marcelo Ramalho Fernandes

Mauricio Daher Andrade Gomes

Capa e diagramação

Marcelo de Azevedo Marinho

Supervisão

Maria de Las Mercedes Gregoria Martin de Azevedo

Revisão Bibliográfica

Teresa Maria Maia Libório

Auxiliar Técnico

Marcelo de Carvalho Sperle

Ficha catalográfica

S678e Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório / Editores: Marcello Fonseca Salgado-

-Filho, Sérgio Luiz do Logar Mattos e Rogean Rodrigues Nunes. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Anestesiologia/SBA, 2018.

180 p.; 25cm.; ilust.

ISBN 978-85-98632-40-7

Vários colaboradores.

1. Anestesiologia – Estudo e ensino. I. Sociedade Brasileira de Anestesiologia. II. Mattos, Sérgio Luiz do Logar. III. Nunes, Rogean Rodrigues. IV. Salgado-Filho, Marcello Fonseca.

CDD - 617-96

O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade de seu(s) autor(es). Produzido pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Material de distribuição exclusiva aos médicos anestesiologistas.

Produzido em Junho/2018

Sociedade Brasileira de Anestesiologia

Rua Professor Alfredo Gomes, 36 - Botafogo - Rio de Janeiro - RJ

CEP 22251-080 - Tel.: (21) 3528-1050 - E-Mail: contato@sbahq.org - Portal: https://www.sbahq.org/

Fanpage: https://www.facebook.com/sociedadebrasileiradeanestesiologia - YouTube: https://www.youtube.com/user/SBAwebtv

EDITORES

Marcello Fonseca Salgado-Filho

- TSA SBA, MsC, PhD.
- Coordenador do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Membro da Comissão Examinadora do Título Superior em Anestesiologia (CE-TSA).
- Instrutor de Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia.
- Coordenador da Residência de Anestesiologia da Santa Casa de Juiz de Fora.
- Professor de Anestesiologia da Universidade Presidente Antônio Carlos/Juiz de Fora.

Sérgio Luiz do Logar Mattos

- TSA SBA.
- Presidente da Sociedade Brasileira de Anestesiologia.
- Instrutor Corresponsável pelo CET/SBA Hosp. Universitário Pedro Ernesto da UERJ.
- Coordenador da Unidade Docente Assistencial de Anestesiologia do Hosp. Universitário Pedro Ernesto da UERI.

Rogean Rodrigues Nunes

- TSA SBA, PhD.
- Diretor do Departamento Científico da SBA.
- Instrutor Corresponsável pelo CET Hospital Geral do Inamps de Fortaleza.
- Mestre e doutor em anestesia; pós-graduado em cardiologia; pós-graduado em engenharia clínica.
- Professor de medicina da UNICHRISTUS.

AUTORES/COAUTORES

Alexander Alves da Silva

- TSA SBA.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Anestesiologista do gupo SMA.

Alexandre Fernandes da Silva

- TSA SBA
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Anestesiologista do Instituto Nacional de Cardiologia.

Carlos Galhardo Júnior

- TSA SBA, FASE.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Anestesiologista do Instituto Nacional de Cardiologia MS/RJ.
- Certificação Avançada em Ecocardiografia Transesofágica Perioperatória pela National Board of Echocardiography (NBE), EUA.
- Membro da Comissão Científica da SAERJ.
- Coordenador do Serviço de Anestesiologia do Hospital São Lucas RJ.
- Ex-Fellow em Anestesia Cardíaca no Toronto General Hospital, Canadá.

Chiara Scaglioni Tessmer Gatto

- TSA SBA, FASE.
- Instrutora do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Membro do Comitê de Anestesia Cardiovascular e Torácica da SBA.
- · Anestesiologista do INCOR.
- National Board of Echocardiography Testamur Status.

Eduardo Souza Leal Botelho

- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Anestesiologista do Instituto de Cardiologia de Laranjeiras.

Eric Benedet Lineburger

- TSA SBA, MSc.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Presidente do Comitê de Anestesia Cardiovascular e Torácica da SBA.
- Vice-Presidente da SAESC.
- Anestesiologista do Hospital São José de Criciúma, Santa Catarina.
- Professor de Anestesiologia e Dor da Universidade do Extremo Sul Catarinense UNESC.

Fábio de Vasconcelos Papa

- TSA SBA, FASE.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Anestesiologista do Grupo Takaoka.
- Instrutor Corresponsável pelo CET do Hospital Israelita Albert Einstein.

Henrique Dória de Vasconcellos

- TSA SBA, MsC.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Fellowship no Johns Hopkins Hospital.

Marcello Fonseca Salgado-Filho

- TSA SBA, MsC, PhD.
- Coordenador do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Membro da Comissão Examinadora do Título Superior em Anestesiologia (CE-TSA).
- Instrutor de Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia.
- Coordenador da Residência de Anestesiologia da Santa Casa de Juiz de Fora.
- Professor de Anestesiologia da Universidade Presidente Antônio Carlos/Juiz de Fora.

Marcelo Ramalho Fernandes

• Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).

Mauricio Daher Andrade Gomes

- TSA SBA, PhD.
- Instrutor do Curso de Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório da Sociedade Brasileira Anestesiologia (ETTI/SBA).
- Membro do Comitê de Anestesia Cardiovascular e Torácica da SBA.
- Anestesiologista do Hospital Sírio-Libanês Unidade Brasília.
- Anestesiologista do Instituto de Cardiologia do Distrito Federal.
- Pesquisador da Universidade de Brasília.

APRESENTAÇÃO

O desfecho da competência

Por fazer parte do núcleo SBA Vida e trazer a relevância do tema para todos os anestesiologistas, o curso ETTI sempre determinou um avanço necessário para nossa especialidade. Com a realização de 34 cursos e o treinamento de 679 anestesiologistas, seja na área básica, seja na área avançada, o curso ETTI sempre delineou temas em compasso com a realidade necessária. O desfecho do curso teórico, neste livro, representa a maioridade de um grupo que, efetivamente, consagra-se pela competência e seriedade na realização dos eventos.

Os 16 capítulos aqui ordenados foram elaborados de forma evolutiva e clara, observando-se desde a história da ecocardiografia no Brasil, incluindo na anestesia, até intervenções no laboratório de hemodinâmica. Essa dinâmica possibilita clareza e facilidade para que todos possam se deleitar com esta obra e obter diversas faculdades avaliativas de vários temas, mesmo sem a participação no curso. A harmonia dessa evolução segue passo a passo o contexto determinado pedagogicamente para se obter melhor entendimento e análise das discussões entre a equipe de instrutores e os alunos. Assim, este livro representa, verdadeiramente, o desfecho da competência dessa equipe tão importante e necessária para todos nós da SBA.

Rogean Rodrigues Nunes Diretor do Departamento Científico da SBA

> Sérgio Luiz do Logar Mattos Presidente SBA



SUMÁRIO

Capítulo 15	
Aorta Torácica	. 157
Chiara Scaglioni Tessmer Gatto	
Capítulo 16	
Intervenções no Laboratório de Hemodinâmica	. 169

PREFÁCIO

Como já disse Joel A. Kaplan: *Bem vindos à era da ecocardiografia!*

O Grupo de Ecocardiografia da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (ETTI/SBA) tem a honra de apresentar esta publicação destinada à divulgação e ao ensino da ecocardiografia intraoperatória.

A ecocardiografia intraoperatória foi utilizada pela primeira vez em 1972 para avaliar o resultado de uma comissurotomia mitral e, desde a década de 1980, tem sido usada rotineiramente em cirurgias cardíacas para realizar a monitorização hemodinâmica, ajudar o cirurgião na análise do mecanismo e da complexidade das patologias valvares e orientar o suporte farmacológico durante a saída da circulação extracorpórea. Dessa forma, vem promovendo mudanças de conduta anestésico-cirúrgica e melhores desfechos para os nossos pacientes.

Após a criação do curso ETTI/SBA, em 2011, foram traçadas metas com a proposta de expandir e consolidar a ecocardiografia intraoperatória como ferramenta de tomada de decisão em cirurgia cardíaca e não cardíaca. Essas metas consistiam em estabelecer uma parceria com o Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia; promover a área de atuação em ecocardiografia intraoperatória; publicar o Consenso de Ecocardiografia Intraoperatória e estimular a educação continuada em ecocardiografia, com a produção de um livro texto que seria a base bibliográfica para os cursos ETTI/SBA. Esses eram os pilares de motivação do Grupo ETTI/SBA. A finalização desta obra - um livro exclusivo sobre ecocardiografia intraoperatória - consolida a ecocardiografia como uma ferramenta importante de monitorização, tanto em cirurgias cardíacas quanto em cirurgias não cardíacas, no cenário da anestesiologia do Brasil, com o objetivo principal de melhorar a segurança e os desfechos clínicos dos nossos pacientes.

Os autores desta publicação são anestesiologistas renomados na utilização da ecocardiografia, com vasta experiência no cenário nacional e internacional.

Para os leitores que estão iniciando o seu treinamento em ecocardiografia, este livro apresenta conceitos básicos e didática simples para o entendimento de física e modo Doppler; realização das janelas ecocardiográficas básicas; cálculos hemodinâmicos; análise diastólica e ecocardiografia para cirurgias não cardíacas.

Para os anestesiologistas que já possuem um treinamento mais avançado, o conteúdo relacionado a patologias valvares; ecocardiografia 3D; valores preditivos de plastia mitral e aórtica; cardiopatia congênita; disfunção do ventrículo direito e cirurgias transcateter vão proporcionar interessante leitura sobre os tópicos mais específicos da ecocardiografia intraoperatória.

Como ressaltado anteriormente, esta publicação só foi possível graças à união e ao objetivo comum dos membros do Grupo ETTI/SBA: Alexander Alves da Silva; Alexandre Fernandes da Silva; Carlos Galhardo Júnior; Carolina Baeta Neves Duarte Ferreira; Chiara Scaglioni Tessmer Gatto; Eduardo Souza Leal Botelho; Eric Benedet Lineburger; Fábio de Vasconcelos Papa; Henrique Dória de Vasconcellos; Marcelo Ramalho Fernandes; Maurício Daher Andrade Gomes e Marcello Fonseca Salgado-Filho. A Sociedade Brasileira de Anestesiologia tem fundamental importância na divulgação da ecocardiografia intraoperatória, pois ela, além de proporcionar a realização dos cursos ETTI/SBA, em uma parceria com a Sociedade Brasileira de Cardiologia, proporcionou a publicação do Consenso de Ecocardiografia Intraoperatória.

Temos que agradecer aos funcionários da SBA, pois, nos bastidores, estão sempre prontos a fazer o seu melhor.

Aos nossos familiares, um agradecimento especial pela compreensão e apoio ao longo de todos esses anos.

O Grupo ETTI/SBA acredita que esta publicação, associada ao Consenso de Ecocardiografia Intraoperatória da SBA/SBC, possa ser um fator de motivação e consolidação da ecocardiografia intraoperatória entre os anestesiologistas.

Quem assina o prefácio?

Marcello Fonseca Salgado-Filho Coordenador do Curso ETTI - Ecocardiografia Transtorácica e Transesofágica no Intraoperatório



A Evolução da Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória no Brasil

Marcello Fonseca Salgado-Filho Carlos Galhardo Júnior

O primeiro relato do uso da ecocardiografia durante uma intervenção cirúrgica é de 1972, em procedimento feito por meio de uma sonda epicárdica utilizada para avaliar o resultado de uma comissurotomia mitral¹. No início dos anos 1980, com o desenvolvimento da sonda transesofágica, Matsumoto e col.² começaram a utilizar a ecocardiografia para a avaliação contínua intraoperatória da função ventricular esquerda. No final da década de 1980, a ecocardiografia transesofágica (ETE) foi beneficiada pela incorporação da imagem de fluxo colorida associada a transdutores de alta resolução. Ao longo dos anos ocorreram vários avanços na tecnologia do ultrassom como, por exemplo, o aparecimento de sondas multiplanos e multifrequências, o processamento digital das imagens e, mais recentemente, a utilização do Doppler tecidual e a aquisição tridimensional (3D) das imagens³. Com esses avanços, o número de aplicações clínicas da ETE no intraoperatório tem crescido e se difundido amplamente.

Em 1996, uma força-tarefa entre a Sociedade Americana de Anestesiologia (ASA) e a Sociedade de Anestesiologistas Cardiovasculares (SCA) publicaram o primeiro documento sobre as indicações e contraindicações da realização da ETE no cenário perioperatório⁴. Nesse mesmo documento também foram abordadas as primeiras recomendações sobre as instruções para o treinamento e certificação dos anestesiologistas no método. Em 1999, foi publicada por Shanewise e col.⁵ uma orientação para realização abrangente da ETE, com recomendações de utilização da técnica e descrição dos principais cortes a serem obtidos. Esse mesmo documento foi atualizado em 20136.

Em 1991, o grupo dos drs. Fernando Morcef e Arnaldo Rabischoffsky, do Hospital Procardíaco, apresentaram sua experiência inicial no 4th International Symposium on Echocardiography and Doppler in Cardiac Surgery, na cidade de Innsbruck, na Austria (Figura 1). Posteriormente, em 1993, o mesmo grupo também apresentou um estudo sobre a monitorização contínua da cirurgia de revascularização do miocárdio com a ecocardiografia transesofágica no Congresso da Sociedade Europeia de Cardiologia, na França⁷.



Figura 1 - Um dos primeiros trabalhos brasileiros relatando a experiência com a utilização da ecocardiografia transesofágica intraoperatória de cirurgia cardíaca

Em 1994, o dr. José Otávio Auler desenvolveu um estudo no Instituto no Coração (InCor) sobre a monitorização intraoperatória com a ETE durante aneurismectomia do ventrículo esquerdo, que foi apresentado durante o XLI Congresso Brasileiro de Anestesiologia⁸.

No ano 2004, os drs. Carlos Galhardo, Eduardo Botelho e Luis Antônio Diego iniciaram no Instituto Nacional de Cardiologia, no Rio de Janeiro, um processo de treinamento e capacitação de alguns anestesiologistas do instituto para a implementação rotineira da ETE durante as cirurgias cardíacas. O processo iniciou em conjunto com alguns cardiologistas do departamento de ecocardiografia da instituição, que se prontificaram a realizar um treinamento didático ao grupo, além de uma tutoria na realização dos exames no centro cirúrgico. Em 2011, esse mesmo grupo publicou na Revista Brasileira de Anestesia uma revisão sobre a utilização da ETE no período intraoperatório9.

Nos últimos anos, com a melhoria tecnológica na resolução das imagens ultrassonográficas e portabilidade dos aparelhos, a ETE se tornou um importante método com diversas aplicações clínicas no período perioperatório⁶. A obtenção das informações em tempo real possibilita ao cirurgião corrigir os reparos inadequados e prevenir ou tratar complicações cirúrgicas antes de o paciente deixar a sala de cirurgia. Além disso, o método possui um boa acurácia para monitorização da isquemia miocárdica, auxilia na reposição volêmica e na administração de drogas vasoativas⁶. Em razão de seus inúmeros benefícios e baixo risco, a ETE tem desempenhado papel essencial na anestesia e cirurgia cardíaca moderna. Com a expansão da utilização da ETE na sala de cirurgia, os anestesiologistas têm buscado treinamento e capacitação para colocar em prática esse método de maneira eficaz, ampliando sua atuação no contexto da medicina perioperatória¹⁰.

Em 2011, a Sociedade Brasileira de Anestesiologia promoveu o encontro de sete membros associados que iniciaram o Curso de Ecocardiografia Intraoperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (ETI/SBA)10,11. O primeiro curso foi realizado no Instituto Nacional de Cardiologia/MS no Rio de Janeiro (**Figura 2**).

Nos primeiros cursos ETTI/SBA, foi utilizado o modelo baseado no curso de imersão da Society of Cardiovascular Anesthesiologists (SCA). Porém, o volume e a complexidade das informações em um curto período de tempo estavam comprometendo o bom andamento do curso. Isto era percebido pelas críticas nos formulários de avaliacão dos alunos^{10,12}.



Figura 2 - Corpo docente do primeiro Curso de Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia (dr. Kleber Macharet; dra. Carolina Baeta; dr. Alexander Alves; dr. Marcelo Ramalho; dr. Marcello Salgado; dr. Henrique Doria; dr. Eduardo Botelho)

Ao longo dos cursos ETI/SBA, foram realizadas alterações no conteúdo programático e no modo como era realizado. Desta forma, o curso foi dividido em dois fins de semana: O Módulo I, que apresenta noções básicas de ecocardiografia, anatomia relacionada com a ecocardiografia e cálculos hemodinâmicos, e o Módulo II, que avalia as funções ventriculares e as patologias valvares^{10,11}. Com esta mudança, o curso melhorou sua aceitação e atendeu às necessidades do anestesiologista brasileiro.

Ao longo desses sete anos, já foram realizados 25 cursos ETTI/SBA (17 Módulos I e 7 Módulos II). Atualmente, o Curso ETTI/SBA conta com 11 instrutores anestesiologistas, além de ecocardiografistas convidados. A estrutura do curso se baseia em aulas teóricas, laboratório com modelo de coração porcino, manequim de simulação realística de ecocardiografia transesofágica com mais de 20 patologias e um workshop de monitorização hemodinâmica com a ecocardiografia transtorácica 10,11.

Durante esses sete anos, 397 anestesiologistas já fizeram o Módulo I e/ou o Módulo II do Curso ETI/SBA¹². Quanto ao perfil dos anestesiologistas que fizeram curso, 337 anestesiologistas (84%) trabalham com cirurgia cardíaca regularmente e 134 (33%) possuem o aparelho de ecocardiografia em seu serviço¹². Um dado que demonstra como precisamos expandir este conhecimento no Brasil é que, dos 337 anestesiologistas que trabalham com cirurgia cardíaca, somente 55 (16%) utilizam duas vezes ou mais o ecocardiograma durante a semana em suas anestesias cardíacas¹² (Tabela 1).

Tabela 1 - Perfil dos anestesiologistas que fizeram o Curso ETTI/SBA

Número de Cursos	Número total de	que trabalham com	Têm ETE no	Fazem mais de 2
ETTI/SBA	participantes	cirurgia cardíaca	serviço	exames/semana
24 cursos	397	337 (84%)	134 (33%)	55 (16%)

Em outubro de 2016, houve a primeira reunião oficial entre a Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) e o Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DIC-SBC) com o objetivo de formar uma força-tarefa para definir critérios de treinamento e certificação em ETE intraoperatória¹¹ (Figura 3).



Figura 3 - Reunião da Sociedade Brasileira de Anestesiologia com o Departamento de Imagem Cardiovascular (dr. Marcello Salgado, dr. Rogean Nunes, dr. David Lebihan, dra. Ŝamira Saady, dr. Marcelo Vieira)

Esta força-tarefa SBA/DIC-SBC escreveu o Consenso de Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória¹³, que está publicado de forma conjunta pelas duas sociedades. O documento para a realização da Área de Atuação em Ecocardiografia Intraoperatória foi aprovado pela Diretoria da SBA e o DIC, e em 2018 essa proposta deve ser encaminhada à Associação Médica Brasileira (AMB) e ao Conselho Federal de Medicina (CFM) para homologar o início da Área de Atuação em ETE intraoperatória¹¹.

A SBA deixou um importante legado à anestesiologia brasileira ao implantar o Curso ETTI/SBA no Brasil. Porém, não podemos pensar que tudo está resolvido: temos de aumentar a utilização da ecocardiografia em cirurgias cardíacas e não cardíacas, tanto a modalidade transesofágica quanto transtorácica. Os Centros de Ensino e Treinamento (CET) precisam estar equipados com esta monitorização, pois só formando residentes cada vez mais preparados é que vamos conseguir estar na vanguarda da anestesia e na utilização da ecocardiografia intraoperatória.

Referências

- 1. Johnson ML, Holmes JH, Spangler RD et al. Usefulness of echocardiography in patients undergoing mitral valve surgery. J Thorac Cardiovasc Surg, 1972; 64:922-34.
- 2. Matsumoto M, Okay Y, Strom J et al. Application of transesophageal echocardiography to continuous intraoperative monitoring of left ventricular performance. Am J Cardiol, 1980; 46:95-105.
- 3. Vegas A, Meineri M. Three-dimensional transesophageal echocardiography is a major advance for intraoperative clinical management of patients undergoing cardiac surgery: a core review. Anesth Analg, 2010; 110:1548-73.
- 4. Practice guideline for perioperative transesophageal echocardiography. A report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Anesthesiology, 1996; 84:986-1006.
- 5. 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. J Am Soc Echocardiogr, 1999;12:884-900.
- 6. 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
- 7. Morcef F, Rabischoffsky A, Jasbik W et al. Continuous monitoring of coronary bypass surgery by transesophageal biplane echocardiography (TE). Eur Heart J, 1993; 14 (suppl):484-513.

- 8. Auler Jr JOC, Moraes A, Pereira JCD et al. Monitorização intraoperatória com ecocardiograma transesofágico durante aneurismectomia do ventrículo esquerdo. Revista Brasileira de Anestesiologia. 1994;44 (supl 18):CBA144
- 9. Galhardo Jr C, Botelho ESL, Diego LAS. Monitorização intraoperatória com ecocardiografia transesofágica em cirurgia cardíada. Rev Bras Anestesiol, 2011; 61:503-12
- 10. Salgado-Filho MF. Diretrizes da ecocardiografia intraoperatória no Brasil. Chegou a hora de uma força-tarefa? Rev Bras Anestesiol, 2017; 67:318-20
- 11. Sociedade brasileira de anestesiologia. Disponível em : www.sba.com.br.
- 12. Sociedade Brasileira de Anestesiologia. Relatórios do curso ETI/SBA.
- 13. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018;68:1-32.





Princípios Físicos da Ecocardiografia

Eric Benedet Lineburger

Os princípios físicos da ultrassonografia são essenciais no entendimento da formação da imagem bidimensional, podendo o examinador, assim, adquirir imagens de interesse no estudo em questão com a melhor qualidade possível. A partir de um probe emissor de ondas ultrassônicas sobre as estruturas cardíacas, as reflexões dos tecidos são analisadas medindo-se o tempo em que essas reflexões retornam ao probe. Sendo a velocidade da onda de som constante nos tecidos, o sistema ecocardiográfico pode localizar com precisão a origem desses ecos de retorno, formando uma imagem bidimensional atualizada das estruturas cardíacas.

Física da Onda Ultrassônica

Compressão e Rarefação

O ultrassom (US) é formado a partir de ondas de som mecânicas com frequências acima da faixa audível (> 20.000 Hz), propagando-se por meio de efeitos de compressão e rarefação moleculares (Figura 1). Essas ondas de som mecânicas são oriundas de um vibrador mecânico chamado transdutor, que é colocado em contato com o esôfago no caso da ecocardiografia transesofágica, com a pele (ecocardiografia transtorácica) ou com o coração (ecocardiografia epicárdica), criando assim ondas mecânicas vibratórias¹.



Figura 1 - Emissão da onda sonora a partir do transdutor e sua interação com os tecidos.

Podemos caracterizar uma onda ultrassônica interagindo com o meio em que se difunde, por intermédio da frequência, do comprimento de onda, da amplitude e da velocidade de propagação¹.

Frequência e Comprimento de Onda

A frequência (f) expressa em ciclos por segundo ou hertz (Hz) e o comprimento de onda (λ) são características que definem principalmente quanto a onda de som vai conseguir viajar através dos tecidos e a sua consequente resolução de imagem (Figura 2).

Amplitude

Representa a pressão máxima de uma onda ou voltagem máxima. Em outras palavras, é a variação da onda mecânica com relação ao seu valor médio, quando interage no meio em que se propaga. Quando a amplitude é zero, a voltagem ou pressão se encontram em seu valor médio. A intensidade da onda sonora pode ser definida como o quadrado da amplitude e tem relação com o impacto no tecido e seu potencial dano. Na ecocardiografia, são utilizados sinais sonoros de baixa intensidade, o que limita o dano tecidual.

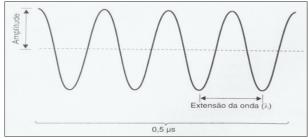


Figura 2 - Um período de 0,5 µs em 4 ciclos de onda equivale a uma frequência de 8 Hz (adaptado de: Perrino Jr AC, Reeves ST. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014).

Velocidade de Propagação

É o produto do comprimento de onda pela frequência. É determinada exclusivamente pelo meio em que se propaga. A velocidade do som nos tecidos moles é em torno de 1.540 m.s⁻¹, portanto, conclui-se que o comprimento e a frequência de onda são inversamente proporcionais (**Tabela 1**).

Tabela 1 - Velocidade de propagação (v) é o produto do comprimento de onda (λ) pela frequência (f), sendo essas duas últimas variáveis grandezas de proporções inversas.

Frequência (MHz) Comprimento de onda (mm) 1.25 2.5 0.60 5 0.30 7.5 0.20 10 0.15

Interações do Som com os Tecidos

Quando uma onda sonora viaja através dos tecidos, ocorrem interações importantes que, em última análise, vão definir a qualidade da imagem e os possíveis erros de aquisição na formação da imagem, denominados artefatos. As principais interações teciduais encontradas pela onda sonora podem ser resumidas em reflexão, refração, dispersão (reflexão difusa) e atenuação¹.

Reflexão

Quando uma onda sonora encontra determinado meio, ocorre reflexão dessas ondas através desse meio. A quantidade de reflexão sonora vai depender de uma propriedade intrínseca tecidual denominada impedância acústica. A impedância acústica nada mais é do que a resistência tecidual à passagem da onda sonora, definida pela densidade do tecido vezes a velocidade de propagação da onda sonora. Quanto maior a diferença de impedância acústica encontrada pela onda sonora, maior será a reflexão. Ar contém a menor impedância acústica, e no extremo oposto encontra-se o tecido ósseo. Quando o som atravessa dois meios de impedância acústica semelhantes, ecos de baixa intensidade são gerados. Entre tecidos com impedâncias acústicas de grande diferença, ocorrem geração de ecos de alta intensidade. Nesses casos, os ecos vão refletir e formar imagens bem definidas, como a diferença existente na imagem entre o músculo e o tecido ósseo, este último extremamente hiperecóico².

Tabela 2 - Propriedades do US em alguns tecidos (adaptado de: Denault AY, Couture P, Vegas A, Buithieu J, Tardif JC. Transesophageal Echocardiography Multimedia Manual: A Perioperative Transdisciplinary Approach. 2nd ed. London: Informa Healthcare, 2011).

Tecido	Densidade (g·cm³)	C (m·s ⁻¹)	Impedância acústica (Z)	Coeficiente de atenuação
Ar	0,0000012	331	0,004	12
Gordura	0,95	1450	1,38	0,63
Músculo	1,1	1580	1,70	0,5 - 1,0
Osso	1,91	4080	7,80	20

C = velocidade do som (m·s·1); Z = impedância acústica (rayls·10·5); coeficiente de atenuação (dB·cm¹ a 1 MHz).

Reflexão Especular

Denomina-se reflexão especular quando a onda sonora encontra uma superfície ampla e lisa, em tecidos com diferentes impedâncias acústicas. Esses tipos de superfície acabam gerando uma reflexão como se fossem um espelho acústico. A reflexão é máxima quando o objeto está situado num ângulo de 90 graus com relação ao feixe do US. Nessa angulação, praticamente toda a onda refletida volta em direção ao transdutor do probe. Bom exemplo seria a reflexão de uma agulha de bloqueio periférico quando posicionada em plano com o transdutor (ângulo de 90 graus entre a onda do US e a agulha). Ângulos diferentes de 90 graus geram reflexões que muitas vezes não retornam ao probe, ou retornam com uma energia menor. É o caso da mesma agulha de bloqueio periférico numa posição fora de plano. Em ecocardiografia, ajusta-se a posição do probe para que fique situado num plano perpendicular à estrutura a ser analisada, gerando imagens mais nítidas dos tecidos analisados.

Reflexão Difusa

A reflexão difusa ocorre quando a onda de US é refletida através de estruturas menores que o comprimento de onda (p. ex.: glóbulos vermelhos) ou a partir de estruturas de superfície irregular. Nesses casos, o feixe de ondas de US é refletido em todas as direções e pouco retorna ao transdutor do probe, gerando ecos de baixa intensidade. Em ecocardiografia, a imagem do coração acaba sendo uma composição de vários ângulos de incidência da onda de US, alguns sendo especulares e outros difusos, de maneira que algumas estruturas possuem, dependendo da janela analisada, maior ou menor resolução. No caso da posição esofágica do probe, as paredes lateral e septal do ventrículo esquerdo muitas vezes ficam pouco nítidas, caracterizando a superfície irregular do miocárdio. Pequenos ajustes na incidência da onda do US através do ângulo do transdutor, ou alternando a janela de visualização da estrutura desejada, podem gerar imagens de melhor qualidade.

Refração

Ocorre a refração quando a transmissão da onda sonora encontra uma interface de dois tecidos de diferentes velocidades de condução do som. O grau de mudança na direção do feixe sonoro vai depender da mudança na velocidade do som entre a interface de um tecido e outro (Lei de Snell) e do ângulo de incidência do som na interface, em que ângulos agudos vão gerar refrações maiores. Com ângulos de incidência de 90 graus e mínima impedância acústica, a refração é minimizada, pois a onda de US continua a se propagar na mesma direção. Essa propriedade física pode ser responsável pela formação de artefatos, visto que a onda desviada poderá atingir estruturas não pertencentes necessariamente ao campo de visão analisado.

Atenuação

A atenuação é medida por meio de decibéis por centímetro de tecido, em que cada tecido possui o próprio coeficiente de atenuação. A onda de US é absorvida (conversão do atrito da onda de US nos tecidos em calor) e dispersada (quando a onda de US viaja através de uma grande área tecidual afastada, os feixes de US divergem nesse tecido) de maneira uniforme na medida em que viaja através dos tecidos, resultando em menor retorno dos ecos em direção ao transdutor. Uma redução de 3 dB corresponde à diminuição da intensidade de onda pela metade. Quanto maior o coeficiente de atenuação do tecido, mais atenuada a onda vai se encontrar nesse tecido específico. Como exemplo temos o osso, que possui coeficiente de atenuação muito grande impedindo a transmissão do som através do tecido ósseo. Em resumo, quanto maior a frequência da onda e maior a distância percorrida no tecido, maior será a atenuação e o consequente sinal enfraquecido de volta ao probe. Uma ferramenta que pode ser utilizada para minimizar a atenuação é a compensação de ganho. A compensação de ganho do US permite amplificar os sinais que retornam ao transdutor, melhorando a nitidez das imagens mais profundas no campo de visualização¹.

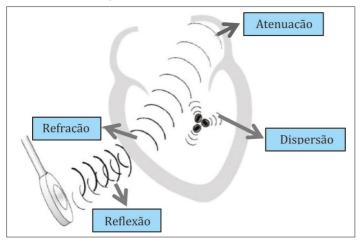


Figura 3 - Interação do som com os tecidos (adaptado de: Perrino Jr AC, Reeves ST. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014).

Transdutor

Componentes

- 1. Cristal piezelétrico de cerâmica: funciona como um vibrador e receptor de onda de US.
- 2. Eletrodos: conduzem a energia elétrica que agita os cristais piezelétricos e também registram os sinais do eco que retornam.
- 3. **Reforço:** amortece vibrações do transdutor e ondas externas.
- 4. Interface: combina a impedância acústica entre os cristais piezelétricos e o esôfago, evitando a reflexão da parede esofágica. A interface também possui lentes que focalizam o feixe de US.

A formação da onda de US utilizada em ecocardiografia baseia-se no princípio piezelétrico. Uma corrente elétrica, de energia alternada, incide nos cristais. As partículas polarizadas, dentro da matriz dos cristais, vibram e produzem energia mecânica (som, vibração). Quando a onda refletida retorna ao transdutor e atinge os cristais piezelétricos, as partículas polarizadas convertem energia mecânica em corrente elétrica alternada.

Um transdutor emite um sinal curto de onda US (pulso) direcionada à área a ser examinada. A duração desse pulso é de 1 a 2 microssegundos, com 2 a 4 comprimentos de onda. Depois desse período de emissão, o transdutor entra em modo de recepção e "escuta" os ecos de retorno, e em seguida pausa até começar um novo ciclo. Essa duração de ciclo é denominada frequência de repetição de pulso (FRP). Circuitos eletrônicos medem o tempo de demora dos ecos de retorno. Como a velocidade de propagação da onda nos tecidos é constante, esse intervalo de tempo é convertido na distância exata entre o transdutor e o tecido⁶.

Emissão Tridimensional do Transdutor

Após a ativação dos cristais piezelétricos, o transdutor emite um feixe de ondas de US semelhante ao feixe de luz de uma lanterna. Essa área a ser examinada contém um campo proximal, no qual os feixes de US convergem, e uma zona distal em que divergem (como a luz convergida e divergida através de uma lupa). Quanto menor o campo de feixes de US (mais estreito) e mais próximo do campo proximal, mais resolução de imagem será obtida, pois ecos de maior intensidade vão retornar ao transdutor.

A focalização pelos cristais piezelétricos com arranjo em fase e lentes acústicas na frente dos cristais permitem otimização da zona de interesse e aumento da qualidade de imagem. A forma do feixe de onda no arranjo fásico permite que os cristais das extremidades sejam ativados antes dos cristais do centro, formando uma onda côncava que direciona o feixe de US para a área de interesse⁴.

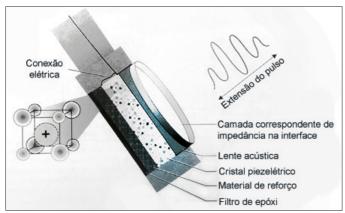


Figura 4 - Componentes do transdutor do ecocardiograma transesofágico (adaptado de: Perrino Jr AC, Reeves ST. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014).

Formato de Exibição

Após o processamento elétrico dos sinais, a imagem do US é exibida num monitor de computador, que permite a visualização das imagens em tempo real, além de possuir a capacidade de processar e armazenar as imagens (**Figura 5**).

Modo de amplitude (Modo A)

A imagem é exibida na forma de picos horizontais, conforme a intensidade e distância dos ecos de retorno.

Modo de brilho (Modo B)

Os ecos são representados por intensidade de brilho (pixels), em vez de em picos horizontais. Do mesmo modo que é baseada a escala cinza da ecocardiografia em duas dimensões.

Modo de movimento (Modo M)

Modo usado para exibir o movimento dos pixels em função do tempo, mostrando uma linha contínua de modo B. O modo B atualiza as imagens de maneira unidimensional muito rápida, permitindo uma imagem com movimento em tempo real. O modo M é ideal para correlacionar as imagens com a cardioscopia e eventos do ciclo cardíaco.

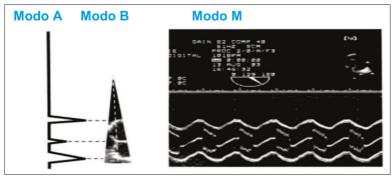


Figura 5 - Formatos de exibição das imagens do ecocardiograma (adaptado de: Denault AY, Couture P, Vegas A, Buithieu J, Tardif JC. Transesophageal Echocardiography Multimedia Manual: A Perioperative Transdisciplinary Approach. 2nd ed. London: Informa Healthcare, 2011).

Ecocardiografia em Duas Dimensões

A ecocardiografia 2D analisa as estruturas cardíacas mediante uma secção tomográfica com resoluções axiais, elevacionais e laterais. Isso é obtido coletando as informações pelo modo B, através de linhas de escaneamento e redirecionando o próximo feixe de US para a nova linha de escaneamento, até o setor tomográfico cardíaco ser completamente escaneado (Figura 6). A imagem criada pelo setor é chamada de frame (quadro), que contém cerca de 100 a 200 linhas de escaneamento, resultando num frame rate (taxa de quadros) de 30 a 60 frames·s⁻¹. Quanto mais profundo e mais amplo o setor, mais tempo será necessário para o escaneamento completo do setor (frame rate menor), limitando a dinâmica de apresentação das imagens. Quando necessitamos de imagens em tempo real, com alta dinâmica, damos preferência ao modo M, em que o frame rate chega a 2 mil quadros por segundo⁴.

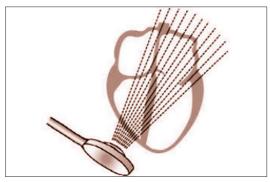


Figura 6 - Setor cardíaco obtido a partir da ecocardiografia em duas dimensões (adaptado de: Perrino Jr AC, Reeves ST. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014).

Princípios Físicos do Modo Doppler

Em 1842, o físico austríaco Johann-Christian Doppler, estudando o movimento das estrelas, descreveu a mudança da frequência das ondas quando uma fonte de luz ou sonora movimentava-se em relação a um observador estacionário². Quando a fonte emissora está em movimento na direção do observador, as ondas são comprimidas; ao se afastarem, as ondas se expandem (Figuras 7 B, 7 C).

As células sanguíneas, movendo-se através dos vasos sanguíneos, conseguem refletir a onda de US emitida pelo transdutor. Pela mudança de frequência entre o sinal enviado pelo transdutor e o refletido pelas células sanguíneas, a ecocardiografia por Doppler consegue identificar a direção do fluxo sanguíneo e sua velocidade. Se não há fluxo sanguíneo, a frequência emitida se iguala à recebida e não há diferença no Doppler, configurando uma situação como a ecocardiografia em 2D (Figura 7 A). As diferenças de frequências emitidas e recebidas são chamadas de **modulação**¹.

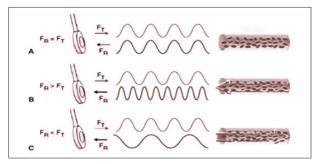


Figura 7 - Mudanças na frequência da onda sonora recebida pelo transdutor após reflexão nas células sanguíneas (adaptado de: Perrino Jr AC, Reeves ST. A Practical Approach to Transesophageal Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014).

Equação do Modo Doppler

A partir da equação a seguir (Figura 8), podemos concluir que apenas duas variáveis têm importância no cálculo, pois são as que vão sofrer alterações durante o exame: ângulo do transdutor com relação ao fluxo sanguíneo (cos θ) e velocidade do fluxo sanguíneo (v). Quando a orientação do transdutor se encontra completamente paralela ao fluxo sanguíneo, a modulação da frequência espelha completamente a velocidade sanguínea pela equação Doppler ($\cos\theta$ = 1). Com ângulos não paralelos, a modulação da frequência cai em função do fator $\cos \theta$, até tornar-se nula quando $\cos 90 = 0$.

$\Delta f = v \times \cos \theta \times \frac{2f_t}{c}$

Figura 8 - Equação do Modo Doppler demonstrando a dependência da velocidade do fluxo sanguíneo (v) e do ângulo de emissão do feixe sonoro a partir do transdutor em relação ao fluxo sanguíneo (cos θ). A frequência do sinal transmitido (f_i) e a velocidade do som no sangue (c) são constantes e assim, podem ser excluídas da fórmula.

Exibição dos dados no Modo Doppler

A apresentação dos dados do modo Doppler ocorre por meio da radiodifusão sonora e da **exibição espectral**.

O fluxo sanguíneo no coração e nos vasos sanguíneos apresenta uma frequência na faixa de quilo-hertz (kHz), audível para o ser humano. O aparelho de ecocardiografia consegue amplificar esse som, e cada vez que o alinhamento entre o transdutor e o fluxo sanguíneo não está de acordo (não paralelo), o som vai diminuir a intensidade na radiodifusão sonora e vice-versa. Já na exibição espectral, os dados são dispostos num traçado de tempo (eixo x) versus velocidade (eixo y), chamado de envelope. Nesse modo de exibição, frequências de maior intensidade são marcadas por maior brilho. Com uma boa técnica para obtenção do sinal do Doppler (orientação paralela ao fluxo sanguíneo), obtemos um "envelope límpido", caracterizado por bordas bem definidas, intensidade alta de pixels (brilho) e pico de velocidade de fluxo bem visíveis. Por meio da exibição espectral do Doppler, podemos obter a maior parte dos cálculos hemodinâmicos³.

Doppler Pulsado (DP)

No Doppler pulsado (DP), apenas um cristal emite a onda de US, alternando para o modo emissor e receptor para analisar os ecos de retorno. Como a velocidade do som é constante nos tecidos, orienta-se a amostra de volume para o local desejado de análise de fluxo, e o aparelho, tendo essa medida de distância (entre o transdutor e a amostra de volume), lança um sinal de US com tempo definido para a viagem de ida e volta do local selecionado (Figura 9 A). Esse conceito é chamado de time-gating⁶. Existe, desse modo, um intervalo de tempo mínimo para a ida e a volta do US, que aumenta conforme a distância do local onde se pretende analisar o fluxo. O intervalo entre a recepção do eco de retorno e a emissão de um novo pulso de US é a frequência de repetição de pulso (FRP). Fica claro que, quanto mais tempo durar a viagem de ida e volta do som, menor será a FRP. Como o Doppler pulsado coleta informações intermitentes do fluxo sanguíneo (como uma animação quadro a quadro), existe uma frequência máxima do fluxo sanguíneo que permite a acurácia da medida. Quando essa frequência for metade da FRP, chegamos ao limite de Nyquist. Acima desse limite, acontece um evento em ecocardiografia que se chama aliasing, no qual as informações do fluxo são ambíguas e a exibição espectral aparece também no outro lado da linha de base do display do monitor (Figura 9 C).

Doppler Contínuo (DC)

Quando utilizamos o Doppler contínuo (DC), eliminamos a limitação do Doppler pulsado com relação ao limite de Nyquist, permitindo que fluxos de alta velocidade na ordem de mais de 7 m·s⁻¹ (p. ex.: válvula aórtica estenótica) possam ser avaliados corretamente. O DC possui dois cristais nos quais ocorrem ao mesmo tempo a emissão e a recepção das ondas de US⁵.

Não se aplica o conceito de time-gating, pois não há necessidade de espera para que o eco emitido retorne ao transdutor. No DC, o probe está emitindo e recebendo os sinais continuamente apresentando, portanto, um envelope na exibição espectral que reflete as várias velocidades ao longo de todo o caminho do feixe de US (Figura 9 B).

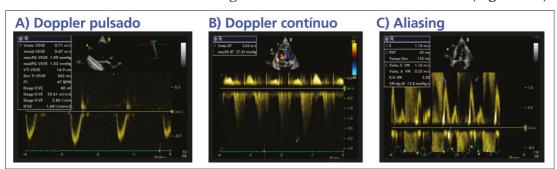


Figura 9 - Exibição espectral de diferentes modalidades do Modo Doppler (A e B) e na situação de Aliasing (C).

Doppler Colorido

Nesta modalidade, utiliza-se a ecocardiografia 2D com o Doppler pulsado, permitindo imagens da secção tomográfica do coração e análise de fluxo. Em cada linha de escaneamento do setor, o aparelho analisa várias amostras de volume juntamente com a imagem em 2D e aplica um código de cores para obter o mapeamento colorido do fluxo. A cor vermelha indica fluxo na direção do transdutor, e a cor azul indica fluxo se afastando do transdutor. Além disso, a velocidade do fluxo sanguíneo também recebe codificação de cor. Amarelo indica alta velocidade de fluxo na direção do transdutor; da mesma forma, o ciano se afasta do transdutor³. Fluxo verde significa turbulência de fluxo em várias direções. No Doppler colorido se aplica o princípio do limite de Nyquist e aliasing, pois se utiliza a técnica do Doppler pulsado. Na figura a seguir, utilizando um limite de Nyquist de 71 cm·s⁻¹ (Figura 10 A) que se pode ajustar no aparelho de ecocardiografia (barra superior direita), o fluxo azul se afastando do probe acelera no estreitamento valvar e sua frequência atinge mais da metade da FRP (limite de Nyquist) e então as amostras de volume de aliasing aparecem em amarelo, retornando ao azul quando o fluxo desacelera abaixo da metade da FRP, saindo do estreitamento valvar4. Quando alteramos o limite de Nyquist para 27 cm·s⁻¹, nota-se o aliasing ocorrendo em uma velocidade mais baixa, um pouco antes do estreitamento valvar (Figura 10 B)

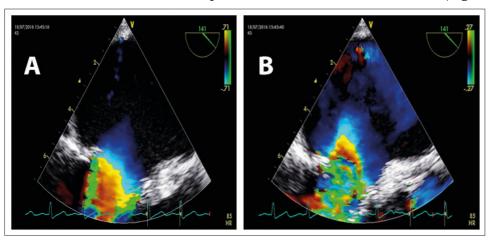


Figura 10 - Aliasing no Color Doppler a partir do limite de Nyquist de 71 cm.s⁻¹ (A) e 27 cm.s⁻¹ (B).

Referências

- 1. Perrino Jr AC, Reeves ST. A practical approach to transesophageal echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2014.
- 2. Denault AY, Couture P, Vegas A et al. (Ed.). Transesophageal echocardiography multimedia manual: a perioperative transdisciplinary approach. 2nd ed. London: Informa Healthcare, 2011.
- 3. Lang RM, Goldstein SA, Kronzon I et al. ASE's comprehensive echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier, 2015.
- 4. Savage RM, Aronson S, Shernan SK. Comprehensive textbook of perioperative transesophageal echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- 5. Reich DL, Fischer GW. Perioperative transesophageal echocardiography: a companion to Kaplan's cardiac anesthesia. Philadelphia: Elsevier Saunders, 2014.
- 6. Kaplan JA, Augoustides JGT, Manecke Jr GR et al. Kaplan's cardiac anesthesia: for cardiac and noncardiac surgery. 7th ed. Philadelphia: Elsevier, 2017.



Artefatos e Pitfalls

Fábio de Vasconcelos Papa

O exame ecocardiográfico bem realizado tem como objetivo principal fornecer informações que ajudem no manuseio clínico do paciente estudado.

Um ponto crítico no sucesso de sua realização é a capacidade de se reconhecer a presença de artefatos e pitfalls (armadilhas), que podem fornecer informações inapropriadas. Pitfalls (armadilhas) se referem a estruturas anatômicas normais que podem ser interpretadas como patológicas ou achados desprovidos de importância fisiológica. Artefatos, por sua vez, podem ser resultado de falha do equipamento, erros de interpretação por causa da dificuldade de entendimento das características físicas da onda de ultrassom ou ser fruto da interação da onda de ultrassom com tecidos ou estruturas (p. ex.: cateter de Swan-Ganz).

Pitfalls

Crista terminalis - está localizada na junção da veia cava superior (VCS) com o átrio direito (AD). É uma estrutura fibromuscular alongada formada pela junção do seio venoso e do AD primitivo. Ocasionalmente, a estrutura pode falsamente se assemelhar a uma massa tumoral¹, trombo ou vegetação. É mais bem visualizada no corte médio esofágico bicaval (Figura 1).

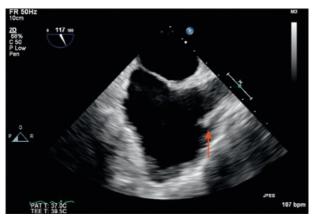


Figura 1 - Corte médio esofágico bicaval que ilustra a crista terminal (seta)

Válvula de Eustáquio - se localiza na junção da veia cava inferior (VCI) com o átrio direito (AD). Pode ser diagnosticada erroneamente como uma massa atrial. É uma estrutura remanescente do desenvolvimento embrionário. Apesar de não ser fisiopatologicamente importante, pode, em alguns casos, "dividir" o AD ou se assemelhar a um fibroelastoma papilar (Figura 2).



Figura 2 - Válvula de Eustáquio visualizada no corte médio esofágico bicaval

Hipertrofia lipomatosa do septo atrial – é causada por excessiva deposição de tecido adiposo no septo atrial. É uma condição benigna e normalmente um achado ocasional². A imagem clássica é um septo interatrial homogêneo bilobulado que não acomete a fossa oval, podendo, em alguns casos, se assemelhar a um mixoma atrial (Figura 3).

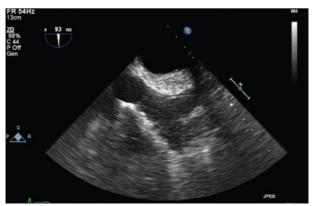


Figura 3 - Hipertrofia lipomatosa do septo

Ligamento de Marshall - é uma estrutura muscular alongada localizada entre o apêndice atrial esquerdo e a veia pulmonar esquerda, muitas vezes confundida como massa intracardíaca ou trombo³ (**Figura 4**).



Figura 4 - Ligamento de Marshall

Banda moderadora - localizada no ápice ventricular direito, conecta o septo ventricular ao músculo papilar anterior. É muitas vezes confundida com uma massa ventricular4 e contém fibras do sistema condutor direito para a parede livre do ventrículo direito. É mais bem visualizada no corte médio esofágico de quatro câmaras (Figura 5).



Figura 5 - Banda moderadora

Seio coronário - é uma estrutura cardíaca mais posterior, localizada no átrio direito (AD), próximo ao folheto septal da válvula tricúspide. Sua identificação é importante para a efetiva colocação da cânula de cardioplegia retrógrada.

Válvula de Thebesius - localizada no orifício de entrada do seio coronário, pode dificultar a colocação da cânula de cardioplegia retrógrada.

Artefatos

Os artefatos, por definição, são quaisquer erros na criação da imagem. É importante seu reconhecimento para evitar diagnósticos imprecisos.

Os artefatos podem resultar de falhas do equipamento, falhas de interpretação ou presença de estruturas, como cateteres, dentro das câmaras cardíacas. O completo entendimento da geração de artefatos é dificultado pelo fato de diversos termos muitas vezes descreverem o mesmo artefato.

Sombra acústica – ocorre quando o feixe de ultrassom encontra uma interface composta por duas estruturas com impedâncias acústicas diferentes. O exemplo mais comum nesse caso é a presença de grande quantidade de cálcio em uma válvula aórtica estenosada, que dificulta sua visualização. Ocorrem reflexão e refração das ondas de ultrassom que limitam a penetração distal nos tecidos. Do mesmo modo, a imagem de próteses valvulares mecânicas também revela uma imagem hiperecoica proximal com perda de sinal além dela (Figura 6), fazendo-se necessária a avaliação da estrutura em questão em diferentes cortes na tentativa de minimizar esse efeito⁵.

Reverberação – causa importante na criação de artefatos, principalmente quando se estuda a aorta torácica em razão da presença de duas interfaces refletivas: tecido - fluido/tecido - ar. As reverberações ocorrem, pois as ondas de ultrassom, repetidamente, oscilam entre duas superfícies muito refletoras. Artefatos lineares na aorta ascendente podem se assemelhar a flaps de dissecção. Uma abordagem sistemática multiplanar facilita a avaliação da estrutura e o reconhecimento desses artefatos.

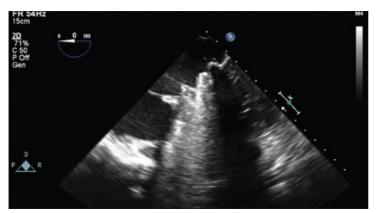


Figura 6 - Exemplo de sombra acústica com perda de sinal, além da válvula mecânica

Comet-tail – artefato do tipo reverberação no qual uma estrutura refletora pequena reflete a onda de US que está retornando alinhada com o feixe gerador do US. O exemplo mais comum é o mostrado a seguir (Figura 7), em que pequenas calcificações na parede posterior da aorta descendente torácica refletem o sinal de US que está retornado.



Figura 7 - Exemplo que ilustra a presença de artefatos do tipo comet-tail

Imagem em espelho – o sinal de US que está retornando, ao encontrar uma estrutura altamente refletiva, inverte seu sentido antes de voltar ao transdutor. Essa sequência de ida e vinda do sinal é erroneamente interpretada pelo sistema como distância percorrida, o que leva à criação da imagem com distâncias aumentadas em relação ao transdutor (Figura 8).



Figura 8 - Exemplo comum de imagem em espelho (dupla aorta descendente torácica)

Artefatos Relacionados com o Doppler Espectral e Colorido

Aliasing - ocorre quando a velocidade medida é maior que o limite de Nyquist, fazendo com que o uso do Doppler pulsátil seja ineficaz para sua medida. Nesse caso, deve-se usar o Doppler contínuo que se utiliza da transmissão e da recepção do sinal de ultrassom continuamente, eliminando, desse modo, um limite máximo de velocidade de fluxo a ser medido (Figura 9).

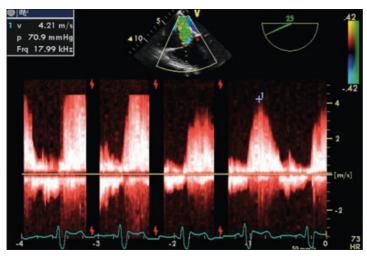


Figura 9 - Mudança do Doppler pulsátil (E) para o Doppler contínuo (D). Com o uso do Doppler contínuo (CWD), é possível medir velocidades superiores ao limite de Nyquist⁶

Conclusão

A interpretação apropriada das imagens geradas é necessária para o diagnóstico de condições fisiológicas e patológicas. Em razão disso, é importante estar familiarizado com as variações anatômicas e os artefatos mais comuns. Na tentativa de ajudar a diferenciar entre uma estrutura patológica e um artefato ou variação anatômica, algumas questões se mostram bastante úteis:

- 1) A densidade e a textura da estrutura são semelhantes ao restante do coração?
- 2) Existe sincronia entre a estrutura de interesse e o restante do coração?

Caso a resposta seja sim a essas perguntas, a estrutura provavelmente é uma variação da normalidade.

3) A estrutura aparece em diferentes planos e cortes?

Caso a resposta seja sim, provavelmente não existe artefato.

Referências

- 1. Salustri A, Bakir S, Sana A et al. Prominent crista terminalis mimicking a right atrial mass: case report. Cardiovasc Ultrasound, 2010;8:47.
- 2. Haenen N, Morshuis W, Heijmen R et al. Images in cardiology: lipomatous hypertrophy of the interatrial septum. Heart, 2002;88:111.
- 3. Strachinaru M, Gazagnes MD, Mabiglia C et al. Coumadin ridge mass assessed on three-dimensional transoesophageal echocardiography. Acta Cardiol, 2013;68:193-6.
- 4. Mitta SR. Moderator band wrongly interpreted as RV mass. J Assoc Physicians India, 2012;60:42.
- 5. Daniel WG, Mügge A, Grote J et al. Comparison of transthoracic and transesophageal echocardiography for detection of abnormalities of prosthetic and bioprosthetic valves in the mitral and aortic positions. Am J Cardiol, 1993;71:210-5.
- 6. Lang RM, Goldstein SA, Kronzon I et al. ASE's comprehensive Echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Elsevier, 2015.



Ecocardiografia Transesofágica: Exame Abrangente e Complicações

Henrique Dória de Vasconcellos

Introdução

A ecocardiografia transesofágica (ETE) é uma técnica de monitorização e diagnóstico semi-invasiva com uso cada vez mais frequente na prática clínico-cirúrgica. A ETE tem como principal vantagem, em relação à ecocardiografia transtorácica (ETT), a grande proximidade entre o probe localizado no esôfago com o coração e os grandes vasos, permitindo, assim, a utilização de transdutores de alta frequência que resultam em imagens com alta resolução temporoespacial¹.

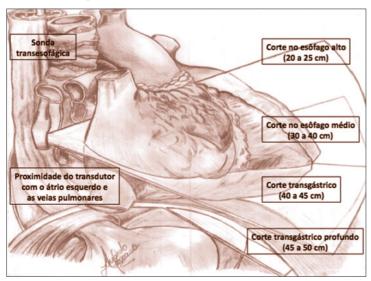


Figura 1 - Relações anatômicas entre a sonda transesofágica, o esôfago e o coração

As principais indicações e os melhores níveis de evidência para o emprego da ETE intraoperatória são embasados na diminuição da morbimortalidade cirúrgica decorrente da mudança de conduta proporcionada pela orientação de seus achados. Indicações classificadas como de classe I são para cirurgias cardíacas valvares (plastia ou troca valvar), remoção de tumores cardíacos, revascularização miocárdica, cardiopatias congênitas, doenças da aorta, cirurgias não cardíacas de grande porte (vasculares e transplantes) e em laboratórios híbridos de intervenção com implante transcateter de dispositivos intracardíacos/válvulas (Tabela 1)²⁻⁴. Além disso, seu uso vem se expandindo rapidamente para fora do ambiente cirúrgico, tornando-se ferramenta diagnóstica indispensável na terapia intensiva, em salas de emergência e procedimentos ambulatoriais².

Tabela 1 – Níveis de evidência para a utilização da ecocardiografia transesofágica

Recomendações	Classe
Distúrbios hemodinâmicos graves, agudos e persistentes, com função ventricular duvidosa, que não respondem a tratamento	I
Plastia ou troca cirúrgica valvar, doenças da aorta e miocardiopatia hipertrófica	I
Aneurisma ventricular, remoção de tumores cardíacos, trombectomia 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 transcateteres (fechamento de shunt intracardíaco, oclusão de apêndice atrial esquerdo, procedimento valvar transcateter)	I
Avaliação da função miocárdica após sua revascularização	IIa
Cirurgias não cardíacas de grande porte e alto risco	IIa

Equipamento

As sondas de ETE modernas são adaptações de gastroscópicos flexíveis que apresentam em sua extremidade distal transdutores multiplanares com feixe de ultrassom rotacional de 0 grau a 180 graus, frequência de emissão de 3,5 a 7 MHz e capacidade de gerar imagens tridimensionais em tempo real.

A sonda de ETE para adultos tem comprimento de 100 cm e diâmetro de 9-12 mm, sendo indicada para pacientes com mais de 20 kg. Ela apresenta em sua extremidade proximal uma empunhadura que contém dois manetes que determinam movimentos da extremidade distal da sonda de anteroflexão/dorsoflexão (manete maior) e de lateralização para a esquerda/direita (manete menor) da extremidade distal da sonda^{3,5} (Figura 2).



Figura 2 – Sonda de ecocardiografia transesofágica (GE Healthcare[©])

Técnica de Passagem da Sonda de ETE

A introdução da sonda de ETE deve ser feita com o paciente anestesiado, após a intubação traqueal e adequada fixação do tubo orotraqueal. A sonda deve ser lubrificada com gel hidrossolúvel, evitando-se materiais abrasivos como geleias anestésicas que danificam a longo prazo o probe. O estômago deve ser esvaziado previamente para retirar ar e secreções, miminizando, dessa forma, a geração de artefatos de imagens. As travas dos controles da sonda devem ser liberadas e a extremidade da sonda deve estar em posição neutra.

A passagem do probe usualmente é um procedimento com alta taxa de sucesso, porém, algumas vezes, por causa de alterações anatômicas do paciente, apresenta-se como um grande desafio. O probe deve progredir em direção ao esôfago sem resistência. A técnica padrão consiste na introdução às cegas da sonda na porção posterior da orofaringe com elevação simultânea da mandíbula com a ajuda da mão contralateral. Outra técnica também empregada para diminuir a incidência de complicações é a introdução do probe com o auxílio da laringoscopia direta ou com uso de videolaringoscópio⁷, tendo o cuidado, nesse caso, de realizar medidas para atenuar a reposta hemodinâmica secundária à segunda laringoscopia. Opção alternativa de resgate em casos de extrema dificuldade é a utilização do bougie esofagiano como guia para a inserção da sonda8.

Se durante a passagem da sonda houver resistência, esta normalmente ocorre porque a extremidade da sonda alojou-se no seio piriforme, na valécula, na parte posterior da língua ou em divertículos esofagianos⁹. A sonda nunca deve ser forçada contra uma resistência. Nos pacientes que serão submetidos a cirurgias que necessitam de intensa anticoagulação intraoperatória, a passagem da sonda deverá ocorrer antes da heparinização e sua retirada, após a reversão com protamina.

Complicações

A ETE é uma técnica bastante segura, com taxas de morbidade e mortalidade baixas. Em relatos de casos que envolveram 10 mil exames de ETE, realizados em regime ambulatorial sob sedação, apenas três casos de trauma importante esofagiano (0,03% - uma perfuração da hipofaringe e duas perfurações do esôfago cervical) foram descritos. A taxa de mortalidade foi de 0%10.

A realização da ETE dentro do ambiente cirúgico, com o paciente anestesiado sob o efeito de bloqueadores neuromusculares e incapaz de realizar a deglutição, determina risco discretamente maior de complicações quando comparada com a ETE realizada em ambiente ambulatorial não cirúgico com o paciente sedado. Em estudo de série de casos envolvendo 7.200 exames com ETE intraoperatório, a taxa de morbidade foi de 0,2% e de mortalidade, de 0%¹¹.

As complicações podem ser divididas em dois grandes grupos, de acordo com o mecanismo de lesão envolvido: 1) trauma direto do esôfago, estômago e/ou da via aérea; 2) efeitos indiretos da ETE⁹ (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Complicações da ecocardiografia transesofágica

Trauma direto da via aérea e do esôfago				
Sangramento esofagiano				
Queimadura esofagiana				
Disfagia				
Bacteremia				
Paralisia das cordas vocais				
Perfuração gastrointestinal				
Efeitos indiretos				
Alterações hemodinâmicas e pulmonares				
Manipulação inadvertida da via aérea				
Distração no cuidado ao paciente				

No grupo 1, as complicações advêm de trauma direto durante o procedimento de passagem e da manipulação e manuntenção do probe; elas incluem: sangramento esofagiano; queimadura; disfagia; dor de garganta; rouquidão; lesões dentária e labial e da língua e perfuração gastrointestinal⁹.

No grupo 2, as complicações decorrem de mecanismos indiretos e abrangem: alterações hemodinâmicas e pulmonares; manipulação na via aérea e distração na atenção ao paciente⁹. Idealmente, a ETE no intraoperatório deve ser realizada por um segundo anestesiologista ou por um cardiologista dedicado exclusivamente ao procedimento, para evitar desatenção no cuidar do paciente.

Complicação rara, mas passível de se tornar mais frequente com a introdução de sondas mais finas e flexíveis é o buckling da extremidade distal da sonda da ETE, na qual o probe permanece em 180 graus fixado ao esôfago, ocasionado pela manipulação excessiva da sonda durante a visualização transgástrica profunda. Deve-se ficar atento quando uma resistência não esperada é encontrada durante o avanço, a remoção e a mobilização da sonda. Nesse caso, como possível solução, recomenda-se o avanço do probe até o estômago, em que a posição neutra pode ser retomada^{12,13}.

Apesar de a maioria das complicações relacionadas com o uso da ETE ser de pequena gravidade e autolimitadas, lesões graves com pontencial risco de vida têm sido relatadas 14-17.

No período pós-operatório, sinais e sintomas de perfuração do trato gastrointestinal muitas vezes passam despercebidos. Portanto, alto grau de suspeição é a chave para o diagnóstico, haja vista que a maioria dos pacientes não apresenta os sinais clássicos de perfuração (enfisema subcutâneo, vômito e sagramento do GI superior)^{18,19}.

Contraindicações

As contraindicações para a realização da ETE relacionam-se principalmente com patologias do aparelho gastrointestinal (GI) superior, que predispõem a complicações durante a inserção e manipulação da sonda: sangramento digestivo alto ativo; cirurgia gástrica ou esofagina recente; estenose/divertículo de esôfago; abscesso/tumor esofagiano; escleroderma; hérnia hiatal sintomática e passado de radioterapia mediastinal são considerados as principais contraindicações para o uso da ETE intraoperatória.

Manipulação do Probe da Ecocardiografia Transesofágica Multiplanar

A correta utilização das funções do probe da ETE multiplanar proporciona uma realização adequada das imagens durante o exame compreensivo intraoperatório. Além disso, a manipulação exata do probe diminui a incidência de complicações no esôfago e no estômago.

A movimentação do probe no sentido caudal e cranial produz imagens horizontais no esôfago (esôfago alto: 20-25 cm; esôfago médio: 30-40 cm; transgástrico: 40-45 cm; transgástrico profundo: 45-50 cm) (Figura 3).

As imagens verticais podem ser obtidas movimentando o probe para a direita e para a esquerda. O melhor alinhamento das imagens pode ser conseguido com o movimento anterior e posterior do probe. O modo multiplanar da ETE proporciona análises anatômicas mais complexas, podendo o ângulo variar de 0 grau a 180 graus (Figura 3).

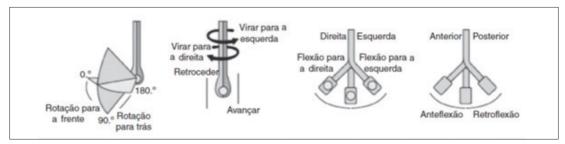


Figura 3 - Movimentos de manipulação da sonda e do transdutor para a obtenção de imagens ecocardiográficas⁵

Exame Ecocardiográfico Abrangente

A descrição da técnica de realização do exame de ETE abrangente seguirá as diretrizes propostas pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE), pela Sociedade dos Anestesiologistas Cardiovasculares (SCA)² e pelo Consenso Brasileiro de ETE Intraoperatório sugerido pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia (SBA) e pelo Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia (DI-C-SBC)³. A nomenclatura das cúspides da válvula mitral seguirá a classificação de Carpantier e col.^{20,21}.

Corte do esôfago médio de cinco câmaras

Avançar o probe até 30 cm dos incisivos no esôfago médio. Rotacionar o ângulo do transdutor em até 10 graus, procurando a via de saída do VE (VSVE) e a válvula aórtica (VA), e flexionar a sonda anteriormente. Esse procedimento é chamado de cinco câmaras, pois por meio dele visualizamos o átrio esquerdo (AE), o átrio direito (AD),

o ventrículo esquerdo (VE), o ventrículo direito (VD) e a VSVE com parte da VA. Os segmentos mitrais visualizados nesse corte são A₁-A₂ e P₁-P₂. A avaliação da função regional do VE é prejudicada pelo encurtamento do ápice (Figura 4 a).

Corte do esôfago médio de quatro câmaras

Avançar o probe da posição anterior (cinco câmaras) até 30-35 cm. Podemos descrever o VE, o VD, o AE, o AD, o septo atrial, a válvula mitral (VM) e a válvula tricúspide (VT). O ápice verdadeiro (encurtado) poderá ser exposto por meio da retroflexão do probe. É uma das visualizações mais usadas para diagnóstico. Os segmentos mitrais visualizados nesse corte são A_2 - A_3 e P_1 - P_2 (**Figura 4 b**).

Corte do esôfago médio comissural mitral

Na posição anterior (quatro câmaras), rotar o probe 60 graus. Os segmentos mitrais visualizados nesse corte são P₁-A₂-P₃. Os músculos papilares e a corda tendínea são identificados aderindo-se aos folhetos comissurais. Pequenas manipulações do probe nessa imagem podem fornecer detalhes anatômicos e uma análise mais completa da VM (Figura 4 c).

Corte do esôfago médio de duas câmaras

Partindo da visualização comissural, rotacionar o ângulo entre 60 e 90 graus. Aí são identificados o AE, o apêndice atrial esquerdo (AAE), o VE e a VM (A₁ A₂ A₃ e P₃). As paredes anterior e inferior são expostas e pode-se avaliar tanto a função ventricular quanto a valvar mitral. O seio coronariano é visto no eixo curto logo acima da parede basal inferior do VE (**Figura 4 d**).

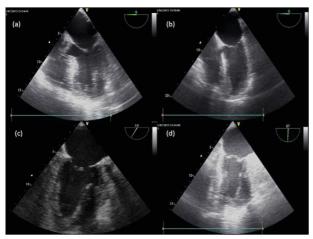


Figura 4 - (a) corte do esôfago médio de cinco câmeras; (b) corte do esôfago médio de quatro câmeras; (c) corte do esôfago médio comissural; (d) corte do esôfago médio de duas câmeras

Corte do esôfago médio do eixo longo

Na janela de duas câmaras, rotacionar o ângulo para 120 graus. O AE, o VE, a VSVE, a VA, a aorta ascendente proximal, o seio coronariano e a VM (A, e P,) são visualizados. Ajustes são feitos para maximizar o diâmetro da VSVE e realizar suas medidas com precisão. Pode-se verificar a movimentação anterosseptal e inferolateral do VE (Figura 5 a).

Corte do esôfago médio do eixo longo da válvula aórtica

Retira-se o probe alguns centímetros da posição do eixo longo no esôfago médio. Ängulos de 120 a 130 graus. Alinhar a VSVE, a VA e a aorta ascendente proximal de modo que, a partir desse ponto, seja possível avaliar a VA e mensurar diâmetros sinotubulares e anulares da aorta. Verificar placas ateroscleróticas protuberantes também é uma utilidade dessa janela. O arco aórtico distal não é visualizado por essa técnica; para tanto, é necessária a complementação com ultrassonografia epiaórtica no auxílio de canulações arteriais (**Figura 5 b**).

Corte do esôfago médio do eixo longo da aorta ascendente

Com a visualização do eixo longo da VA, retira-se o probe, girando-o no sentido anti--horário, 90 a 110 graus. Inspecionam-se as paredes da aorta ascendente em diversas profundidades, dependendo da patologia. Dissecção e suturas de enxertos são exemplos de avaliações nessa janela (**Figura 5 c**).

Corte do esôfago médio do eixo curto da aorta ascendente

Com a visualização do eixo longo da VA, retira-se o probe e, rodando-o no sentido anti-horário, de 0 grau a 30 graus, pode-se ter a imagem do eixo curto da aorta ascendente e da veia cava superior. A artéria pulmonar principal pode ser vista bifurcando-se (girando o probe para a esquerda) e a artéria pulmonar lobar direita pode ser vista em grande extensão (girando o probe para a direita). É uma boa janela para verificar o posicionamento do cateter de artéria pulmonar (Figura 5 d).

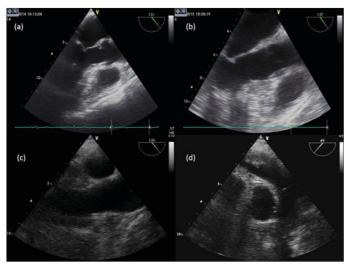


Figura 5 - (a) corte do esôfago médio do eixo longo; (b) corte do esôfago médio do eixo longo da válvula aórtica; (c) corte do esôfago médio do eixo longo da aorta ascendente; (d) corte do esôfago médio do eixo curto da aorta ascendente

Corte do esôfago médio da veia pulmonar direita

Da posição anterior (eixo curto da aorta ascendente) avançar o probe a 0 grau e girar no sentido horário. A veia pulmonar (VP) direita superior e inferior é visualizada. A VP direita superior com fluxo paralelo ao feixe de ultrassom pode ser avaliada através de Doppler. Ocasionalmente, uma veia pulmonar lobar média direita pode ser vista entrando no AE entre os orifícios da VP direita superior e inferior. A avaliação da VP tem especial interesse nas doenças congênitas.

Corte do esôfago médio do eixo curto da válvula aórtica

Do local anteriormente descrito (VP direita), retornar ao centro da aorta na tela, girando o probe no sentido anti-horário. Avançar até os folhetos comissurais da VA num ângulo aproximado de 45 graus. Então, se observa a morfologia geral da válvula aórtica (tricúspide ou biscúspide, presença de calcificações, mobilidade), bem como se determina se há a presença de estenose aórtica pela planimetria. Abaulamento de septo atrial continuamente no ciclo cardíaco por pressões elevadas também pode ser observado nessa janela (Figura 6 a).

Corte do esôfago médio da via de entrada e via de saída do ventrículo direito

Do eixo curto da VA, avançar o probe e rotacionar o ângulo do transdutor entre 50 e 70º graus até a visualização da válvula tricúspide (VT), via de saída do VD e a artéria pulmonar proximal. Observam-se, além disso, o AD, o AE, o septo interatrial, o VD e a válvula pulmonar. E 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 (**Figura 6 b**).

Corte do esôfago médio bicaval modificado

Da janela do fluxo de entrada e saída do VD, girando no sentido horário entre 50 graus e 70 graus, centralizamos a VT, visualizando-se o AE, o septo interatrial, o AD e a veia cava inferior. Pode ser uma janela superior para analisar fluxos regurgitantes excêntricos pela VT no modo Doppler (**Figura 6 c**).

Corte do esôfago médio bicaval

Da janela descrita anteriormente (bicaval modificada), elevamos a rotação angular de 90 a 110 graus e, no sentido horário, giramos o probe. Estruturas a serem analisadas incluem o AE, o septo interatrial, o AD, a veia cava superior e inferior e o apêndice atrial direito. Essa posição de visualização é especialmente importante para analisar os forames ovais patentes e os defeitos do septo interatrial e detectar ar dentro dos átrios, bem como auxiliar na passagem dificultosa do cateter de artéria pulmonar para o VD (**Figura 6 d**).

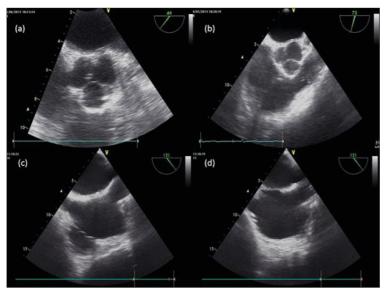


Figura 6 - (a) corte do esôfago médio do eixo curto da válvula aórtica; (b) corte do esôfago médio da via de entrada e via de saída do ventrículo direito; (c) corte do esôfago medio bicaval modificado; (d) corte do esôfago médio bicaval

Corte do esôfago médio da veia pulmonar direita e esquerda

Na posição bicaval no esôfago médio (90 a 110 graus), continuar girando o probe no sentido horário até visualizar as veias pulmonares direitas. Ao girar o probe no sentido anti-horário, observamos a veia pulmonar esquerda na extremidade direita da tela, onde se encontra alinhada paralelamente com o feixe do US, sendo ideal para a análise de fluxo no Doppler (**Figura 7 a**).

Corte do esôfago médio do apêndice atrial esquerdo

Esse corte é obtido no esôfago médio, com uma angulação entre 90 e 110 graus, virando a sonda nosentido horário. Com frequência, a veia pulmonar esquerda é visualizada. Por causa da complexa e variável anatomia do AAE, sua avaliação deve ser feita em diferentes cortes. O Doppler colorido (CFD) e o Doppler pulsado (PWD) são modalidades úteis de avaliação, principalmente com relação à função contrátil do AAE (Figura 7 b).

Corte transgástrico basal

Do esôfago médio a sonda é avançada até o estômago, mantendo a angulação em 0 grau. Durante a introdução do probe, muitas vezes, o seio coronário e a válvula tricúspide são visualizados. Uma vez no estômago, esse corte é obtido com uma leve anteflexão da sonda. Sua imagem característica é a válvula mitral em seu eixo curto (fish mouth), com o folheto anterior à esquerda e o posterior à direita. A morfologia da VM e o tamanho e a função do VE podem ser avaliados. Em pacientescom insuficiência mitral, o uso do Doppler colorido pode ser útil para caracterizar seu orifício regurgitante (**Figura 7 c**).

Corte transgástrico mediopapilar

Partindo do transgástrico (TG) basal de eixo curto, a sonda deve voltar para a posição neutra (relaxando a anteflexão) ou ser minimamente avançada, mantendo a angulação em 0 grau. Esse corte é extremamente útil na avaliação e monitorização do volume, do tamanho e da função sistólica 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 idenficadas as paredes anterior, posterior, lateral e septal VE, além dos músculos papilares anterolateral e posteromedial (Figura 7 d).

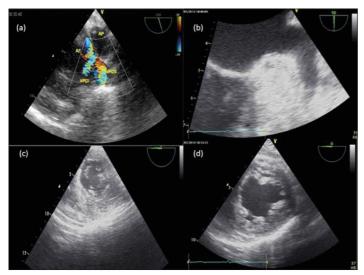


Figura 7 - (a) corte do esôfago superior das veias pulmonares direita e esquerda; (b) corte do esôfago médio do apêndice atrial esquerdo; (c) corte transgástrico basal de eixo curto; (d) corte transgástrico mediopapilar de eixo curto

Corte transgástrico apical de eixo curto

Em contato com a parede gástrica, a sonda é ligeiramente avançada e/ou retrofletida a partir do corte TG mediopapilar de eixo curto, o que favorece a visualização dos segmentos apicais do VE e do VD (virando a sonda no sentido horário). Esse corte pode ser difícil de ser obtido por causa da eventual perda de contato dasonda com a parede gástrica causada pela retroflexão do probe (Figura 8 a).

Corte transgástrico basal do ventrículo direito

Esta imagem é obtida no mesmo nível que o corte TG basal de eixo curto, somente virando a sonda no sentido horário. A válvula tricúspide é visualizada no eixo curto. O uso do Doppler colorido nesse corte pode ajudar a caracterizar seu orifício regurgitante (Figura 8 b).

Corte transgástrico de entrada e saída do ventrículo direito

Esta imagem é ortogonal em relação à descrita anteriormente. Os folhetos anterior e posterior da VT e esquerdo e direito da válvula pulmonar (VP) são normalmente visualizados. Esse corte pode ser utilizado para alinhar o fluxo na VP com o feixe do ultrassom para a utilização dos modos Doppler contínuo e pulsátil (**Figura 8 c**).

Corte transgástrico profundo de cinco câmaras

Esta imagem é obtida avançando-se o probe profundamente no estômago, retrocedendo com anteflexão da sonda até que ela mantenha contato com a parede gástrica. É a incidência ideal para o estudo com Doppler da válvula aórtica, da via de saída do VE e, muitas vezes, da válvula mitral, já que o fluxo de sangue é paralelo ao feixe do US (Figura 8 d).

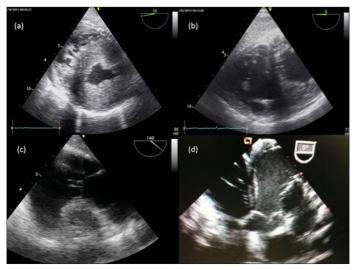


Figura 8 - (a) corte transgástrico apical de eixo curto; (b) corte transgástrico basal do ventrículo direito; (c) corte transgástrico de entrada e saída do ventrículo direito; (d) corte transgástrico profundo

Corte transgástrico de duas câmaras

Esse corte é obtido com o TG mediopapilar de eixo curto mudando-se o ângulo para 90 graus, o que permite avaliar as paredes anterior e inferior do VE, assim como todo o aparato valvar mitral (válvula mitral, músculos papilares, cordas tendíneas). Também é possível a visualização do AE e do AAE (**Figura 9 a**).

Corte transgástrico de eixo longo

Obtém-se esse corte avançando-se para o ângulo 120-150 graus a partir do TG de duas câmaras. Porções da parede inferolateral, do septo anterior, da via de saída do VE, da válvula aórtica e da aorta proximal são visualizadas. Pelo fato de a via de saída do VE a da VA ser paralela ao feixe de ultrasson, o estudo com Doppler é possível (normalmente obtendo-se as maiores velocidades e gradientes transvalvares) (Figura 9 b).

Cortes da aorta descendente de eixo curto e eixo longo

Pelo fato de a aorta descendente ser adjacente ao esôfago e estômago, a aquisição de imagens é simples. Do corteTG médio papilar de eixo curto, a sonda deve ser virada no sentido anti-horário (esquerda). A aorta descendente normalmente é visualizada abaixo do diafragma (ao nível do troncocelíaco); tracionando-se a sonda e mantendo o ângulo em 0 grau, obtém-se o eixo curto (**Figura 9 c**); o eixo longo é obtido com o ângulo em 90 graus (Figura 9 d). A qualidade da imagem deve ser otimizada diminuindo-se a profundidade e ajustando-se o ganho.

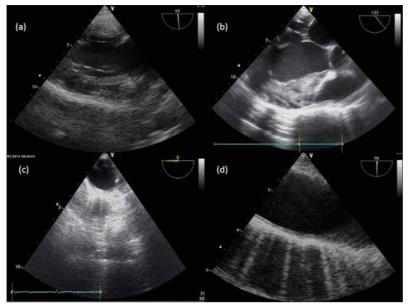


Figura 9 - (a) corte transgástrico duas câmeras; (b) corte transgástrico de eixo longo; (c) corte transgástrico da aorta descendentede eixo curto; (d) corte transgástrico da aorta descendente de eixo longo

Corte do esôfago superior do arco aórtico de eixo longo

Esta imagem é obtida com base na aorta descendente torácica de eixo curto, tracionando-se a sonda até a aorta tornar-se alongada e a emergência da artéria subclávia esquerda ser vizualizada. Essa posição indica o início do arco distal aórtico. Virando-se a sonda no sentido horário é possível a vizualização do arco aórtico médio e da veia inominada esquerda. Porque o brônquio fonte esquerdo se interpõe nesse nível entre o esôfago e a aorta, não é possível a vizualização do arco aórtico proximal e da aorta ascendente distal (Figura 10 a).

Visualização do esôfago superior do arco aórtico de eixo curto

Do corte descrito anteriormente, o ângulo de incidência é aumentado em torno de 70 e 90 graus para a obtenção do eixo longo. O tronco da artéria pulmonar e a válvula pulmonar podem ser vizualizados no eixo longo, sendo possível obterem-se medidas de Doppler (adequado alinhamento das estruturas com o feixe de US). Por causa da curvatura da aorta, o tronco braquiocefálico direito e a artéria carótida comum podem, muitas vezes, ser identificados à direita no monitor (Figura 10 b).

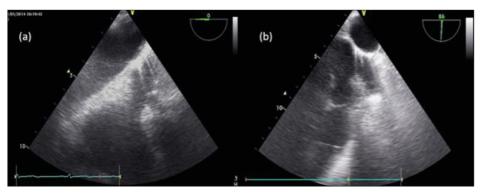


Figura 10 - (a) corte do esôfago superior do arco aórtico de eixo longo; (b) corte do esôfago superior do arco aórtico de eixo curto

Referências

- 1. Wamil M, Newton JD, Rana BS et al. Transoesophageal echocardiography: what the general cardiologist needs to know. Heart, 2017; 103:629-40.
- 2. 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.
- 3. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre Ecocardiografia Transesofágica Perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol. 2017; 67:1-32.
- 4. American Society of A, Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Anesthesiology, 2010; 112:1084-96.
- 5. Galhardo Jr C, Botelho ESL, Diego LAS. Monitorização intraoperatória com ecocardiografia transesofágica em cirurgia. Rev Bras Anestesiol, 2011; 61:503-512.
- Chang JE, Min SW, Kim CS et al. Effect of jaw thrust on transesophageal echocardiography probe insertion and concomitant oropharyngeal injury. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2015; 29:1266-71.
- 7. Ishida T, Kiuchi C, Sekiguchi T et al. McGRATH MAC video laryngoscope for insertion of a transoesophageal echocardiography probe: a randomised controlled trial. Eur J Anaesthesiol, 2016; 33:263-8.
- Stechert MM, London MJ. Facilitating transesophageal echocardiography probe placement by esophageal bougie in an anesthetized patient. A A Case Rep, 2014; 3:100-3.
- 9. Hilberath JN, Oakes DA, Shernan SK et al. Safety of transesophageal echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2010; 23:1115-27.
- 10. Min JK, Spencer KT, Furlong KT et al. Clinical features of complications from transesophageal echocardiography: a single-center case series of 10,000 consecutive examinations. J Am Soc Echocardiogr, 2005; 18:925-9.
- 11. Kallmeyer IJ, Collard CD, Fox JA et al. The safety of intraoperative transesophageal echocardiography: a case series of 7200 cardiac surgical patients. Anesth Analg, 2001; 92:1126-30.
- 12. Andersen MJ, Hassager C, Steinbruchel D et al. Buckling of the transoesophageal echocardiography probe: an unusual complication during conscious sedation. Eur J Echocardiogr, 2011; 12:476.
- 13. Cote G, Denault A. Transesophageal echocardiography-related complications. Can J Anaesth, 2008; 55:622-47.
- 14. Toyoda S, Inami S, Masawa T et al. Hypopharyngeal perforation caused by intraoperative transesophageal echocardiography. J Med Ultrason, 2015; 42:247-50.
- 15. Callahan SJ, Jones RM, Albon D et al. A case of massive hemoptysis following transesophageal echocardiogram. Respir Med Case Rep, 2017; 21:142-4.

- 16. Miller JW, Hart CK, Statile CJ. Oesophageal perforation in a neonate during transoesophageal echocardiography for cardiac surgery. Cardiol Young, 2015; 25:1015-8.
- 17. Ahmed K, Lal Y, Condron S. Esophageal perforation: a rare complication of transesophageal echocardiography in a patient with asymptomatic esophagitis. Case Rep Gastroenterol, 2012; 6:760-4.
- 18. Kim HY, Lee SC, Park SJ et al. A rare case of iatrogenic deep neck infection secondary to hypopharyngeal injury caused by the transesophageal echocardiography. J Cardiovasc Ultrasound, 2015; 23:181-5.
- 19. Onishi T, Onishi Y, Tachibana K et al. Perforation of the hypopharynx after transesophageal echocardiography. J Echocardiogr, 2014; 12:71-4.
- 20. Carpentier AF, Lessana A, Relland JY et al. The "physio-ring": an advanced concept in mitral valve annuloplasty. Ann Thorac Surg, 1995; 60:1177-86.
- 21. Dal-Bianco JP, Levine RA. Anatomy of the mitral valve apparatus: role of 2D and 3D echocardiography. Cardiol Clin, 2013; 31:151-64.



Avaliação da Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo

Carlos Galhardo Júnior

Introdução

A avaliação do tamanho e da função do ventrículo esquerdo é um componente essencial em todo exame ecocardiográfico, sendo uma das principais aplicações do método. O grau de disfunção sistólica ventricular, além de ser um forte preditor de desfecho clínico, auxilia na estratificação do risco cirúrgico e nas intervenções terapêuticas². Tanto a ecocardiografia transtorácica como a transesofágica podem proporcionar uma avaliação global e segmentar do desempenho ventricular, pela análise do espessamento sistólico endocárdico, pelo tamanho da cavidade e do volume ventricular.

A utilização de medidas qualitativas e quantitativas para estimar a função ventricular podem ser realizadas por meio da ecocardiografia bidimensional, tridimensional, aplicação do Doppler e por medidas de velocidade e deformação miocárdica³. O status volêmico e a contratilidade são os fatores que mais interferem na função ventricular. Nos pacientes com instabilidade hemodinâmica, a avaliação da função ventricular auxilia o anestesiologista no diagnóstico etiológico e na terapia adequada, titulando a administração de fluidos, iniciando terapia farmacológica ou mesmo indicando a necessidade de suporte circulatório mecânico. Além disso, a identificação de nova alteração segmentar no período perioperatório pode sugerir a presença de isquemia miocárdica e orientar medidas terapêuticas apropriadas.

Anatomia ventricular

O ventrículo esquerdo (VE) é uma cavidade de parede espessa e formato cônico, que diminui de diâmetro da base para o ápex, aparecendo como uma estrutura circular no plano transversal. Através desse mesmo plano notamos que o miocárdio do septo interventricular acompanha a forma do VE, fazendo parte dele sob o ponto de vista anatômico e funcional. 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, o VE pode ser dividido em um modelo de 17 segmentos⁴⁻⁶ (**Figura 1**). Nesse modelo, o VE é dividido

em três níveis: basal em nível da válvula mitral, medial em nível dos músculos papilares e apical após a inserção dos papilares até o final da cavidade. O nível basal é dividido circunferencialmente em seis segmentos: basal anterosseptal, basal anterior, basal anterolateral, basal inferolateral, basal inferior e basal inferosseptal. O nível medial também se divide circunferencialmente em seis segmentos: medial anterosseptal, medial anterior, medial anterolateral, medial inferolateral, medial inferior e medial inferosseptal. O nível apical é dividido circunferencialmente em quatro segmentos: apical anterior, apical lateral, apical inferior e apical septal. O 17° segmento consiste na ponta (ápice) do VE.

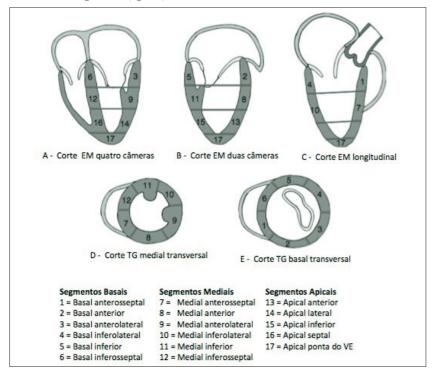


Figura 1 - Segmentação do ventrículo esquerdo (adaptado de Shanewise e col⁶) EM = esôfago médio; TG = transgástrico.

Mensuração do tamanho ventricular esquerdo

Os parâmetros mais utilizados para estimar a geometria e o tamanho cavitário do VE incluem medidas lineares da dimensão interna do VE (menor eixo pelo diâmetro interno e maior eixo pelo comprimento), espessamento da parede do VE (usualmente medido através do septo interventricular e parede inferolateral), aferição do volume cavitário (volumes sistólicos e diastólicos finais do VE) e mensuração da massa do VE. A maioria das dimensões do VE pelo ecotransesofágico (ETE) são obtidas pela imagem bidimensional (2D).

Os cortes recomendados para mensuração linear do diâmetro do VE ao ecocardiograma transesofágico (ETE) são os cortes esôfago médio e transgástrico duas câmeras, medindo do endocárdio da parede anterior ao endocárdio da parede inferior, entre o terço basal e medial do ventrículo (Figura 2). O corte proposto para medir o espessamento da parede ventricular esquerda é o transgástrico medial transversal⁵ (Figura 2). Os valores normais para o espessamento da parede septal e inferolateral são, respectivamente, 0,6 a 0,9 cm para mulheres e 0,6 a 1,0 cm para os homens⁴. As referências para os valores diastólicos finais do VE considerados dentro da normalidade são: 3,7 a 5,2 cm para as mulheres e 4,2 a 5,8 cm para os homens. A dimensão sistólica normal varia de 2,1 a 3,4 cm nas mulheres e 2,5 a 3,9 cm nos homens⁴.



Figura 2 - Cortes ecotransesofágicos recomendados para a realização das medidas do diâmetro (cortes A e B) e do espessamento ventricular esquerdo (corte C) D = diâmetro; C = comprimento.

A mensuração dos volumes do VE podem ser realizadas, preferencialmente, pela ecocardiografia bidimensional (2D) ou tridimensional (3D). As medidas são baseadas na delimitação entre a interface do miocárdio com a cavidade ventricular, traçando-se as bordas endocárdicas. Deve-se atentar para que seja evitado o encurtamento da região apical do VE, resultando num volume ventricular subestimado.

Agentes contrastados podem ser utilizados para melhorar a visualização da interface dessa região e facilitar a medição⁸

O método mais utilizado e recomendado para o cálculo volumétrico do VE é o método biplanar da soma dos discos (método de Simpson modificado), em que o volume total é calculado com base no somatório do volume de pequenos discos cilíndricos projetados em toda cavidade ventricular. O volume de cada disco é calculado pela área transversal do disco multiplicada pela sua altura. Os novos modelos dos aparelhos de ecocardiografia calculam automaticamente os volumes sistólicos e diastólicos finais e a fração de ejeção. Esse cálculo ocorre depois de o ecocardiografista traçar as bordas endocárdicas do VE nos cortes EM quatro câmeras e EM duas câmeras (Figura 3).



Figura 3 - Avaliação do volume ventricular e da fração de ejeção pelo método de Simpson modificado pelos cortes esôfago médio quatro câmeras (A) e duas câmeras (B)

O tamanho e o volume do VE devem ser idealmente reportados indexados à superfície corpórea. Os valores normais de referência para o volume diastólico final indexado do VE para homens e mulheres são, respectivamentes, 74 mL/m² e 61 mL/m². Os valores considerados dentro da normalidade para volume sistólico final indexado do VE são: 31 mL/m² para homens e 24 mL/m² para mulheres⁴. Recentemente, várias técnicas ecocardiográficas tridimensionais (3D) também tornaram-se disponíveis para quantificação dos volumes ventriculares e da fração de ejeção⁹.

Avaliação global da função sistólica do VE

A avaliação da função e estrutura ventricular esquerda pela ecocardiografia bidimensional utiliza cinco cortes principais obtidos através do esôfago médio e transgástrico. São eles: esôfago médio quatro câmeras, esôfago médio duas câmeras, esôfago médio longitudinal, transgástrico medial transversal e transgástrico longitudinal (Figura 4). O corte mais utilizado para monitorização das alterações segmentares do VE é o transgástrico medial transversal, ao nível dos músculos papilares, onde podemos visualizar os territórios irrigados pelas três principais artérias coronarianas (**Figura 5**).

A análise da função segmentar do VE se baseia na avaliação qualitativa visual da motilidade parietal e do espessamento sistólico (movimentação do endocárdio em direção ao centro da cavidade do VE). Idealmente, recomenda-se que a função de cada segmento seja avaliada individualmente e pelas múltiplas incidências. O escore de motilidade parietal é utilizado para classificar a função ventricular de cada segmento e segue a seguinte recomendação: escore 1 = segmentos normais (> 30% de espessamento), escore 2 = hipocinesia leve (10% a 30% de espessamento), escore 3 = hipocinesia severa (< 10%), escore 4 = acinesia (sem espessamento) e escore 5 = discinesia (movimento sistólico paradoxal)8.

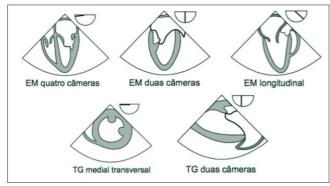


Figura 4 - Cortes ao ETE para avaliação do ventrículo esquerdo EM = esôfago médio; TG = transgástrico.

Com o objetivo de aperfeiçoar a qualidade da imagem adquirida para corretas 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 por meio da manipulação adequada da sonda (anteflexão e retroflexão); identificação correta do final da sístole e diástole (verificação da movimentação das válvulas 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 otimizar a visualização do endocárdio e utilização de imagem harmônica.

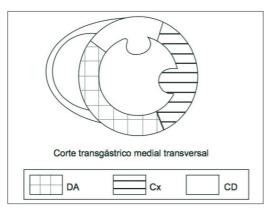




Figura 5 - Corte transgástrico medial transversal do VE com ilustração das áreas do miocárdio irrigadas pelas respectivas artérias coronarianas

DA = artéria descendente anterior; Cx = artéria circunflexa; CD = artéria coronária direita.

Talvez uma das contribuições mais valiosas da ecocardiografia tridimensional (3D) no período perioperatório esteja relacionado com a quantificação do volume e da função ventricular esquerda¹⁰. A análise da função ventricular consiste na utilização de software capaz de detectar a borda endocárdica de forma semiautomática e realizar cálculos volumétricos mais precisos, permitindo 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^{11,12}. Contudo, uma aquisição satisfatória das imagens em 3D depende da obtenção de uma boa imagem em 2D, do ritmo cardíaco estável (preferencialmente sinusal) e da ausência de artefato durante a sequência de aquisição das imagens¹³.

Quantificação da função sistólica global do VE

Um dos métodos mais utilizados rotineiramente na sala de cirurgia para quantificação da função global do VE é o método qualitativo ou semiquantitativo, por meio do qual se realiza uma estimativa visual da fração de ejeção ventricular após avaliação de múltiplos cortes ortogonais. Esse método pode ser acessado rapidamente e possui uma correlação aceitável quando comparado com as medidas quantitativas¹³. Por esse método podemos estimar e relatar a fração de ejeção (FE) como se localizando abaixo de 30% (disfunção grave), 30% a 44% (disfunção moderada), 45% a 54% (disfunção leve) e acima de 55% (função ventricular considerada normal)⁵.

Quantitativamente, a estimativa da função ventricular sistólica é avaliada por parâmetros que medem a diferença entre os valores diastólico final e sistólico final relacionados com as dimensões e volumes da cavidade ventricular esquerda. Entre os métodos quantitativos, os mais utilizados na prática clínica tem focado na mensuração do débito cardíaco, fração de ejeção, derivadas de pressão-tempo do VE, fração de encurtamento, alteração na área fracional, índice de performance ventricular (índice de Tei) e nos métodos que avaliam a velocidade de movimentação e deformidade miocárdica (Doppler tecidual e strain longitudinal)^{11,14,15}.

Métodos de avaliação quantitativa da função do VE

Cálculo do volume sistólico, débito cardíaco e fração de ejeção

Os cálculos do volume sistólico (VS), débito cardíaco (DC) e fração de ejeção (FE) não são realizados rotineiramente no intraoperatório, porém, são úteis se forem avaliados quando a função ventricular é anormal, na presença de shunts intracardíacos e nos pacientes com lesões valvares regurgitantes. O volume sistólico ejetado a cada sístole pode ser estimado a partir da avaliação do fluxo sistólico pela via de saída do VE. Ele pode ser obtido por meio do produto da área da secção transversa da VSVE, multiplicado pela integral de velocidade-tempo do fluxo no local onde está sendo realizada a medida (Figura 6). A área da secção transversa é calculada como a área de um círculo: π x raio² ou π x (diâmetro/2)².

Volume sistólico (mL) = área da secção transversa (cm²) x integral de velocidade-tempo (cm).

O volume sistólico pode ser medido em qualquer local em que o diâmetro da área e a velocidade do fluxo possam ser avaliados. Para o cálculo do VS e do DC do ventrículo esquerdo, o corte EM longitudinal deve ser preferencialmente utilizado para medida da área da via de saída do VE (VSVE), em função da sua anatomia mais circular. O diâmetro (D) da VSVE deve ser medido em zoom na mesossístole. Com isso, a área da VSVE pode ser obtida pela seguinte equação:

AST =
$$(D/2)^2 \times \pi$$
 AST = $(D)^2 \times 3.14$ AST = $(D)^2 \times 0.785$

A velocidade do fluxo na VSVE é registrada utilizando o Doppler pulsado (PW) com o volume da amostra posicionado na saída do VE logo antes da válvula aórtica. Os cortes para obtenção de um alinhamento adequado da VSVE ao Doppler no ETE são os cortes transgástrico profundo e transgástrico longitudinal.

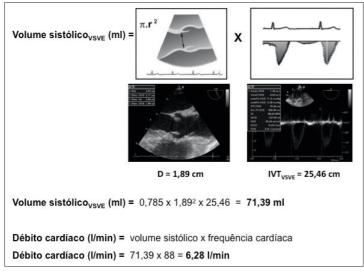


Figura 6 - Exemplo do cálculo do volume sistólico e do débito cardíaco pelo ETE VSVE = via de saída do ventrículo esquerdo.

O débito cardíaco pode ser calculado multiplicando o volume sistólico pela frequência cardíaca do paciente. Em adultos, o VS normal é cerca de 80 mL, e o DC normal é aproximadamente de 5 a 6 L/min.

 $DC (L/min) = VS (mL) \times FC (bpm)$

A fração de ejeção (FE) é um percentual do volume diastólico final ejetado ao final da sístole, e pode ser calculada pela seguinte fórmula:

FE (%) = $\underline{VDFVE} - \underline{VSFVE} \times 100$ VDFVE

VDFVE: volume diastólico final de VE. VSFVE: volume sistólico final de VE.

Derivadas de pressão-tempo do VE (dP/dT)

As derivadas de pressão-tempo (dP/dT) são índices de avaliação da função sistólica do VE e refletem a capacidade ventricular em elevar o gradiente de pressão (dP) dentro de um intervalo de tempo (dT). A presença de regurgitação mitral é essencial para o cálculo da dP/dT. O contorno do jato de regurgitação mitral reflete o aumento da pressão sistólica no VE. O cálculo da elevação do gradiente de pressão sistólica entre o VE e o átrio esquerdo é realizado arbitrariamente pelo intervalo de tempo necessário para a velocidade do jato de regurgitação mitral aumentar de 1 m/s (4 mmHg) para 3 m/s (36 mmHg), calculada utilizando a equação de Bernoulli modificada (gradiente de pressão = 4 x velocidade de pico²). A dP/dT nada mais é do que a diferença entre essas pressões, dividida pelo intervalo de tempo entre as duas velocidades, avaliado na curva de refluxo mitral. Assim, a dP/dT é 32 mmHg divididos pelo intervalo de tempo em segundos (Figura 7). Valores normais são considerados acima de 1.200 mmHg/seg.

Cálculo da diferença de pressão = $4 \times (3)^2 - 4 \times (1)^2 = 32 \text{ mmHg}$

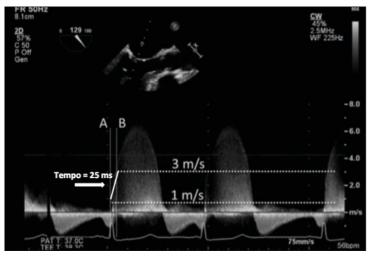


Figura 7 - Doppler contínuo do fluxo de regurgitação mitral. O tempo necessário para a velocidade aumentar de 1 m/s (A) para 3 m/s (B) é medido para calcular a dP/dT. Neste exemplo, 32/25 = 1.280 mmHg/seg, valor normal

Fração de encurtamento

A fração de encurtamento (FS) refere-se à alteração do diâmetro ventricular esquerdo no seu eixo curto durante a sístole, reportado percentualmente pela seguinte equação:

FS (%) = $DDFVE - DSFVE \times 100$ **DDFVE**

DDFVE = diâmetro diastólico final interno do VE; DSFVE = diâmetro sistólico final interno do VE.

O corte transesofágico utilizado para a realização da FS é o transgástrico medial transversal, posicionando o cursor no modo M pelo ventrículo esquerdo, atravessando a parede inferior e anterior de maneira perpendicular e centralizada. Os diâmetros diastólicos e sistólicos finais internos do VE são medidos pelas bordas endocárdicas. Na ausência de alteração segmentar no VE, a fração de ejeção e a fração de encurtamento se correlacionam. O limite inferior da normalidade é 25% nos homens e 27% nas mulheres⁵.

Alteração da área fracional

A alteração da área fracional (FAC) é utilizada para quantificar a função sistólica global no período perioperatório. Ela mensura a alteração percentual na área da dimensão ventricular durante a sístole, obtida pelo corte transgástrico medial transversal. Deve-se obter o maior e o menor diâmetro cavitário para mensuração da área na diástole e sístole, respectivamente, independentemente do traçado do ECG. Alguns estudos têm demonstrado boa correlação entre a FAC e outros métodos para quantificar a fração de ejeção¹⁶. Os valores normais para FAC variam de 36% a 64%.

A principal limitação da técnica é sua inacurácia na presença de alteração segmentar. Além disso, ela é mais sensível a flutuações da pré e pós-carga e não consideram na análise os segmentos basais e apicais. A fórmula para obtenção da FAC é:

FAC (%) = $ADFVE - ASFVE \times 100$ **ADFVE**

ADFVE = área diastólica final do VE; ASFVE = área sistólica final do VE.

Índice de performance ventricular (índice de Tei)

O índice de Tei é um método de avaliação da função sistólica e diastólica ventricular, obtido por variáveis do ciclo cardíaco medidos pela técnica do Doppler. Consiste na soma do tempo de relaxamento isovolumétrico e do tempo de contração isovolumétrica, dividida pelo tempo de ejeção do ventrículo esquerdo (Figura 8). Ao ETE, os tempos isovolumétricos podem ser obtidos indiretamente por intermédio do Doppler pulsado do fluxo transmitral. O tempo de ejeção pode ser medido com o Doppler contínuo por meio do TSVE, obtido a partir do corte transgástrico profundo ou transgástrico longitudinal.

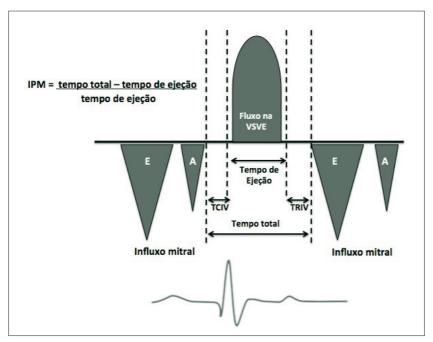


Figura 8 - Cálculo do índice de performance miocárdica E: onda de enchimento ventricular rápido. A: onda de enchimento ventricular lento

VSVE = via de saída do ventrículo esquerdo; TCIV = tempo de contração isovolumétrica; TRIV = tempo de relaxamento isovolumétrico.

Avaliação da função pela imagem do Doppler tecidual

Diferente do Doppler convencional que avalia a velocidade do fluxo sanguíneo, o Doppler tecidual (DT) mede a velocidade de movimentação dos tecidos, incluindo estruturas cardíacas. Os sinais de movimentação tecidual são descritos como de baixa velocidade e alta amplitude, ao contrário do Doppler convencional com alta velocidade e baixa amplitude. Os aparelhos mais modernos de ecocardiografia possuem protocolos específicos para obtenção do Doppler tecidual, com ajustes necessários de filtros que preservam os ruídos de baixa frequência, ajustam ganho e escala de velocidade¹⁷.

O Doppler tecidual pode ser obtido com o modo de Doppler pulsado ou Doppler colorido e proporciona informações tanto da função ventricular sistólica quanto diastólica. O Doppler pulsado é utilizado para medir as velocidades de pico no miocárdio, e, preferencialmente, para medir a movimentação longitudinal ventricular, pois as fibras endocárdicas longitudinais são mais paralelas ao feixe de ultrassom¹⁷. A forma codificada em cores mostra as velocidades médias¹¹. Tipicamente, a amostra do Doppler tecidual é obtida no miocárdio ventricular adjacente ao anel mitral (septal ou lateral). O ciclo cardíaco é representado por três formas de ondas: onda sistólica de pico (S'), onda diastólica precoce (E') e onda diastólica tardia (A') (Figura 9). A velocidade da onda S' é uma medida rápida para estimar a função sistólica e se correlaciona com medidas da fração de ejeção do VE¹⁸. Pacientes com disfunção ventricular apresentam velocidade de pico sistólica reduzida.

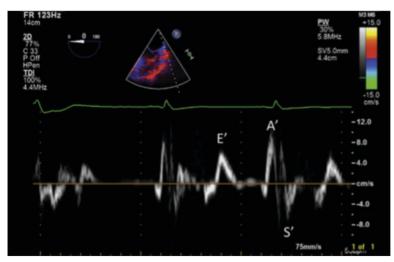


Figura 9 - Doppler tecidual adjacente ao anel mitral lateral com duas ondas diastólicas (E' e A') e uma sistólica (S')

Avaliação pelo strain e strain rate

Strain e strain rate são novas modalidades ecocardiográficas disponíveis para quantificação da contração ventricular baseadas na imagem do Doppler tecidual¹⁹. Strain é uma medida direta do grau de deformação segmentar miocárdica e pode ser definida como o percentual de encurtamento da fibra na sístole. Strain rate é a taxa (velocidade) da deformação por unidade de tempo (segundos). Existem três tipos de strain que podem ser mensurados: longitudinal (da base ao ápice), circunferencial (envolvendo o eixo curto do ventrículo) e radial (alteração do espessamento radial). Strain longitudinal e strain circunferencial são apresentados em forma de onda negativa na sístole e positiva na diástole. A medida do strain corresponde à distância entre dois pontos específicos no miocárdio e à alteração nas suas distâncias relativas através de um único ciclo cardíaco. Existem softwares específicos que identificam automaticamente a movimentação miocárdica por intermédio do ciclo cardíaco para calcular o strain ventricular (Figura 10). Em indivíduos com função ventricular preservada, o pico do strain longitudinal global deverá estar em torno de - 20%20. O strain ventricular pode ser calculado pela fórmula:

- Strain (%) = $(L_0 L_1) / L_0$ L_0 = comprimento inicial (distância) e L_1 = comprimento final.
- Strain rate (SR) = Strain miocárdico/dT dT = duração do strain (segundos).

Diferente da imagem do Doppler tecidual, a orientação da imagem no strain é a mesma com ecotranstorácico ou transesofágico. Entretanto, quando ocorre encurtamento miocárdico, a forma de onda do strain é negativa. No alongamento da fibra o strain é positivo, porém, se não ocorrer encurtamento ou estiramento da fibra miocárdica, o strain rate é zero. A disfunção de VE reduz o strain e o strain rate na região segmentar afetada, sendo um bom método para avaliação da contratilidade global e segmentar do VE²¹.

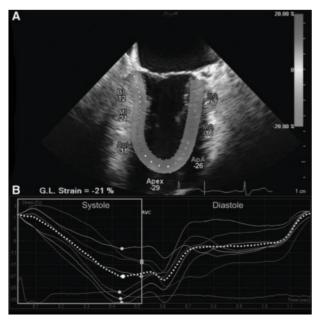


Figura 10 - Análise do strain ventricular longitudinal no corte esôfago médio duas câmeras. Adaptado de Duncan A e col¹⁹

Recentemente, foi introduzido um novo método ecocardiográfico para medida do strain miocárdico, a técnica de speckle tracking. Ela identifica pontos intramiocárdicos brilhantes (speckles) e os acompanha durante o ciclo cardíaco, quantificando a deformação miocárdica sem dependência de ângulo entre feixe de ultrassom, com boa acurácia e sensibilidade²², apesar de ainda limitada para uso perioperatório.

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 utilização de drogas anestésicas podem afetar a função sistólica por seus efeitos na contratilidade, pré-carga e pós-carga. Além disso, outros fatores que podem comprometer a avaliação da função ao ETE estão relacionados com o encurtamento e exclusão da ponta do VE na avaliação das contratilidades global e segmentar, e as dificuldades para um correto alinhamento do Doppler ao fluxo sanguíneo, interferindo diretamente no cálculo dos índices de ejeção ventricular²³.

Referências

- 1. Camarozano A, Rabischoffsky A, Maciel BC et al. Sociedade Brasileira de Cardiologia. Diretrizes das indicações da ecocardiografia. Arq Bras Cardiol.2009;93(6 supl.3):e265-e302.
- 2. Curtis JP, Sokol SI, Wang Y et al. The association of left ventricular ejection fraction, mortality, and cause of death in stable outpatients with heart failure. J Am Coll Cardiol, 2003; 42:736-42.
- 3. Skiles A, Griffin BP. Transesophageal echocardiographic (TEE) evaluation of ventricular function. Cardiol Clin, 2000; 18:681-97.
- 4. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr, 2015; 28:1-39.e14.

- 5. 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 Ecocardiogr, 2005; 18:1440-63.
- 6. 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; 89: 870-84.
- 7. Galhardo Jr G, Botelho ESL, Diego LAS. Monitorização intraoperatória com ecocardiografia transesofágica em cirurgia cardíaca. Rev Bras Anestesio,. 2011; 61:495-512.
- 8. Mulvagh SL, Rakowski H, Vannan MA et al. American Society of Echocardiography Consensus Statement on the clinical applications of ultrasonic contrast agents in echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2008; 21:1179-201.
- Cowie B, Kluger R, Kalpokas M. Left ventricular volume and ejection fraction assessment with transoesophageal echocardiography: 2D vs 3D imaging. Br J Anaesth, 2013; 110:201-6.
- 10. Vegas A, Meineri M. Three-dimensional transesophageal echocardiography is a major advance for intraoperative clinical management of patients undergoing cardiac surgery: a core review. Anesth Analg, 2010; 110:1548-73.
- 11. 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. Eur J Echocardiogr, 2011;12:167-205.
- 12. 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.
- 13. 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.
- 14. 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.
- 15. 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.
- 16. Liu N, Darmon PL, Saad M et al. Comparison between radionuclide ejection fraction and fractional area change derived from transesophageal echocardiography using automated border detection. Anesthesiology, 1996;85:468-74.
- 17. Ho CY, Solomon SD. A clinician's guide to tissue Doppler imaging. Circulation, 2006; 113:396-8.
- 18. Galiuto L, Ignone G, DeMaria AN. Contraction and relaxation velocities of the normal left ventricle using pulsed wave tissue doppler echocardiography. Am J Cardiol, 1998; 81:609-14.
- 19. Duncan AE, Alfirevic A, Sessler DI et al. Perioperative assessment of myocardial deformation. Anesth Analg, 2014;118:525-44.
- 20. Yingchoncharoen T, Agarwal S, Popović ZB et al. Normal ranges of left ventricular strain: a meta-analysis. J Am Soc Echocardiogr, 2013; 26:185-91.
- 21. Reant P, Labrousse L, Lafitte S et al. Experimental validation of circumferential, longitudinal, and radial 2-dimensional strain during dobutamine stress echocardiography in ischemic conditions. J Am Coll Cardiol, 2008; 51:149-57.
- 22. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography: validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. J Am Coll Cardiol, 2006;47:789-93.
- 23. 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



Avaliação da Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo

Eric Benedet Lineburger

Com o envelhecimento da população, a insuficiência cardíaca em pacientes que se apresentam para o período perioperatório é um diagnóstico cada vez mais comum¹. Até pouco tempo atrás, a fase diastólica do ciclo cardíaco era considerada praticamente um evento passivo, fazendo com que os sinais e sintomas da insuficiência cardíaca fossem atribuídos à disfunção sistólica. Sabe-se, atualmente, que a disfunção diastólica pode alcançar 28% da população acima de 60 anos e até 65% de prevalência em pacientes cirúrgicos com mais de 65 anos, nos quais a fração de ejeção do ventrículo esquerdo é normal². Isso tem grande importância no manejo anestésico e prognóstico perioperatório, visto que tal diagnóstico está associado frequentemente com o fator de risco independente para desfechos cardiovasculares negativos em pacientes cirúrgicos³.

Apesar de a disfunção diastólica acometer ambos os ventrículos, estudos epidemiológicos apontam que o ventrículo esquerdo (VE) é o mais implicado no prognóstico adverso perioperatório.

Na prática clínica, a ecocardiografia é o exame padrão ouro para o diagnóstico da disfunção diastólica e para avaliar sua gravidade⁴.

Importância da Disfunção Diastólica no Período Perioperatório

A disfunção diastólica é uma condição frequente e subestimada nos pacientes cirúrgicos e uma potencial causa de descompensação aguda no período perioperatório. Até mesmo uma insuficiência diastólica severa pode ter um comportamento subclínico, sem sinais e sintomas de insuficiência cardíaca^{4,5}. A disfunção diastólica está associada comumente com idade avançada, hipertensão arterial sistêmica, doença isquêmica coronariana, diabetes e disfunção sistólica. Independentemente do grau, a disfunção diastólica implica aumento da mortalidade hospitalar, eventos cardiovasculares maiores, dificuldade de desmame da circulação extracorpórea e maior necessidade de suporte farmacológico inotrópico ou vasoativo em pacientes submetidos a cirurgias cardíacas⁶⁻⁹.

Numa metanálise conduzida por Fayad A. e col., a presença de disfunção diastólica foi fator de risco independente para eventos cardiovasculares adversos em cirurgias não cardíacas3. Evidências também indicam que a avaliação ecocardiográfica de certos parâmetros na disfunção diastólica pode prever a ocorrência de fibrilação atrial pós-operatória em cirurgias não cardíacas.

A correta interpretação ecocardiográfica da função diastólica pode guiar o anestesiologista na otimização de suporte inotrópico e de vasodilatadores, em que, frequentemente, as alterações diastólicas precedem as sistólicas na vigência de isquemia miocárdica¹⁰. Além disso, podemos prever o grau de resposta hemodinâmica à vasodilatação durante a indução da anestesia ou em bloqueios do neuroeixo, direcionando o tratamento adequado nesses pacientes, os quais frequentemente possuem baixa reserva de pré-carga, ou seja, incapacidade de enchimento ventricular sob baixas pressões. No período pós-operatório, da mesma forma, identificamos pacientes sujeitos à descompensação aguda cardiovascular por perda da função atrial (p. ex., fibrilação atrial) ou que vão se beneficiar de estratégias alternativas para suporte inotrópico ou vasodilatador, no caso de uma disfunção diastólica severa.

Avaliação Ecocardiográfica da Função Diastólica

A fase diastólica do ciclo cardíaco compreende o fechamento da válvula aórtica até o fechamento da válvula mitral. Podemos, ainda, subdividir essa fase em um período inicial de relaxamento isovolumétrico seguido do enchimento rápido ventricular, que é responsável por 80% a 90% do enchimento diastólico. Depois desses eventos, ocorre um intervalo de equilíbrio das pressões entre o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo chamado de diástase. A sístole atrial define a fase diastólica, dando término ao enchimento ventricular após contribuir com cerca de 20% do enchimento do VE na fisiologia diastólica normal. Alguns pacientes, principalmente os idosos, podem ter cerca de 50% do enchimento ventricular proveniente da sístole atrial, que os torna extremamente dependentes do chute atrial¹¹.

Todos esses eventos ocorrem por meio da interação de fatores como relaxamento ventricular; viscoelasticidade miocárdica; sucção diastólica do VE; restrição imposta pelo miocárdio; estado volêmico; pressão intratorácica; função valvar mitral; ritmo; função do VE e do AE¹². Sendo assim, podemos perceber o grau de complexidade da interação de todos esses fatores para definir o desempenho diastólico do VE.

Tendo isso em mente, fica fácil reconhecer que necessitamos de múltiplas análises ecocardiográficas e da instituição de algoritmos próprios para analisar a função diastólica. Recentemente, o avanço dos softwares na ecocardiografia por Doppler permitiu a obtenção do diagnóstico da severidade da disfunção diastólica em tempo real, proporcionando decisões terapêuticas rápidas no cenário do perioperatório.

As seguintes modalidades ecocardiográficas são comumente utilizadas no diagnóstico de disfunção diastólica perioperatória: velocidades do fluxo transmitral; fluxo venoso pulmonar; Doppler tecidual do anel mitral e velocidade de propagação no Doppler modo M colorido.

Velocidades do Fluxo Transmitral

As velocidades do fluxo transmitral são obtidas posicionando a amostra de volume do Doppler pulsado (1-2 mm) nas extremidades dos folhetos da válvula mitral (Figura 1). A característica do fluxo transmitral é de uma onda bifásica, com um pico inicial (onda E) no enchimento ventricular precoce e uma onda tardia resultante de um pico de fluxo durante a sístole atrial (onda A). Existe pouco fluxo no período entre essas duas ondas (diástase), pelo equilíbrio pressórico presente. A relação normal entre as ondas E e A é sempre maior que 1 e o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) normal varia de 70 a 90 ms (**Figura 2**) 13,14 . Quando ocorre uma onda E < A, temos um relaxamento ventricular alterado, muitas vezes assintomático do ponto de vista clínico. O relaxamento ventricular se altera na isquemia, hipertensão e idade. Quando isso ocorre, temos um aumento do TRIV decorrente de uma queda mais lenta da pressão intraventricular no começo da diástole (Figura 3). Além disso, ocorre redução do pico da velocidade da onda E, pelo decréscimo contínuo na queda de pressão do VE, diminuindo o enchimento ventricular inicial. Para compensar tal alteração, o enchimento tardio se prolonga para a diástole tardia e o tempo de desaceleração do fluxo transmitral (DT) aumenta juntamente com maior contribuição do enchimento do VE pelo chute atrial (onda A aumentada). Tudo isso configura a chamada disfunção diastólica do tipo I¹⁵.

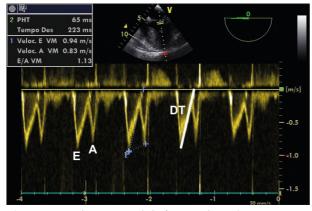


Figura 1 - Padrão normal de função diastólica

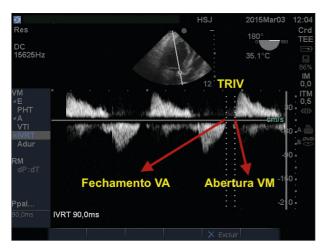


Figura 2 - Tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) normal

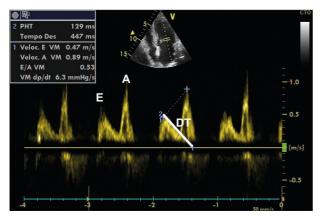


Figura 3 - Padrão de relaxamento alterado ou disfunção diastólica do tipo I

Com a piora da função diastólica, o relaxamento se prolonga ainda mais, e a complacência ventricular diminui, necessitando de uma sobrecarga atrial esquerda para manter o enchimento e o volume sistólico subsequente. O aumento da pressão atrial esquerda restabelece o gradiente pressórico entre o AE e o VE, retornando a relação E/A para um padrão de pseudonormalidade, ou seja, uma falsa relação E > A, o que caracteriza a disfunção diastólica do tipo II ou "padrão pseudonormal". A onda A, o TRIV e o DT se encontram normais. Ao reduzir a pré-carga com a manobra de Trendelenburg reversa, administração de nitroglicerina, circulação extracorpórea parcial ou manobra de Valsalva, pode-se desmascarar o padrão pseudonormal (Figura 4)16. Algumas pistas ajudam a suspeitar de um padrão pseudonormal, como uma relação E/A > 1 com baixa FEVE, anormalidades na motilidade regional e aumento do AE^{17} .

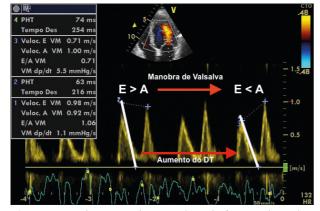


Figura 4 - Padrão pseudonormal ou disfunção diastólica do tipo II

Em casos severos de disfunção diastólica, a onda E encontra-se com o dobro da onda A e o VE, com baixa complacência e rígido. Nesses casos, frequentemente, o paciente é sintomático e com baixa capacidade funcional. A sobrecarga atrial esquerda demasiadamente alta resulta em abertura precoce da válvula mitral, TRIV diminuído e gradiente inicial elevado (onda E alta). Ocorre equalização rápida das pressões entre o AE e o VE, refletindo-se num DT encurtado¹⁷. Há pouca contribuição do chute atrial para o enchimento ventricular e, assim, uma onda A reduzida. A relação E/A com frequência encontra-se maior que 2. Todas essas alterações constituem a fase final

da compensação cardíaca na disfunção diastólica chamada de "padrão restritivo" ou disfunção diastólica do tipo III (Figura 5)18.

A Tabela 1 resume os achados ecocardiográficos nas diversas fases da disfunção diastólica, analisados pelo Doppler do fluxo transmitral¹⁹.

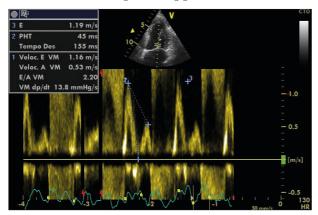


Figura 5 - Padrão restritivo ou disfunção diastólica do tipo III

Tabela 1 - Classificação da disfunção diastólica (adaptado de Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD, Lineburger EB, Papa FV, Botelho ESL et al. [Consensus on Perioperative Transesophageal Echocardiography of the Brazilian Society of Anesthesiology and the Department of Cardiovascular Image of the Brazilian Society of Cardiology]. Rev Bras Anestesiol. 2018;68(1):1-32)

Padrão	Normal	Tipo I	Tipo II	Tipo III
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 ms
PVV	S>D	S>D	S <d< th=""><th>S < D</th></d<>	S < D
e' mitral	8-10 cm.seg ⁻¹	e' < a'	< 8 cm.seg ⁻¹	< 8 cm.seg ⁻¹

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

Doppler Pulsado da Veia Pulmonar

O fluxo da veia pulmonar obtido através do DP pode ser um instrumento importante na avaliação do padrão de disfunção diastólica, especialmente quando usado em conjunto com as informações do fluxo transmitral. A amostra de volume do DP é colocada 1 a 2 cm da abertura para o AE da veia pulmonar superior esquerda ou direita²⁰. Existe aqui um componente sistólico e um diastólico. O componente sistólico é bifásico, e o primeiro fluxo acompanha o relaxamento atrial e o segundo acompanha o deslocamento do anel mitral em direção ao ápice do VE. O componente diastólico inicia com a abertura da válvula mitral. Uma disfunção diastólica do tipo relaxamento alterado é caracterizada por diminuição do fluxo diastólico, predominando o fluxo para o AE durante a sístole (S > D). Um padrão pseudonormal e restritivo é definido pelo fluxo predominante na fase diastólica (S < D), como mostra a **Figura 6**²¹.

No fim da diástole, o chute atrial desloca o fluxo sanguíneo do AE em direção às veias pulmonares e forma-se, então, um fluxo reverso (onda A reversa). Em condições normais, o tempo de duração da onda A reversa (ARdur) é igual ou menor que a duração da onda A (Adur). Em condições de baixa complacência do VE e alta pressão diastólica final, ocorre equilíbrio rápido entre o AE e o VE, terminando prematuramente a onda A, o que gera uma onda Adur curta. A contração atrial ainda permanece, e o fluxo encontra agora a válvula mitral fechada e é regurgitado para as veias pulmonares, criando uma onda ARdur, maior que a onda Adur. Uma velocidade de onda AR maior que 35 cm/s e com duração maior que 30 ms da onda Adur indica pressão diastólica final do VE maior que 15 mmHg²².

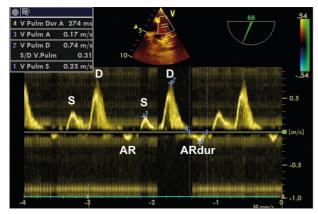


Figura 6 - Doppler pulsado da veia pulmonar no padrão pseudonormal

Doppler Tecidual do Anel Mitral

Nesse caso, o avanço da tecnologia do modo Doppler permitiu a análise dos fluxos lentos e de alta amplitude, por meio do tecido miocárdico²³. Obtemos informações com relação à função diastólica de maneira independente das condições de enchimento ventricular. Utiliza-se a ecocardiografia transtorácica na janela apical de quatro ou duas câmaras ou a transesofágica, no esôfago médio, de quatro câmaras, posicionando a amostra de volume (2,5-5 mm) no anel mitral lateral. Pode-se utilizar o anel mitral septal, em que as velocidades tendem a ser menores e o fluxo da via de saída do VE pode atrapalhar o Doppler tecidual nessa posição^{24,25}. A orientação do DP deve ser o mais paralelo possível em relação ao movimento longitudinal axial do VE. O padrão de velocidade do anel mitral, obtido pelo Doppler tecidual, é similar ao Doppler pulsado transmitral em pacientes com ritmo sinusal. Normalmente existe um sinal sistólico (S'), que representa o movimento do anel em direção ao ápice do VE, e outros dois sinais, sendo um no início da diástole (E') e outro no final da diástole (A'), quando o anel se move na direção contrária ao recolhimento do VE (**Figura 7**).

Podemos diagnosticar um padrão pseudonormal, pois a onda do enchimento ventricular rápido (E') permanece diminuída na pseudonormalização¹². A medida do E' é insensível à pré-carga do VE, em que, muitas vezes, no período perioperatório, a hipovolemia ou outras condições que alteram o enchimento podem modificar o fluxo transmitral¹⁹. Com o aumento da gravidade da disfunção diastólica, a onda E' diminui e a onda E transmitral aumenta com a sobrecarga do AE. Assim, podemos utilizar a relação E/e' no diagnóstico da disfunção diastólica e apreciar sua gravidade. Uma relação E/e' < 8 é altamente específica para a função diastólica normal. E E/e' maior que 15 mmHg, da mesma forma, para pressões de AE maiores que 15 mmHg^{24,26}.

Existem algumas limitações na avaliação da função diastólica através do Doppler tecidual no ânulo mitral, como em alterações da motilidade regional nos segmentos basais septais e laterais, assim como calcificações no ânulo mitral e após reparo ou troca mitral cirúrgica.

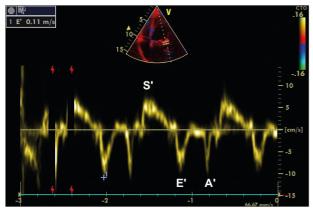


Figura 7 - Doppler tecidual do anel mitral lateral normal (ecocardiografia transtorácica)

Velocidade de Propagação no Doppler Modo M Colorido

Podemos utilizar esse método diagnóstico ecocardiográfico para determinar a efetividade da sucção do VE no início da diástole. Por meio da análise das velocidades em várias localizações ao longo de uma linha de escaneamento no modo M, dentro do VE, obtém-se a velocidade de propagação (Vp). Em outras palavras, Vp é a velocidade da coluna de sangue do nível da válvula mitral até o ápice do VE. É útil para anormalidades na fase diastólica inicial, e inicialmente foi demonstrado como vantagem a insensibilidade às condições de enchimento ventricular²⁷. Estudos posteriores questionaram a independência da pré-carga, demonstrando influência das condições de enchimento em algumas situações clínicas, como mudanças lusitrópicas e de performance sistólica^{28,29}. A Vp idealmente é obtida orientando-se a linha de escaneamento do modo M e Doppler colorido com o AE, a válvula mitral e o VE na janela de quatro câmaras do esôfago médio ou apical de quatro câmaras transtorácico (Figura 8). Os valores normais em indivíduos saudáveis variam de 55 a 100 cm/s. Valores abaixo de 50 cm/s denotam alteração do relaxamento ventricular (Figura 9)³⁰. A razão E/Vp pode ser útil para determinar a pressão do AE, e quando essa relação é maior que 2,5 significa que PAE > 15 mmHg³¹. Do mesmo modo, pode ser utilizada para estimar as pressões de enchimento ventricular em pacientes com fibrilação atrial. Como o E', a Vp tem sua utilidade no período perioperatório por ser relativamente insensível à pré-carga demonstrada em situações como circulação extracorpórea parcial; oclusão da veia cava inferior; nitroglicerina endovenosa; manobra de Valsalva e de Trendelenburg e elevação dos membros inferiores^{27,32,33}.

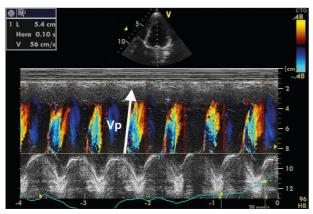


Figura 8 - Velocidade de propagação normal (ecocardiografia transtorácica)

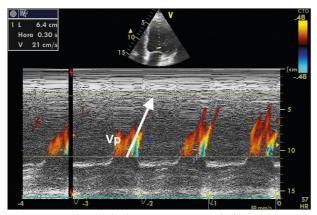


Figura 9 - Velocidade de propagação na disfunção diastólica pseudonormal (ecocardiografia transtorácica)

Algoritmos para a Avaliação da Disfunção Diastólica

Recentemente, a Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) atualizou os guidelines para avaliação ecocardiográfica da função diastólica pela ecocardiografia³⁴. Ressalta-se que pelos vários fatores hemodinâmicos que afetam cada avaliação ecocardiográfica da função diastólica, algumas medidas podem ficar na faixa da normalidade, apesar da presença de disfunção diastólica. Devem-se levar em conta a condição clínica, a frequência cardíaca, a pressão arterial, a espessura miocárdica, a fração de ejeção, o volume do AE, doença da válvula mitral e ritmo cardíaco. Nenhum dos índices de avaliação deverá ser usado de maneira isolada, e os guidelines, apesar de auxiliarem o raciocínio e manejo no perioperatório, não necessariamente se aplicam nesse contexto. Isso se torna especialmente importante nesse período, em que as condições de enchimento ventricular e as relações de oferta/demanda de oxigenação miocárdica são uma realidade e podem influenciar o paciente individualmente¹⁹. A ASE recomenda, como primeiro passo, avaliar a condição da pressão de enchimento do VE. Vale salientar que os algoritmos não levam em conta doenças específicas, como a cardiomiopatia hipertrófica, a cardiomiopatia restritiva, doenças valvares, transplante cardíaco e alterações do ritmo, como fibrilação atrial. Nesse raciocínio, dividem-se também os guidelines em pacientes com fração de ejeção do VE normal e alterada (Figuras 10 e 11).

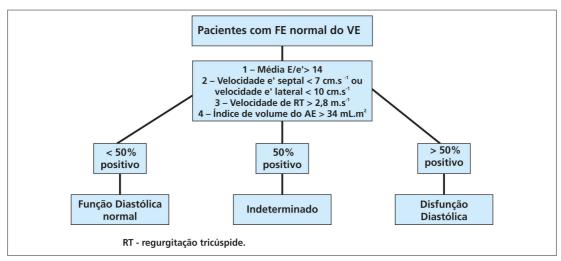


Figura 10 - Algoritmo para diagnóstico de disfunção diastólica em indivíduos com fração de ejeção do VE normal (adaptado de Nagheh SF et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr, 2016; 29:277-314)

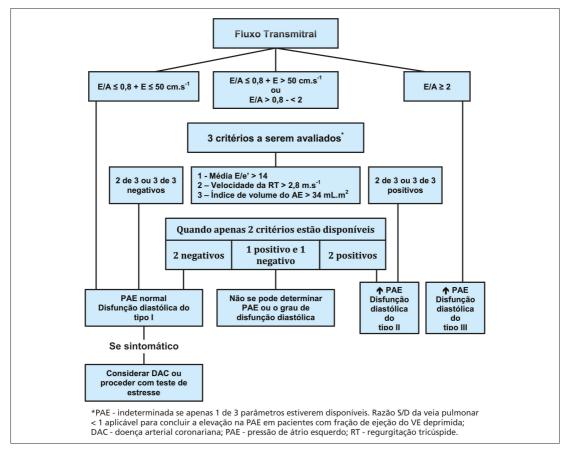


Figura 11 - Algoritmo para diagnóstico de disfunção diastólica em indivíduos com fração de ejeção do VE alterada (adaptado de Nagheh SF et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr, 2016; 29:277-314)

Manejo Anestésico na Disfunção Diastólica

Individualizar o paciente na avaliação perioperatória da disfunção diastólica é reconhecidamente uma meta de suma importância para melhorar o desfecho do paciente cirúrgico. O correto diagnóstico da presença e do grau da disfunção diastólica permite um manejo anestésico direcionado no sentido de metas hemodinâmicas e uso criterioso de fármacos e técnicas de indução e manutenção da anestesia, além de orientar e otimizar a vigilância no período pós-operatório.

Independentemente do grau de disfunção diastólica, a sensibilidade às alterações da pré-carga faz dessa população um desafio ao anestesiologista. A consequência das técnicas anestésicas afeta principalmente a fase diastólica do ciclo cardíaco. Devemos monitorizar cuidadosamente o estado volêmico desses pacientes, seja com a ecocardiografia intraoperatória e monitores não invasivos de débito cardíaco, seja com pressão arterial invasiva ou outros recursos. Esses pacientes são extremamente sensíveis às alterações de volume. Mudanças hemodinâmicas que afetam o tempo diastólico, como a taquicardia, acabam por piorar substancialmente o relaxamento ventricular e as condições de enchimento. Nesse contexto, os betabloqueadores podem ser uma opção de tratamento³⁵. Evitar episódios isquêmicos no intraoperatório é um objetivo fundamental, não só pelo efeito negativo direto no relaxamento ventricular, mas por precipitar disritmias, que acabam por piorar ainda mais a função diastólica.

Apesar de pouca evidência existente sobre o efeito dos anestésicos na função diastólica, a baixa reserva para as alterações da pré-carga impõe a necessidade de redução na dose dos agentes indutores venosos em 30-50%. Nas técnicas regionais que envolvam simpatólise, esta deverá ser cuidadosamente titulada, a fim de evitar qualquer redução demasiada no retorno venoso. Atenção na profilaxia de fibrilação atrial em pacientes com grande dependência de função do AE para gerar um volume sistólico adequado também é um objetivo a ser alcançado, para evitar descompensação cardiovascular aguda no pós-operatório³⁶.

Nos casos de instabilidade hemodinâmica na insuficiência cardíaca diastólica restritiva, fármacos com efeito lusitrópico positivo, como os inibidores da fosfodiesterase III (milrinona) e levosimendan, podem ter um papel benéfico, pelo fato de serem independentes de receptores betaadrenérgicos no mecanismo de ação, numa fisiopatologia em que comumente ocorre downregulation desses receptores³⁷. Manter o retorno venoso e a perfusão coronariana por meio de fármacos vasoconstritores, como a noradrenalina, impõe ao VE aumento de pós-carga, que em situações de disfunção diastólica restritiva e baixa complacência acabam por deteriorar a performance sistólica³⁸. O uso concomitante de vasodilatadores, como a nitroglicerina em dose arterial, é uma alternativa para contrabalançar tal efeito. O manejo farmacológico associado a avaliação ecocardiográfica em tempo real otimiza a decisão clínica nessas situações de instabilidade por restrição diastólica.

Conclusão

Apesar da vasta evidência do impacto negativo da disfunção diastólica, essa condição ainda é subestimada e pouco apreciada como causa de instabilidades hemodinâmicas nos pacientes cirúrgicos. Muitos pacientes que são portadores assintomáticos de disfunção diastólica vão apresentar seus primeiros sintomas no período perioperatório. Os anestesiologistas devem reconhecer as implicações dessa patologia endêmica e antecipar condutas visando ao melhor desfecho possível.

O uso da ecocardiografia perioperatória continua sendo a chave para o correto diagnóstico e tratamento da disfunção diastólica, a fim de alcançar os melhores prognósticos para essa população.

Referências

- 1. Adams K, Jr. New epidemiologic perspectives concerning mild-to-moderate heart failure. Am J Med, 2001; 110:6s-13s.
- 2. Benjamin EJ, Blaha MJ, Chiuve SE et al. Heart disease and stroke statistics-2017 update: a report from the American Heart Association. Circulation, 2017; 135:e146-e603.
- 3. Fayad A, Ansari MT, Yang H et al. Perioperative diastolic dysfunction in patients undergoing noncardiac surgery is an independent risk factor for cardiovascular events: a systematic review and meta-analysis. Anesthesiology, 2016; 125:72-91.
- 4. Nicoara A, Swaminathan M. Diastolic dysfunction, diagnostic and perioperative management in cardiac surgery. Curr Opin Anaesthesiol, 2015; 28:60-6.
- 5. Flu WJ, van Kuijk JP, Hoeks SE et al. Prognostic implications of asymptomatic left ventricular dysfunction in patients undergoing vascular surgery. Anesthesiology, 2010; 112:1316-24.
- 6. Fonarow GC. The Acute Decompensated Heart Failure National Registry (ADHERE): opportunities to improve care of patients hospitalized with acute decompensated heart failure. Rev Cardiovasc Med, 2003; 4 Suppl 7:S21-30.
- 7. Afilalo J, Flynn AW, Shimony A et al. Incremental value of the preoperative echocardiogram to predict mortality and major morbidity in coronary artery bypass surgery. Circulation, 2013; 127:356-64.
- 8. Degirmencioglu A, Senay S, Gullu U et al. The effect of mild left ventricular diastolic dysfunction on outcome after isolated coronary bypass surgery. Kardiol Pol, 2014; 72:541-5.
- 9. Bernard F, Denault A, Babin D et al. Diastolic dysfunction is predictive of difficult weaning from cardiopulmonary bypass. Anesth Analg, 2001; 92:291-8.
- 10. 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.
- 11. Fukuta H, Little WC. The cardiac cycle and the physiologic basis of left ventricular contraction, ejection, relaxation, and filling. Heart Fail Clin, 2008; 4:1-11.
- 12. Matyal R, Skubas NJ, Shernan SK et al. Perioperative assessment of diastolic dysfunction. Anesth Analg, 2011; 113:449-72.
- 13. Cohen GI, Pietrolungo JF, Thomas JD et al. A practical guide to assessment of ventricular diastolic function using Doppler echocardiography. J Am Coll Cardiol, 1996; 27:1753-60.
- 14. Pagel PS, Grossman W, Haering JM et al. Left ventricular diastolic function in the normal and diseased heart. Perspectives for the anesthesiologist (2). Anesthesiology, 1993; 79:1104-20.
- 15. Nishimura RA, Tajik AJ. Evaluation of diastolic filling of left ventricle in health and disease: doppler echocardiography is the clinician's Rosetta Stone. J Am Coll Cardiol, 1997; 30:8-18.
- 16. Dumesnil JG, Gaudreault G, Honos GN et al. Use of Valsalva maneuver to unmask left ventricular diastolic function abnormalities by Doppler echocardiography in patients with coronary artery disease or systemic hypertension. Am J Cardiol, 1991; 68:515-9.
- 17. Oh JK, Appleton CP, Hatle LK et al. The noninvasive assessment of left ventricular diastolic function with two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 1997; 10:246-70.
- 18. Xie GY, Berk MR, Smith MD et al. Prognostic value of Doppler transmitral flow patterns in patients with congestive heart failure. J Am Coll Cardiol, 1994; 24:132-9.
- 19. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018; 68:1-32.

- 20. Groban L, Dolinski SY. Transesophageal echocardiographic evaluation of diastolic function. Chest, 2005; 128:3652-63.
- 21. Smiseth OA, Thompson CR, Lohavanichbutr K et al. The pulmonary venous systolic flow pulse its origin and relationship to left atrial pressure. J Am Coll Cardiol, 1999; 34:802-9.
- 22. Rossvoll O, Hatle LK. Pulmonary venous flow velocities recorded by transthoracic Doppler ultrasound: relation to left ventricular diastolic pressures. J Am Coll Cardiol, 1993; 21:1687-96.
- 23. Farias CA, Rodriguez L, Garcia MJ et al. Assessment of diastolic function by tissue Doppler echocardiography: comparison with standard transmitral and pulmonary venous flow. J Am Soc Echocardiogr, 1999; 12:609-17.
- 24. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA et al. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. J Am Coll Cardiol, 1997; 30:1527-33.
- 25. Garcia MJ, Thomas JD. Tissue Doppler to assess diastolic left ventricular function. Echocardiography, 1999; 16:501-8.
- 26. Khouri SJ, Maly GT, Suh DD et al. A practical approach to the echocardiographic evaluation of diastolic function. J Am Soc Echocardiogr, 2004; 17:290-7.
- 27. Garcia MJ, Smedira NG, Greenberg NL et al. Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation. J Am Coll Cardiol, 2000; 35:201-8.
- 28. Graham RJ, Gelman JS, Donelan L et al. Effect of preload reduction by haemodialysis on new indices of diastolic function. Clin Sci, (Lond), 2003; 105:499-506.
- 29. Hsiao SH, Huang WC, Sy CL et al. Doppler tissue imaging and color M-mode flow propagation velocity: are they really preload independent? J Am Soc Echocardiogr, 2005; 18:1277-84.
- 30. Brun P, Tribouilloy C, Duval AM et al. Left ventricular flow propagation during early filling is related to wall relaxation: a color M-mode Doppler analysis. J Am Coll Cardiol, 1992; 20:420-32.
- 31. Garcia MJ, Ares MA, Asher C et al. An index of early left ventricular filling that combined with pulsed Doppler peak E velocity may estimate capillary wedge pressure. J Am Coll Cardiol, 1997; 29:448-54.
- 32. Djaiani GN, McCreath BJ, Ti LK et al. Mitral flow propagation velocity identifies patients with abnormal diastolic function during coronary artery bypass graft surgery. Anesth Analg, 2002; 95:524-30.
- 33. Moller JE, Poulsen SH, Sondergaard E et al. Preload dependence of color M-mode Doppler flow propagation velocity in controls and in patients with left ventricular dysfunction. J Am Soc Echocardiogr, 2000; 13:902-9.
- 34. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. J Am Soc Echocardiogr, 2016; 29:277-314.
- 35. Aronow WS, Ahn C, Kronzon I. Effect of propranolol versus no propranolol on total mortality plus nonfatal myocardial infarction in older patients with prior myocardial infarction, congestive heart failure, and left ventricular ejection fraction > or = 40% treated with diuretics plus angiotensin-converting enzyme inhibitors. Am J Cardiol, 1997; 80:207-9.
- 36. Melduni RM, Suri RM, Seward JB et al. Diastolic dysfunction in patients undergoing cardiac surgery: a pathophysiological mechanism underlying the initiation of new-onset post-operative atrial fibrillation. J Am Coll Cardiol, 2011; 58:953-61.
- 37. Pirracchio R, Cholley B, De Hert S et al. Diastolic heart failure in anaesthesia and critical care. Br J Anaesth, 2007; 98:707-21.
- 38. Sarkar S, GuhaBiswas R, Rupert E. Echocardiographic evaluation and comparison of the effects of isoflurane, sevoflurane and desflurane on left ventricular relaxation indices in patients with diastolic dysfunction. Ann Card Anaesth, 2010; 13:130-7.



Avaliação do Ventrículo Direito

Alexandre Fernandes da Silva

A disfunção ventricular direita (VD) é um fator de risco independente com contribuição significativa para morbidade e mortalidade perioperatória, especialmente se estiver associado com a disfunção ventricular esquerda¹. A insuficiência ventricular direita intraoperatória apresenta consequências imediatas, principalmente as relacionadas com a dificuldade de saída de circulação extracorpórea¹. Outro fato importante é a interdependência ventricular. Uma proporção significativa da função do VD depende da contração septal, pois as fibras musculares de ambos os ventrículos estão em continuidade no septo. O ventrículo direito tolera melhor a sobrecarga de volume que o ventrículo esquerdo, em função de sua maior complacência, o que torna o VD mais sensível à compressão (enchimento diastólico reduzido quando exposto a altas pressões intratorácicas) e mais sensível também a aumentos de pós-carga (alia-se a isso a parede mais fina do VD em comparação com a do VE). Esses fatores explicam por que os índices ecocardiográficos de função diastólica e sistólica do VD serem tão dependentes de pré e pós-carga².

O ventrículo direito é uma câmara tubular com formato em V, com o anel tricuspídeo e o anel pulmonar formando as pontas desse V. A parede livre, o septo e o ápice do VD delineiam as margens anterior, posterior e inferior do VD. As divisões anatômicas do ventrículo direito são a região de inflow, a parede livre, o outflow e o septo. A parede livre do VD é subdividida em segmentos inferior, anterior e lateral, baseados nas incidências ecocardiográficas¹. O formato irregular do VD dificulta a avaliação dos volumes e a função sistólica com métodos uniplanares e geométricos simples. Além disso, o interior trabeculado do VD também cria problemas para definir a borda endocárdica¹ (**Figuras 1** e **2**).

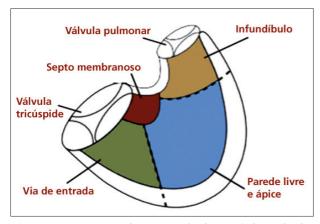


Figura 1 - Anatomia do ventrículo direito (adaptado de Hadaf e cols.²)

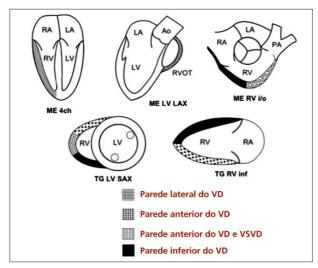


Figura 2 - Segmentos da parede do ventrículo direito (adaptado de Hadaf e cols.²) AD = átrio direito; VD = ventrículo direito; AE = átrio esquerdo; VE = ventrículo esquerdo; Ao = aorta; PA = artéria pulmonar.

Avaliação Ecocardiográfica

Existem alguns índices de avaliação sistólica do VD³. Os índices geométricos refletem a extensão da contração do VD, como a variação da área fracional do VD (VAFVD), a fração de ejeção do VD (FEVD) e a excursão sistólica anular tricuspídea (TAPSE). Podem-se utilizar outras formas de avaliação da função do VD, como a aceleração isovolumétrica do VD (IVA), o dP-dt do VD e o índice de performance miocárdica do VD (IPMVD)³.

O TAPSE (Figura 3) representa a medida do movimento do anel tricuspídeo, isto é, a função longitudinal do ventrículo direito. O TAPSE é adquirido por meio da colocação do modo M no anel tricuspídeo e mede a quantidade de movimento longitudinal na sístole. É um método simples de imagem que apresenta algumas desvantagens: representa o deslocamento de um simples segmento, e não uma estrutura complexa tridimensional como o VD, o ângulo dependente e a pré-carga dependente.

O TAPSE deve ser usado rotineiramente como um método simples para estimar a função do VD, com o valor de referência mais baixo para a disfunção sistólica sendo 16 mm. O transdutor do ecocardiograma transesofágico deve ser posicionado no esôfago médio quatro câmaras com a centralização do VD3,5,6. Em uma minoria de pacientes, uma incidência modificada do transgástrico profundo do VD pode ser obtida girando o probe para a direita (como a figura), permitindo bom alinhamento do USG com o movimento do anel tricuspídeo.



Figura 3 - Excursão sistólica do anel tricuspídeo (TAPSE)

O índice de performance miocárdica do ventrículo direito (IPMVD), ou índice de Tei, é um índice de função ventricular global. Na Figura 4, a seguir, observamos o Doppler tecidual do anel tricuspídeo no transgástrico profundo do VD, de modo que S' reflete a onda sistólica do VD e valores inferiores a 10 cm por segundo demonstram a diminuição da fração de ejeção. O índice de Tei^{4,5,6} tem sido validado em várias patologias, incluindo hipertensão arterial pulmonar, em que ele estratifica pacientes de alto risco para cirurgia cardíaca e auxilia na indicação para a instalação de dispositivos de assistência ventricular direita. Devemos lembrar que esse índice tem menor acuidade na presença de arritmias e bloqueios atrioventriculares de alto grau^{4,5,6}. Esse típico traço do Doppler tecidual apresenta duas curvas sistólicas, a contração isovolêmica (CIV) e a sístole (S'), e duas curvas diastólicas, o enchimento precoce (E) e a contração atrial (A).

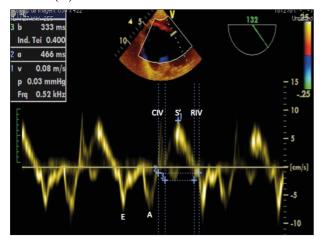


Figura 4 – Análise do índice de performance miocárdica do VD CIV = contração isovolumétrica; RIV = relaxamento isovolumétrico; S' = sístole ventricular; E = enchimento rápido; A = contração atrial.

O IPMVD pode ser avaliado por meio do Doppler pulsado no trato de saída de VD e transtricuspídeo (Figura 5). O uso do Doppler pulsado no trato de saída de VD pode ser no corte transgástrico profundo do VD ou no corte esôfago superior, procurando a válvula pulmonar. O Doppler pulsado tricuspídeo deve ser feito no corte do esôfago médio quatro câmaras ou inflow-outflow de VD. É importante que essas medidas sejam feitas em batimentos com intervalos R-R similares. Valores de IPMVD > 0,43 pelo Doppler pulsado ou valores de IPMVD > 0,54 pelo Doppler tecidual indicam disfunção de VD4,5.

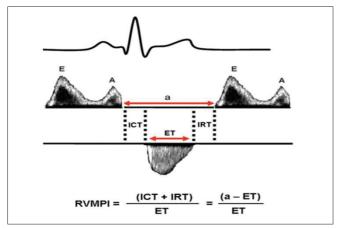


Figura 5 - Análise do índice de performance miocárdica do VD pelo Doppler pulsátil ICT = contração isovolumétrica; IRT = relaxamento isovolumétrico; ET = tempo de ejeção; E = enchimento rápido; A = contração atrial.

Podem-se medir vários parâmetros pelo Doppler tecidual no anel tricuspídeo, como: velocidade de pico longitudinal do VD (S`); IPMVD, ou índice de TEI; tempo de relaxamento isovolêmico (IVRT); aceleração isovolêmica (IVA); tempo de aceleração (AT); tempo de ejeção (ET); tempo de contração isovolêmica (IVCT) e velocidade de pico isovolêmico (IVV) (Figura 6).

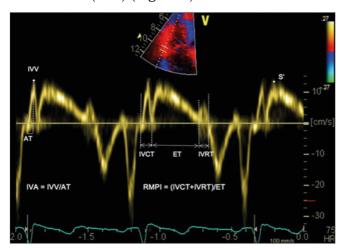


Figura 6 - Doppler tecidual no anel tricuspídeo

S' = sístole VD; IVV = velocidade de pico isovolêmico; AT = tempo de aceleração; IVA = aceleração isovolêmica; RMPI = índice de performance miocárdica do VD; IVCT = tempo de contração isovolêmica; ET = tempo de ejeção; IVRT = tempo de relaxamento isovolêmico.

A aceleração isovolêmica (IVA) é um índice de performance sistólica que é relativamente independente de pré e pós-carga e foi recentemente descrita, de modo que são necessárias mais informações sobre seu uso em cirurgia cardíaca^{4,5}.

As principais incidências para visualizar o ventrículo direito com o uso do ecocardiograma transesofágico

- Esôfago médio quatro câmaras: parede livre, septo ventricular, septo atrial, valva tricúspide (folhetos anterior e septal).
- Esôfago médio inflow-outflow do ventrículo direito: valva tricúspide, trato de saída de VD, valva pulmonar.
- Esôfago médio bicaval: átrio direito, apêndice atrial direito, septo atrial, veias cavas, valva tricúspide.
- Transgástrico eixo curto "en face view" da valva tricúspide: parede livre, septo interventricular.
- Transgástrico inflow do ventrículo direito: parede livre, valva tricúspide, aparato subvalvar.
- Transgástrico profundo: tricúspide, trato de saída, valva pulmonar.

A medida da área fracional de VD pode ser feita no corte quatro câmaras e reflete uma estimativa da função sistólica. É importante que a imagem completa do VD esteja contida na imagem que inclua o ápice e a parede livre durante a sístole e a diástole. Durante o delineamento da borda endocárdica do VD, devem ser incluídas as trabéculas da cavidade ventricular. FAC VD < 35% indica disfunção sistólica^{5,6}.

Normalmente, a área diastólica final do VD compreende cerca de 60% do VE. Com a dilatação, o formato do VD passa de triangular para redondo, e quando o VD forma parte do apex cardíaco (na incidência do esôfago médio quatro câmaras), certamente há dilatação do VD. Outros sinais de disfunção incluem hipocinesia ou acinesia da parede livre de VD, aumento do VD e retificação ou projeção do septo interventricular da direita para a esquerda^{5,6} (**Figuras 7 e 8**).

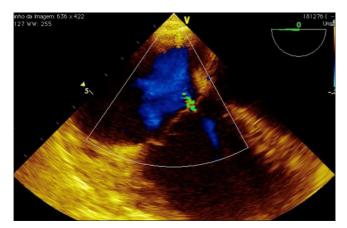


Figura 7 - A dilatação do VD pode ser vista com sobrecarga de volume ou pressão

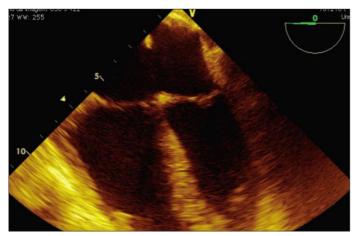


Figura 8 - Paciente com CIA ostium primum apresenta retificação do septo interventricular e movimento paradoxal do septo com distorção septal máxima no fim da diástole^{5,6}

Em função de seu formato complexo, estão sendo utilizados novos métodos para a avaliação do VD. A utilização da análise do strain de VD por speckle tracking é potencialmente útil por ser independente de ângulo de incidência e poder ser usado em tempo real.

Na realidade, o strain (Lagrangian) evidencia uma mudança fracional no comprimento do miocárdio que é representada por uma porcentagem do comprimento inicial; quando for utilizado na medida do strain do VD usaremos somente o strain longitudinal. Além disso, será usado o strain medido pelo método speckle tracking (STE), e não pelo método do Doppler tecidual, que apresenta um ângulo de dependência que limita sua utilização com o ecotransesofágico.

O STE é um método em que se utiliza a aplicação de pontos marcados no anel tricuspídeo e no ápice de VD para avaliar, sobretudo, o strain longitudinal global e da parede livre do VD. Não devemos esquecer que na contração do VD, 80% ocorre de forma longitudinal (anel em direção ao ápice) e que a contração leva ao encurtamento miocárdico, portanto, as medidas de strain são reportadas de forma negativa - quanto mais negativo o valor, mais vigorosa é a contratilidade e melhor a função sistólica. Os valores limites de < -20% (ou > 20% em números absolutos) podem representar disfunção de VD (**Figuras 9 e 10**).

Métodos para Medir o Strain Intraoperatório

Deve-se utilizar o corte quatro câmaras esôfago médio incluindo todo o anel tricuspídeo na sístole e diástole. Aumentar o frame rate > 40 Hz⁷ e colocar os marcadores (B mode) no anel lateral e septal e no ápice.

Edita-se a região de interesse, já que o software do aparelho deve desenhar automaticamente o VD, e devemos editar para englobar as paredes, incluindo o endocárdio e o epicárdio⁸. Podem ser feitos strain global longitudinal (GLS) ou strain da parede livre^{7,8}.



Figura 9 - Strain global longitudinal do VD



Figura 10 - Strain longitudinal da parede livre do VD

Referências

- 1. Chong O. Tan, MBBS, Fanzca and Ian Harley. Perioperative transesophageal echocardiographic assessment of the right heart and associated strucures: a comprehensive update and technical report. Journal of Cardiothoracic and Vascular Anesthesia, 2013.
- 2. Haddad F et al. Right ventricular function in cardiovascular disease, part 1. Circulation, 117:1436-1448, 2008.

- 3. Haddad F et al. The right ventricle in cardiac surgery, a perioperative perspective: 1. Anatomy, physiology, and assessment. Anesthesia and Analgesia, vol. 108, n 2, February, 2009.
- 4. Peyrou J et al. Echocardiographic assessment of right ventricular systolic function in a population of unselected patients before cardiac surgery: A multiparametric approach is necessary. Archives of Cardiovascular Disease, 2014.
- 5. Lang MR et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. JASE, 2015;28:1-39.
- 6. Perrino CA, Jr, Reeves TS. A Pratical approach to transesophageal echocardiography. Second edition, p. 281-298.
- 7. Silverton N, Meineri M, Speckle tracking strain of the right ventricle: an emerging tool for intraoperative echocardiography. Anesthesia and Analgesia, vol. 125, number 5, p.1475-1478.
- 8. Longobardo L et al. Role of two-dimensional speckle tracking echocardiography strain in the assessment of right ventricular systolic function and comparison with conventional parameters. J Am Soc Ecocardiography, 2017;30:937-46.



Cálculos Hemodinâmicos

Marcello Fonseca Salgado-Filho

As imagens ecocardiográficas bidimencionais (2D) associadas à modalidade Doppler possibilitam a análise dos fluxos sanguíneos e os cálculos hemodinâmicos, que já foram validados pelo cateterismo no laboratório de hemodinâmica¹. Contudo, a análise Doppler para cálculos hemodinâmicos depende da qualidade das imagens, do correto alinhamento com o fluxo sanguíneo, de uma medida precisa da área seccional e do treinamento do ecocardiografista^{1,2}.

Volume Sistólico

Por meio da física dos fluxos, a quantidade de volume que passa por um orifício fixo é diretamente proporcional ao produto da área seccional (AS) multiplicado pela velocidade média desse fluxo: qtd. de volume = AS (cm²) x vel. média (cm/s)^{1,2}.

Contudo, a fisiologia cardiovascular torna o fluxo sanguíneo pulsátil, o que faz com que a cada sístole a velocidade do sangue seja variável. Sendo assim, foi utilizada uma ferramenta matemática que possibilita a análise do cálculo da distância que o sangue percorre a cada ciclo cardíaco: é a Integral Velocidade Tempo (IVT)^{2,3}. Portanto, para a medida do volume sistólico (VS) é utilizada a fórmula: VS = AS (cm^2) x IVT (cm).

Para calcularmos a área seccional (AS), usa-se, preferencialmente, a via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) no corte esôfago médio de eixo longo a 120 graus⁴. Uma vez adquirida a imagem, será calculado o diâmetro da VSVE. Assumindo que a VSVE é um círculo, utilizaremos a fórmula: AS (cm²) = \P x raio² (**Figura 1**)^{1,3}.

Uma vez calculada a AS, temos que definir a IVT da VSVE. Para isso, utilizaremos o corte transgástrico profundo⁴, pois, dessa forma, a VSVE estará perfeitamente alinhada com o Doppler, e utilizando o Doppler pulsátil na VSVE, calculamos a IVT (**Figura 2**)¹. Com a AS e a IVT calculadas, utilizaremos a fórmula: VS = AS (cm²) x IVT (cm) para o cálculo do VS¹.

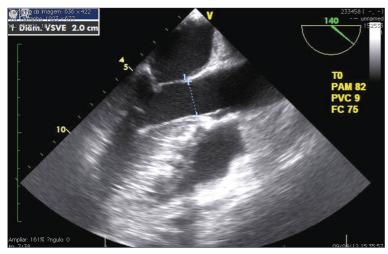


Figura 1 - Medida do diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo no corte esôfago médio de eixo longo

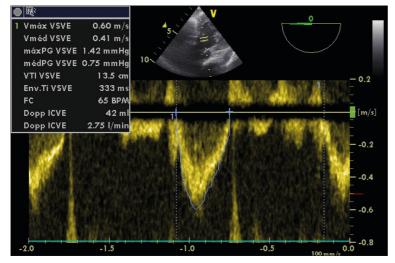


Figura 2 - Doppler pulsátil na via de saída do ventrículo esquerdo no corte transgástrico profundo

Existem algumas considerações técnicas a serem feitas no cálculo do VS. Elas estão listadas no **Quadro 1**¹.

Quadro 1 - Considerações para o cálculo do VS

- O fluxo sanguíneo deve ser laminar. 1.
- A IVT deve ser a média de 3 a 5 medidas em ritmo sinusal. Caso o paciente esteja em fibrilação atrial, esta deve ser a média de 8 a 10 medidas.
- 3. Para o cálculo da IVT na VSVE, utiliza-se o Doppler pulsátil paralelo ao fluxo sanguíneo.
- 4. As medidas da IVT e da AS devem ser realizadas no mesmo momento e no mesmo local anatômico.
- A medida da AS deve ser realizada de forma acurada. 5.

Cálculo do Débito Cardíaco

Uma vez calculado o VS, basta multiplicá-lo pela frequência cardíaca (FC) para termos o débito cardíaco (DC). Para o cálculo do índice cardíaco (IC), teremos que dividir o DC pela área da superfície corporal (ASC)1:

> DC (L/min) = VS (L) x FC (min⁻¹) $IC (L/min/m^2) = DC (L/min)/ASC (m^2)$

Cálculo do Fluxo Pulmonar Sistêmico (QP/QS)

A razão de fluxo pulmonar sistêmico (QP/QS) normalmente está associada a algum shunt intracavitário (comunicação interatrial, comunicação interventricular, defeito do septo atrioventricular)⁵⁻⁷, ajudando na tomada de decisão na indicação cirúrgica. O QP/ QS pode ser calculado pelo volume sistólico pulmonar na via de saída do ventrículo direito (VSVD) dividido pelo volume sistólico da VSVE: QP/QS = VS_{pulmonar}/VS_{sistêmico}. Para evitar medidas erradas, devem-se utilizar os mesmos critérios para o cálculo do DC.

Nas **Figuras 3** e **4**, temos a medida da AS da VSVD no corte transgástrico profundo do ventrículo direito⁴ e o cálculo da IVT no corte transgástrico profundo do VD⁴. Nas Figuras 5 e 6, temos a AS e a IVT da VSVE no corte transgástrico profundo do VE e o cálculo do OP/OS.



Figura 3 - Medida da área seccional da via de saída do ventrículo direito no corte transgástrico profundo

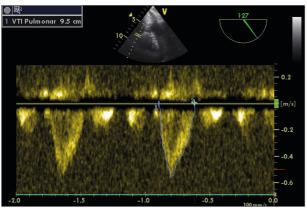


Figura 4 - Avaliação da IVT na via de saída do ventrículo direito no corte transgásrico profundo do VD



Figura 5 - Cálculo da área seccional da via de saída do ventrículo esquerdo no corte transgástrico profundo

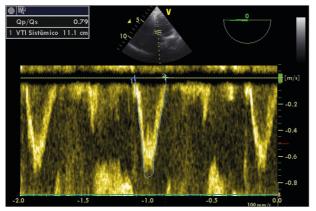


Figura 6 - Cálculo da IVT da via de saída do ventrículo esquerdo no corte transgástrico profundo e do QP/QS

Avaliação Doppler da Regurgitação

Conservação dos fluxos

De forma geral, pode-se usar a técnica de consevação dos fluxos, em que o volume regurgitante (VR) é a quantidade de sangue que volta, através da válvula regurgitante, para a cavidade a cada ciclo cardíaco/volume sistólico (VS) e pode ser expresso pela equação¹: $VS_{sistêmico} = VS_{total} - VR$.

Sendo assim, a regurgitação mitral pode ser medida pela fórmula¹: VR_{mitral} = VSmitral - VS_{VSVE}, e a regurgitação aórtica, VR_{VA} = VS_{VSVE} - VS_{mitral}. Essa técnica de conservação dos fluxos é imprecisa, pois a medida da VS_{mitral} apresenta muitas limitações, principalmente pela medida da AS mitral, sendo muito pouco utilizada na avaliação intraoperatória³.

Método da convergência proximal

Utilizando o princípio da isovelocidade, que é definido como uma superfície plana que apresenta um orifício central (regurgitação mitral, por exemplo) e na qual ocorre uma conversão do fluxo para esse orifício, em forma de conchas concêntricas semiesféricas^{1,3,8}. Os pontos de cada concha apresentam a mesma velocidade, confluindo para o orifício: Proximal Isovelocity Surface Area (PISA)^{1,8}.

De acordo com a teoria da conservação dos fluxos, o fluxo através de cada concha é igual ao fluxo que atravessa o orifício regurgitante. Para manter uma análise adequada do fluxo do PISA, deve-se usar o modo Doppler colorido na velocidade de aliasing, de 40 cm/s. Para o cálculo do fluxo do PISA, utiliza-se a fórmula: fluxo do PISA = $2\P r^2 x$ vel. aliasing (**Figura 7**)^{1,8}.

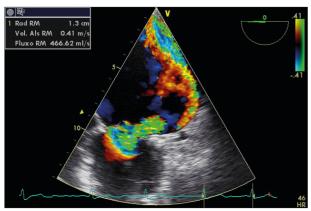


Figura 7 - Cálculo do fluxo do PISA de uma regurgitação mitral. A velocidade de aliasing está em 41 cm/seg

Uma vez que o fluxo do PISA é igual ao fluxo regurgitante que passa pelo orifício regurgitante efetivo (EROA), temos: fluxo do PISA = fluxo regurgitante efetivo, em que o fluxo regurgitante é: EROA (cm²) x velocidade máxima regurgitante (cm/s)^{1,8}.

Sendo assim, para calcularmos o EROA, utilizamos a seguinte fórmula: EROA = fluxo PISA/vel. máxima regurgitante (**Figura 8**)¹. A fórmula geral do cálculo do VS é: VS = AS x IVT; como agora temos o EROA, se multiplicarmos pela IVT do fluxo regurgitante, teremos o volume regurgitante (**Figura 8**)¹.

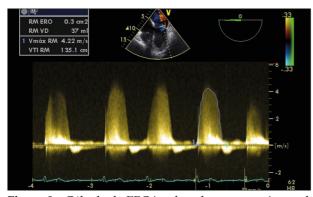


Figura 8 - Cálculo do EROA e do volume regurgitante de uma regurgitação mitral

Medidas Doppler de gradiente de pressão

Por meio do princípio Doppler, é possível calcular o gradiente de pressão através de um orifício utilizando a velocidade do sangue.

Bernoulli descreveu a equação que tem como relação o aumento da velocidade do fluido por um orifício e o gradiente de pressão gerado através desse orifício (estenose aórtica, por exemplo)^{1,3}: $\Delta P = P_2 - P_1 = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2) + \rho (dV/dt) ds + R(v)$, em que ρ = densidade do fluido; V_1 = velocidade máxima proximal ao orifício; V_2 = velocidade máxima distal ao orifício. A primeira parte da equação está relacionada com a convectividade da aceleração; a segunda está relacionada com a aceleração do fluxo; e a terceira parte, com a viscosidade. Do ponto de vista da ecocardiografia clínica, a aceleração do fluxo e a viscosidade podem ser ignoradas e a velocidade V_1 é muito menor que a velocidade V_2 . Sendo assim, a equação de Bernoulli simplificada $e^{1.3}$: $\Delta P = 4 V_2^2$.

Determinação da Área Valvar pelo Doppler

Equação de contiguidade

Ao utilizar o princípio de conservação das massas, o volume sistólico pré-estenose (VS₁) é igual ao volume sistólico pós-estenose (VS₂)¹. Dessa forma, o VS da VSVE será igual ao VS da válvula aórtica (VA). Colocando na fórmula do VS, teremos: VS_{VSVE} = VS_{VA} ; desmembrando a fórmula: $AS_{VSVE} \times IVT_{VSVE} = AS_{VA} \times IVT_{VA}$ (**Figura 9**)¹.

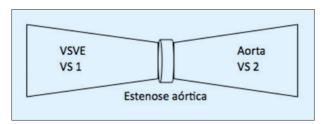


Figura 9 - Equação de contiguidade, em que VS₁ = VS₂

Como o objetivo é o cálculo da área da estenose aórtica, a fórmula seria: AS_{VA =} (AS_{VSVE} $\times IVT_{VSVE}$)/IV T_{VA} , em que AS_{VA} = área da válvula aórtica; AS_{VSVE} = área seccional da VSVE medida no modo 2D no esôfago médio de eixo longo; IVT_{VSVE} = integral velocidade/tempo medida pelo Doppler pulsátil no corte transgástrico profundo e IVT_{VA} = integral velocidade/tempo da válvula aórtica medida pelo Doppler contínua ao corte transgástrico profundo (**Figuras 10, 11** e **12**)¹.



Figura 10 - Cálculo do diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo no corte esôfago médio de eixo longo

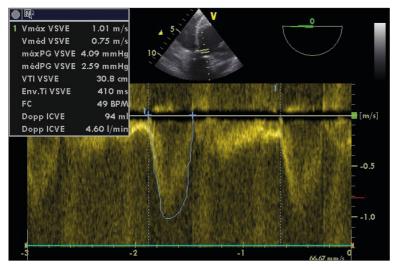


Figura 11 - Cálculo da IVT da via de saída do ventrículo esquerdo no corte transgástrico profundo

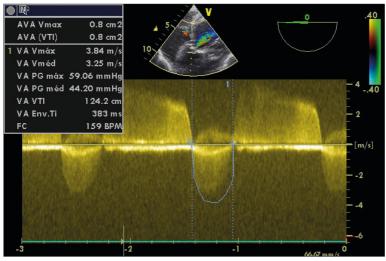


Figura 12 - Cálculo da IVT da válvula aórtica no corte transgástrico profundo. Observa-se a área valvar de 0,8 cm² pela equação de contiguidade

Pressure half-time

O pressure half-time (PHT), ou tempo de meia pressão, é o tempo necessário para que o gradiente máximo de pressão transvalvar diminua 50%3. O PHT é muito utilizado para o cálculo da estenose mitral e é proporcional ao tempo de desaceleração da onda E mitral. Em geral, quanto maior o orifício, mais curto é o PHT, porque a pressão tende a se equalizar mais rapidamente³.

Utilizando a fórmula: área valvar mitral (cm²) = 220/PHT (ms), podemos observar o cálculo do PHT em uma estenose mitral (Figura 13)1.3.

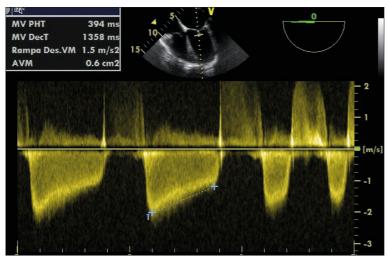


Figura 13 - Cálculo do PHT na estenose mitral

Referências

- 1. Skubas N, Perrino A. Assessment of perioperative hemodynamics. In: Savage RM, Aronson S, Shernan SK (Ed.). Comprehensive textbook of perioperative transesophageal echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011. p. 406-25.
- 2. Poelaert II, Schupfer G. Hemodynamic monitoring utilizing transesophageal echocardiography: the relationships among pressure, flow, and function. Chest, 2005;127:379-90.
- 3. 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.
- 4. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018;68:1-32.
- 5. Burch TM, Mizuguchi KA, DiNardo JA. Echocardiographic assessment of atrial septal defects. Anesth Analg, 2012;115:772-5.
- 6. Ayres NA, Miller-Hance W, Fyfe DA et al. Indications and guidelines for performance of transesophageal echocardiography in the patient with pediatric acquired or congenital heart disease: report from the task force of the Pediatric Council of the American Society of Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2005;18:91-8.
- 7. Salgado-Filho MF, Guimarães MNC, Campos IM et al. Intraoperative transesophageal echocardiography to evaluate pediatric patients undergoing atrial septal defect procedure. J Cardiovasc Dis Diagn, 2015;3:1-3.
- 8. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2003;16:777-802.



Avaliação da Válvula Mitral

Eduardo Souza Leal Botelho

Introdução

Desde a sua introdução na prática clínica, no final da década de 1980, a ecocardiografia transesofágica tem se tornado uma das principais modalidades diagnósticas em cardiologia, se mostrando extremamente eficaz em múltiplos cenários clínicos¹. Por causa da grande proximidade entre o esôfago e o coração (o átrio esquerdo em particular), da ausência de ossos ou tecido pulmonar, é possível obter imagens de alta qualidade com a utilização de transdutores de alta frequência.

Entre as válvulas cardíacas, a válvula mitral é a que tem características anatômicas mais favoráveis ao exame transesofágico, situando-se próxima ao trandutor ("near field"), tendo o átrio esquerdo como "janela acústica" e não possuindo estrutura cardíaca passível de calcificação e/ou geração de sombras acústicas entre o transdutor e sua estrutura (Figura 1).

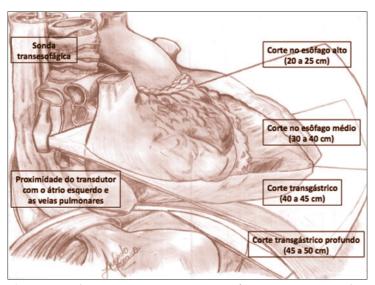


Figura 1 - Relações anatômicas entre o esôfago e o átrio esquerdo

Durante o periodo intraoperatório da cirurgia da válvula mitral, a ecocardiografia transesofágica é ferramenta fundamental, permitindo a identificação da lesão e a descrição detalhada de seu mecanismo e severidade, auxiliando, dessa forma, a tomada de decisão cirúrgica².

Anatomia e Nomenclatura

Quando se estudam a anatomia e a função da válvula mitral, o mais correto é que ela seja encarada como um complexo valvular, composto por diversas estruturas anatômicas distintas que trabalham coordenadamente para seu correto funcionamento.

O complexo valvular mitral, ou aparato valvular mitral, é formado pelo ânulo mitral, pelas cúspides, pela cordoalha tendinosa, pelos músculos papilares e pela musculatura ventricular esquerda.

Ânulo ou anel mitral

O anel mitral é uma estrutura de tecido conjuntivo tridimensionalmente complexa em formato de sela. Ele se relaciona anteriormente com o aparato valvular aórtico, faz a união entre o átrio e o ventrículo esquerdo e recebe, ao longo de seu perímetro, a inserção das cúspides valvares³.

O anel mitral tem dois eixos principais, um anteroposterior (superior e menor) e um eixo comissural (inferior e maior). Tais eixos podem também ser referidos como anteroposterior e anterolateral-posteromedial (Figuras 2 e 3)⁴.

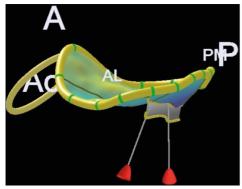


Figura 2 - Diâmetro anteroposterior

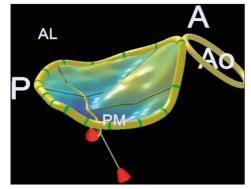


Figura 3 - Diâmetro anterolateral e posteromedial

Sob a ação de contração ventricular, a região posterior do anel mitral sofre uma importante diminuição de sua área, o que causa a redução de sua área total em até 25%. A região anterior do anel mitral dobra-se durante a sístole, diminuindo ainda mais o diâmetro anteroposterior4.

Cúspides

O complexo valvular mitral normal é formado por duas cúspides ou folhetos: o folheto anterior e o folheto posterior. O folheto anterior insere-se no ânulo anterior, em uma região do esqueleto fibroso contígua ao aparato valvar aórtico chamada intervalvular fibrosa. Ele ocupa aproximadamente um terço do perímetro anular e dois terços de sua área. O folheto posterior se insere no ânulo posterior, ocupando dois terços de seu perímetro, que correspondem a apenas um terço da área anular.

Os folhetos encontram-se através de uma linha de coaptação curva ao longo do eixo anterolateral-posteromedial, havendo, em situações normais, aproximadamente 1 cm de sobreposição tecidual^{4,5}.

Os folhetos da válvula mitral foram didaticamente subdivididos em regiões distintas com a finalidade de melhorar a comunicação entre os diversos membros da equipe cirúrgica. Entre os vários esquemas propostos, utilizaremos a nomenclatura de Carpentier, que também é adotada pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) e Sociedade de Anestesiologia Cardiovascular (SCA)^{5,6}.

Segundo a nomenclatura de Carpentier, a válvula mitral é subdividida em oito regiões distintas, de anterior para posterior, por meio de pequenos sulcos ou endentações presentes no folheto posterior. Em geral, o folheto posterior é dividido em três segmentos, recebendo numeração de 1 a 3, sendo P1 o mais anterior e P3 o mais posterior. O folheto anterior, normalmente, não apresenta sulcos anatômicos reais, porém, didaticamente, é subdividido da mesma forma que o posterior - uma região mais anterior, A1, uma média, A2, e uma posterior, A3. Nos extremos anterolaterais e posteromediais definem-se duas regiões chamadas de comissura anterior e comisura posterior (Figura 4).

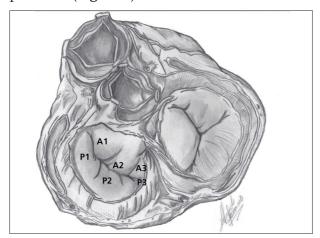


Figura 4 - Nomenclatura de Carpentier: os segmentos com o número 1 são anterolaterais; os com o número 3 são posteromediais e com o número 2 são correspondentes à porção média da válvula. Visualizam-se também as comissuras anterior e posterior

Músculos papilares, cordas tendíneas e ventrículo esquerdo

Os dois músculos papilares, o anterolateral e o posteromedial, dão sustentação às cúspides, localizando-se em paralelo à musculatura ventricular. O músculo anterolateral em geral surge da porção média da parede anterolateral do ventrículo esquerdo, recebendo vascularização de ramos das artérias descendentes anterior e circunflexa. O músculo papilar posterolateral surge da porção média da parede inferior, sendo exclusivamente vascularizado por ramos da coronária direita, tornando-o, dessa forma, mais vulnerável ao insulto isquêmico (**Figura 5**).

As cordas tendíneas conectam ambos os papilares e a musculatura ventricular às cúspides da válvula mitral. O papilar anterolateral os suporta por meio de suas cordas A1/P1 e a porção anterolateral de A2/P2, sendo a porção posteromedial de A2/P2 e A3/P3 suportada pelo papilar posteromedial (Figura 5).

As cordas tendíneas são classicamente divididas em cordas de primeira, segunda e terceira ordem. As cordas de primeira ordem se conectam à ponta dos folhetos, tendo como consequência de sua ruptura e eversão sistólica dos folhetos, ecocardiograficamente conhecida como "flail". As cordas secundárias, ou de terceira ordem, se conectam à base dos folhetos, sendo em geral conhecidas como "cordas estruturais", sendo possível se identificarem de duas a quatro cordas mais espessas do que as demais. As cordas terciárias, ou de terceira ordem, em geral conectam o folheto posterior da válvula mitral às paredes do ventrículo esquerdo, tendo reconhecida importância na manutenção da arquitetura e do desempenho ventricular (**Figura 5**)³⁻⁵.

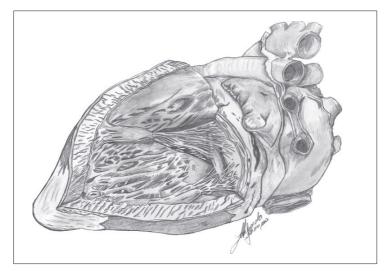


Figura 5 - Aparato subvalvular mitral que evidencia a distribuição das cordoalhas tendíneas em cada folheto

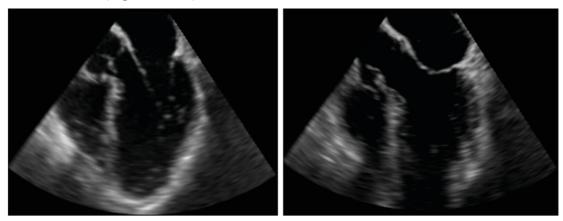
Exame Ecocardiogáfico Intraoperatório da Válvula Mitral

Em 1999 e 2002, uma força-tarefa formada entre a Sociedade Americana de Ecocardiografia e a Sociedade de Anestesiologia Cardiovascular publicou recomendações que visava padronizar o exame ecocardiográfico intraoperatório, bem como os critérios de treinamento e certificação^{7,8}.

Com o objetivo de incluir e padronizar o uso intraoperatório de novas tecnologias surgidas na última década, principalmente a ecocardiografia transesofágica tridimensional em tempo real, além da inclusão de novos planos de imagem, tais guidelines foram revistos e republicados em 20149 e foram adotados pela Sociedade Brasileira de Anestesiologia para fins de ensino e treinamento.

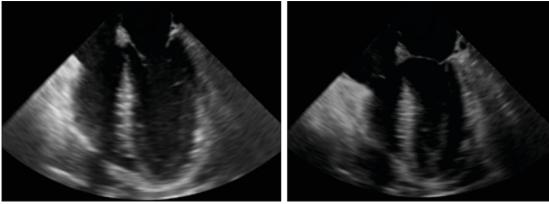
Didaticamente descreveremos a estrutura de avaliação segmentar da válvula mitral por meio da metodologia ASE/SCA, para tentar identificar seus diversos segmentos de importância clínica. Sabe-se que sua acurácia é variável e altamente dependente da experiência do examinador, como já foi demonstrado por Feroze e col.¹⁰, porém, a capacidade de localizar-se espacialmente na anatomia do aparato mitral através do exame bidimensional ainda é treinamento fundamental.

Inserindo o probe a uma profundidade de aproximadamente 30 cm com uma rotação do ângulo multiplano em torno de 10 graus, visualizam-se a válvula aórtica, a via de saída do ventrículo esquerdo, o ventrículo esquerdo (não seu ápice) e os segmentos A1-A2 e P1-P2 (**Figuras 6 e 7**).



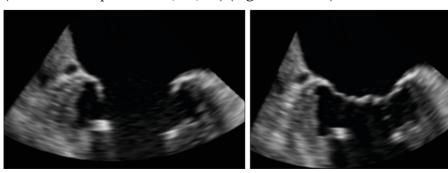
Figuras 6 e 7 - Esôfago médio cinco câmaras

Inserindo o probe a uma profundidade de aproximadamente 35 cm com uma rotação do ângulo multiplano entre 10-20 graus, a válvula mitral pode ser claramente visualizada. Evidenciam-se A3-A2/P2-P1, além das cúspides septal e posterior da válvula tricúspide (Figuras 8 e 9).



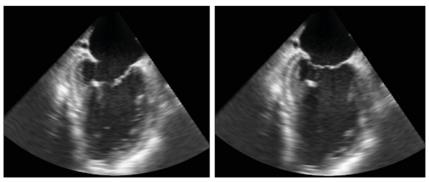
Figuras 8 e 9 - Esôfago médio quatro câmaras

Com o probe na posição de quatro câmaras, avançando o ângulo multiplanar entre 50 e 70 graus, será evidenciado o plano comissural. Serão visualizados, da direita para a esquerda, P1/A2/P3, além dos músculos papilares anterolateral e pasteromedial. Girando-se fisicamente o probe para a direita, o plano de imagem passará por meio de toda a extensão do folheto anterior (comissural direito - A1/A2/A3), bem como por toda a extensão do folheto posterior quando rodado fisicamente para a esquerda (comissural esquerdo – P1/P2/P3) (**Figuras 10 e 11**).



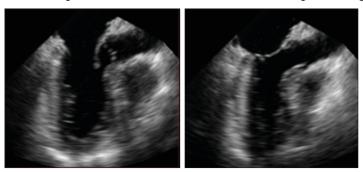
Figuras 10 e 11 - Esôfago médio comissural

Partindo do plano comissural, avançando para o ângulo multiplano entre 80 e 100 graus, o plano de imagem chamado de duas câmaras será gerado. Os segmentos da válvula mitral serão, da direita para a esquerda, A1/A2/A3 e P3 (Figuras 12 e 13).



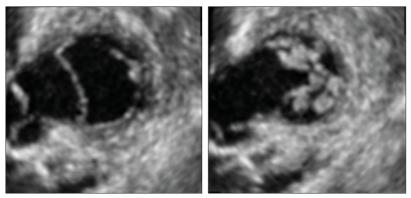
Figuras 12 e 13 - Esôfago médio duas câmaras

Partindo do plano de imagem duas câmaras, avançamos para o ângulo entre 120 e 145 graus, obtendo, assim, o eixo longo do ventrículo esquerdo. A válvula mitral é cortada em seu aspecto médio, evidenciando, da direita para a esquerda, A2/P2 (Figuras 14 e 15).



Figuras 14 e 15 - Esôfago médio eixo longo do ventrículo esquerdo

Avançando o transdutor para o estômago, com o ângulo multiplano entre 0 e 20 graus, obtém-se imagem da válvula mitral com abertura e fechamento em formato de "boca de peixe". O folheto anterior apresenta-se à esquerda; o posterior, à direita; a comissura posterior no "near field", próximo ao transdutor; e a comissura anterior, no "far field", mais distal em relação ao transdutor (Figuras 16 e 17).



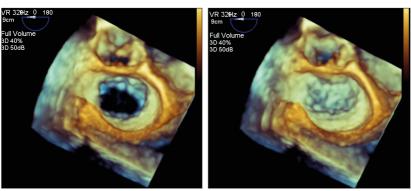
Figuras 16 e 17 - Transgástrico basal eixo curto

Exame tridimensional

A avaliação tridimensional do aparato valvular mitral é útil para definir e localizar a patologia, descrever o mecanismo fisiopatológico e sua severidade, bem como facilitar a comunicação com o cirurgião ou o cardiologista intervencionista se esse for o caso. 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 imagem¹¹.

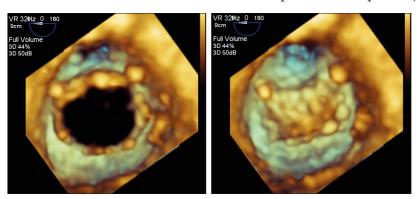
O completo exame 3D será tratado em tópico específico, porém, descreveremos dois planos de imagem mais representativos e úteis no intraoperatório, sendo em tempo real ou em aquisições multibatimento.

Visão do átrio esquerdo, sendo possível identificar toda a segmentação valvar, o que facilita a descrição topográfica da patologia e a comunicação com a equipe cirúrgica. Por definição, a válvula aórtica fica posicionada na posição das 12h na imagem e o apêndice auricular esquerdo, na posição das 9h (Figuras 18 e 19).



Figuras 18 e 19 - Visão do átrio esquerdo ou visão do cirurgião

No aspecto ventricular esquerdo, o plano de imagem novamente deve ser orientado se posicionando a via de saída do ventrículo esquerdo e da válvula aórtica na posição das 12h, ficando o folheto posterior na parte inferior da imagem, o anterior na parte superior, a comissura anterior à direita e a comissura posterior à esquerda (Figuras 20 e 21).



Figuras 20 e 21 - Visão do ventrículo esquerdo

Por meio da aquisição multibatimento, é possível a obtenção de imagens volumétricas do jato regurgitante e sua relação com as estruturas da válvula mitral, sendo possível a avaliação tridimensional de seus diversos componentes, o que permite demarcar sua exata localização e avaliação quantitativa em software específico (Figura 22).

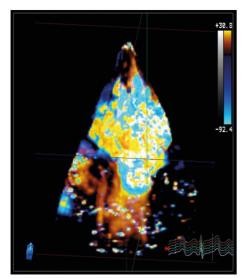
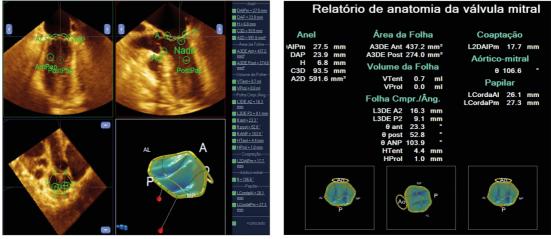


Figura 22 - Doppler colorido (color 3D)

Avaliação quantitativa tridimensional da válvula mitral

Além da capacidade de gerar imagens 3D em tempo real, inúmeros softwares foram desenvolvidos com a capacidade de produzir um modelo de análise quantitativa com base em pontos específicos marcados na imagem 3D do aparato valvar. Entre esses softwares, os mais largamente utilizados e estudados são o Mitral Valve Quantification MVQ (Phillips Healthcare, Inc, Andover, MA) (Figuras 23 e 24) e o 4D MV-Assessment Software (TomTec Imaging Systems GmbH, Munique, Alemanha)12. Apesar de os valores de referência e utilidade clínica estarem ainda em estágio de validação, importante conhecimento vem sendo acumulado a respeito do remodelamento do aparato valvar mitral em diferentes estados fisiopatológicos.



Figuras 23 e 24 - Avaliação 3D quantitativa por meio do software Mitral Valve Quantification MVQ (Phillips Healthcare, Inc, Andover, MA)

Exame Intraoperatório da Válvula Mitral

Os objetivos da avaliação antes da circulação extracorpórea são examinar o mecanismo, localizar a lesão, estimar sua gravidade e identificar as patologias associadas, como hipertensão arterial pulmonar, disfunção ventricular e regurgitação tricuspídea. Deve ser salientado, porém, que a anestesia geral modifica de maneira importante as condições hemodinâmicas, frequentemente diminuindo a gravidade das lesões valvares regurgitantes4.

Avaliação da morfologia anular

Diferentes situações clínicas e patologias alteram as dimensões anulares. O anel mitral, por definição, deve ser medido no esôfago médio, eixo longo ao final da sístole. A medida é realizada da inserção do folheto posterior à base da válvula aórtica. O limite superior da normalidade é de 35 mm, e valores superiores a 40 mm indicam dilatação acentuada^{4,5}. Frequentemente, o diâmetro bicomissural também é medido, porém, seus valores de referência são menos claros na literatura (Figura 2 e 3).

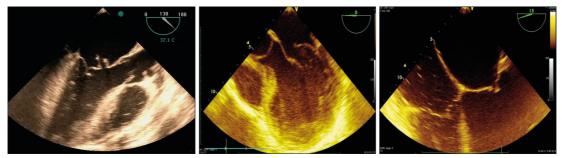
Avaliação das cúspides

As patologias da válvula mitral podem ser catalogadas de acordo com a mobilidade das cúspides¹³, segundo a classificação de Carpentier.

As patologias são classificadas como de tipo I se elas ocorrem em folhetos com mobilidade normal, como a regurgitação mitral por causa da perfuração da cúspide por endocardite "clefts" congênita ou pela dilatação anular isolada em caso de fibrilação atrial. As patologias classificadas como de tipo II são aquelas que cursam com mobilidade excessiva das cúspides, tendo como exemplo o prolapso, ou "flail", causado por deficiência fibroelástica ou doença de Barlow. Patologias são classificadas como de tipo III quando seu mecanismo fisiopatológico causa restrição ao movimento das cúspides. As patologias do tipo III ainda são subdivididas em IIIa, IIIb e IIIc, sendo a IIIa correspondente à restrição causada pelo encurtamento e fusão do aparato subvalvar da cardiopatia reumática e as IIIb e IIIC representando a restrição, ou "thethering", presente na insuficiência mitral funcional, com a IIIb equivalendo-se ao "thethering" simétrico e a IIIc, ao assimétrico (Figuras 25, 26 e 27).

A regurgitação mitral causada por patologias do tipo II em geral produz jatos regurgitantes em direção oposta à lesão, porém, podem ocorrer jatos centrais em caso de envolvimento de ambos os folhetos.

Patologias do tipo III, com restrição do movimento das cúspides, em geral, produzem jatos regurgitantes na mesma direção das cúspides, podendo ser central em caso de envolvimento simétrico.



Figuras 25, 26 e 27 - Classificação de Carpentier: mobilidade normal, excessiva e restrita

Regurgitação Mitral - Avaliação da Gravidade

Existem diversas técnicas tradicionais de quantificação da regurgitação mitral que lançam mão do Doppler colorido, Doppler contínuo, Doppler pulsado e, mais recentemente, da tecnologia 3D.

Com a introdução da ecocardiografia transesofágica 3D em tempo real no intraoperatório, valiosa experiência vem se acumulando, com novos métodos de quantificação, e alguns paradigmas vêm sendo quebrados, principalmente aproximações geométricas utilizadas em diversos cálculos ecocardiográficos. Descreveremos aqui os índices de maior utilidade no período intraoperatório.

Largura da vena contracta

Vena contracta é a porção mais estreita do jato regurgitante avaliada pelo Doppler colorido imediatamente após emergir do orifício regurgitante (Figura 28).

Tal medida é relativamente independente das condições hemodinâmicas e de fatores técnicos relacionados com a instrumentação do equipamento ecocardiográfico ("niquist limit"). Ao exame transesofágico, deve ser medida no esôfago médio eixo longo, com "niquist limit" entre 50-60 cm/seg. Valores ≥ 7 mm configuram regurgitação grave, ≤ 3 mm representam regurgitação leve, valores intermediários são inespecíficos.

A regurgitação mitral funcional é uma situação clínica particular, pois, por causa das características tridimensionais do jato regurgitante, tais parâmetros anteriormente citados subestimam a gravidade da regurgitação, bem como seu significado fisiopatológico.

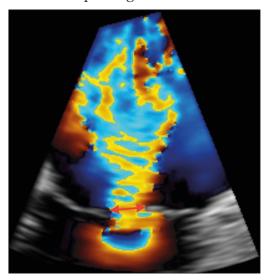


Figura 28 - Vena contracta

Fluxo das veias pulmonares

A interrogação do padrão de fluxo das veias pulmonares fornece uma avaliação semiquantitativa do grau de regurgitação mitral. Em condições normais, o padrão de enchimento do átrio esquerdo por meio das veias pulmonares apresenta três componentes distintos: um componente sistólico, de maior área, um componente diastólico, de menor área, e um componente reverso, que corresponde à contração atrial.

A regurgitação mitral aumenta a pressão atrial esquerda e, progressivamente, atenua o componente sistólico da onda de fluxo até que ele se inverta na regurgitação grave (Figura 29).

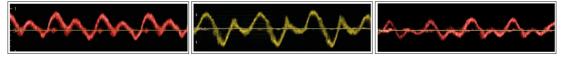


Figura 29 - Fluxo de veias pulmonares - normal, atenuação sistólica e reversão sistólica

Área do orifício regurgitante efetivo (EROA) - convergência de fluxo (PISA)

A área do orifício regurgitante efetivo pode ser calculada usando-se a técnica da convergência de fluxo ou método PISA, que é uma aplicação ecocardiográfica da Lei de Conservação das Massas¹⁴.

À medida que o sangue se aproxima do orifício regurgitante, progressivamente, vai aumentando de velocidade de fluxo, se organizando em hemisférios de velocidades iguais e progressivamente maiores.

Quando a velocidade do sangue em um dos hemisférios ultrapassa o "nyquist limit" ocorrerá o fenômeno conhecido como "aliasing", que nos permite saber exatamente sua velocidade. Admitindo a aproximação geométrica como correta, podemos calcular a área da superfície hemisférica como 2π.r², em que "r" é o raio do hemisfério de isovelocidade formado pelo fenômeno. Multiplicando-se $2\pi r^2$ pela velocidade de "aliasing" temos a taxa de fluxo instantâneo, que deve ser constante ao longo do jato regurgitante em um dado instante^{14,15}.

$$EROA = \frac{2\pi r^2 \quad x \text{ V.alias.}}{V.\text{max.}}$$

Aplicando a Lei de Conservação das Massas, temos: $2\pi . r^2 \times V_{alias} = EROA \times V_{máx'}$ em que $V_{m\acute{a}x}$ é a velocidade máxima do jato regurgitante medido pelo Doppler contínuo (Figuras 30 e 31)4,14,15. Sabendo-se que a velocidade máxima corresponde à região de menor área, ficamos com apenas uma variável na equação, o EROA.

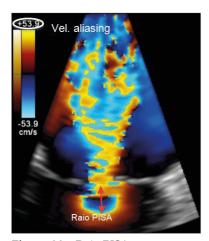


Figura 30 - Raio PISA

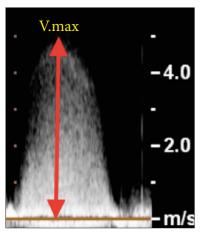


Figura 31 - Velocidade máxima da regurgitação mitral

Importante salientar que a V_{max} do jato regurgitante deve ser transformada em cm/seg, unificando, assim, as unidades da equação descrita acima (x 100) e obtendo um resultado que representa uma medida de área, ou seja, cm².

Volume regurgitante

Após a obtenção da área do orifício regurgitante efetivo, se a multiplicarmos pela integral velocidade X tempo (VTI) do jato regurgitante, obteremos o volume regurgitante daquele batimento (Figura 32).

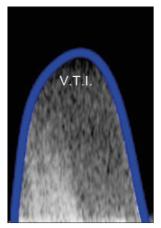


Figura 32 - Integral VxT

Fração regurgitante

Na ausência da regurgitação aórtica, a porcentagem do débito cardíaco que retorna ao átrio esquerdo em cada sístole é chamada de fração regurgitante¹⁴ (**Tabela 1**).

	Leve	Moderada	Grave
Vena contracta (mm)	< 3	3,0-6,9	≥ 7
EROA (cm²)	< 0,20	0,20-0,39	≥ 0,4
Vol. regurgitante (ml)	< 30	30 - 59	≥ 60
Fração regurgitante (%)	< 30	30 - 49	≥ 50

Área da vena contracta

A área da vena contracta é um parâmetro derivado da análise quantitativa da imagem tridimensional do jato regurgitante. Tem a vantagem de não se utilizar de aproximações geométricas ou fórmulas matemáticas, bastando que haja o correto alinhamento entre os planos e a planimetria adequada em software dedicado⁴.

A aquisição das imagens deve ser feita no modo multibatimento, com o setor mais estreito possível para maximizar a taxa de quadros por segundo, e a planimetria deve ser realizada no frame sistólico de maior área visível (**Figura 33**).

Os valores de referência ainda serão definidos adequadamente, porém, Zeng e col.¹⁶ demonstraram que o valor de 0,41 cm² conseguiu identificar a regurgitação mitral grave com alta sensibilidade e especificidade independentemente da etiologia.

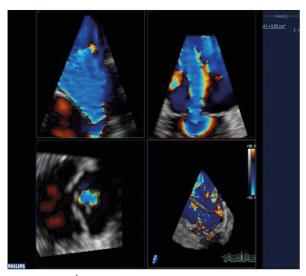


Figura 33 - Área da vena contracta

Movimento Sistólico Anterior (SAM)

O movimento sistólico anterior da válvula mitral tem sido descrito após reparo valvar com uma incidência de até 16% em pacientes com doença mixomatosa¹⁷. Tal movimento consiste no deslocamento sistólico do ponto de coaptação e do tecido subvalvar anteriormente em direção à via de saída do ventrículo esquerdo, causando graus variados de obstrução sistólica (Figura 34).

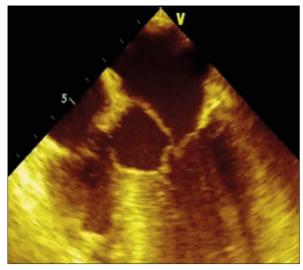


Figura 34 - Movimento sistólico anterior (SAM)

Nem todo movimento sistólico anterior causa obstrução clinicamente relevante, sendo tradicionalmente diagnosticado por meio da demonstração de gradiente na via de saída do ventrículo esquerdo e na insuficiência mitral. Muito frequentemente é possível verificar a presença de tecido mitral cruzando a via de saída do ventrículo esquerdo, no entanto, sem qualquer gradiente, situação esta clarificada por meio da ecocardiografia 3D/4D5. A capacidade de predizer ecocardiograficamente quais pacientes estão sob maior risco para o desenvolvimento de SAM após o reparo mitral é tarefa fundamental do exame intraoperatório, e nas últimas duas décadas alguns critérios foram definidos e validados. Os mais relevantes são citados a seguir¹⁷⁻¹⁹ (Figura 35):

- distância do ponto de coaptação-septo (eixo longo/cinco câmaras) < 2,5 cm;
- comprimento sistólico do folheto posterior (eixo longo/cinco câmaras) > 1,5 cm;
- relação comprimento sistólico anterior/posterior (eixo longo/cinco câmaras) < 1,4 cm;
- cavidade ventricular pequena diâmetro diastólico < 4,5 cm;
- septo interventricular proeminente > 1,5 cm;
- ângulo mitroaórtico (quantificação 3D) > 65 graus e repouso/> 35 graus sob estresse;
- ângulo aortomitral (quantificação 3 D) < 120 graus.

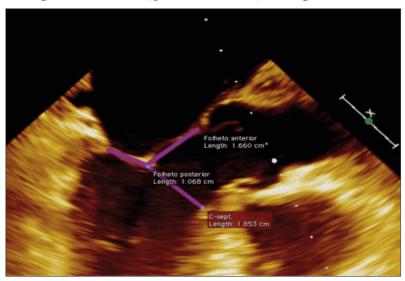


Figura 35 - Medidas C - sept., folheto anterior e posterior

Estenose Mitral

Em adultos, principalmente em países em desenvolvimento, a febre reumática é a causa mais comum de estenose mitral. Outras causas menos comuns são as congênitas ("parachute mitral valve"), as degenerativas (calcificações) e menos frequentemente os tumores como o mixoma atrial esquerdo.

Exame bidimensional

Os achados típicos de estenose mitral envolvem espessamento e fusão comissural e do aparato subvalvar, levando a graus acentuados de imobilidade do folheto posterior e encurtamento das cordas tendíneas¹. O folheto anterior assume um aspecto característico conhecido como formato de taco de Hockey e a abertura da válvula é em forma de domo. Dependendo da cronicidade da doença e sua gravidade, existem variados graus de aumento do átrio esquerdo, bem como remora do sangue que produz contraste ecocardiográfico espontâneo e um risco aumentado de formação de trombos, especialmente em vigência de fibrilação atrial² (**Figura 36**).

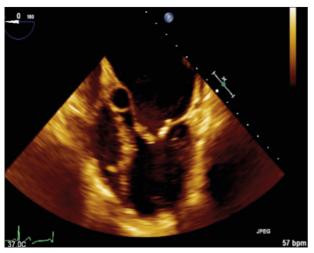


Figura 36 - Aspecto da estenose mitral reumática ao exame 2D. Notam-se importante espessamento de ambas as cúspides, folheto anterior em formato de taco de Hockey e contraste ecocardiográfico espontâneo

Doppler colorido

O Doppler colorido na estenose mitral aplica-se para estimar sua gravidade, por meio do método de convergência de fluxo, ou método PISA (Figura 37), à semelhança do descrito no caso de regurgitação mitral. No caso da estenose mitral, a convergência de fluxo ocorre numa superfície não planar (ângulo de 120 graus), introduzindo a necessidade de um fator de correção à formula, ou seja, a multiplicação de seu resultado por 0,66 (120/180).



Figura 37 - Cálculo da área valvar pela convergência de fluxo (PISA)

Doppler contínuo

Permite-nos aferir as velocidades transvalvares e seus gradientes, além de possibilitar aferir a taxa de decaimento de tais gradientes em função do tempo, nos fornecendo um dos principais parâmetros para a aferição da área valvar em caso de estenose mitral isolada, o "pressure half time", ou PHT (Figura 38).

Além do PHT, a velocidade máxima do fluxo transmitral também é empregada na fórmula da convergência de fluxo.

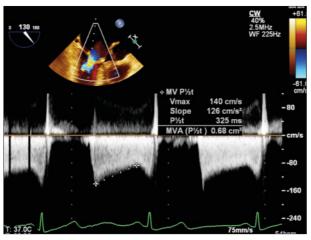
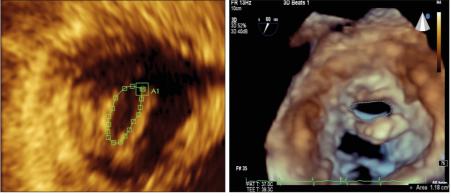


Figura 38 - Cálculo da área valvar mitral pelo método PHT

Tridimensional

Com o advento da ecocardiografia transesofágica 3D em tempo real, a planimetria direta do orifício valvar tornou-se possível e reprodutível, ganhando cada vez mais aceitação clínica¹². Mesmo em situações diferentes da avaliação da válvula nativa (reparo valvar), a planimetria direta do orifício estenótico se mostrou altamente confiável, devendo ser incorporada, em breve, à avaliação ecocardiográfica padrão da estenose mitral (Figuras 39 e 40)^{19,20}.



Figuras 39 e 40 - Planimetria direta do orifício na estenose mitral, à esquerda, através da reconstrução multiplanar, e à direita, realizada diretamente na imagem 3D

Os critérios de avaliação da gravidade da estenose mitral foram descritos e publicados em 2009 pela Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) e pela Associação Europeia de Ecocardiografia (EAE)²¹, sendo descritos na tabela a seguir (**Tabela 2**). Tais valores são validados para pacientes em ritmo sinusal, com frequência cardíaca entre 60-80 bpm.

Tabela 2 - Critérios de gravidade da estenose mitral

	Leve	Moderada	Grave
Área valvar (cm²)	1,5	1,0-1,5	< 1,0
Gradiente médio (mmHg)	< 5	5-10	>
Pressão da artéria pulmonar (mmHg)	< 30	30-50	> 50

Referências

- 1. Armstrong WF, Ryan T. The echocardiographic examination. In: Armstrong WF, Ryan T. Feigenbaum's echocardiography. 7th ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2010. p. 91-121.
- 2. Koch CG. Assessment of the mitral valve. In: Savage R, Aronson S, Shernan SK et al. (Ed.). Comprehensive textbook of perioperative echocardiography. 2nd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2011.
- 3. Dal-Bianco JP, Levine RA. Anatomy of the mitral valve apparatus: role of 2D and 3D echocardiography. Cardiol Clin, 2013;31:151-64.
- 4. 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.
- 5. Maslow A. Mitral valve repair: an echocardiographic review: part 1. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2015;29:156-77.
- 6. Carpentier AF, Lessana A, Relland JYM et al. The "physio-ring": an advanced concept in mitral valve annuloplasty. Ann Thorac Surg. 1995;60:1177-86.
- 7. 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 Cardiovacular Anesthesiologists Task Force for Certification in Perioperative Transsophageal Echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 1999; 12:884-900.
- 8. 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.
- 9. 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. Anesth Analg, 2014;118:21-68.
- 10. 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.
- 11. Vegas A, Meineri M, Jerath A. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: a step-by-step guide. New York: Springer, 2012.
- 12. Andrawes MN, Feinman JW. 3-dimensional echocardiography and its role in preoperative mitral valve evaluation. Cardiol Clin, 2013; 31:271-85.
- 13. Shah PM, Raney AA. Echocardiography in mitral regurgitation with relevance to valve surgery. J Am Soc Echocardiogr, 2011; 24:1086-91.
- 14. Troianos C, Konstadt S. Evaluation of mitral regurgitation. Semin Cardiothorac Vasc Anesth, 2006;10:67-71.
- 15. Shernan SK. Perioperative transesophageal echocardiographic evaluation of the native mitral valve. Crit Care Med, 2007;35:S372-83.
- 16. Zeng X, Levine RA, Hua L et al. Diagnostic value of vena contracta area in the quantification of mitral regurgitation severity by color doppler 3D echocardiography. Circ Cardiovasc Imaging, 2011;4:506-13.
- 17. 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.
- 18. Maslow AD, Singh A. Mitral valve repair: to slide or not to slide precardiopulmonary bypass echocardiogram examination. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2006; 20:842-6.
- 19. Maslow A. Mitral valve repair: An echocardiographic review: Part 2. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2015;29:439-71.
- 20. 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.
- 21. 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.
- 22. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2003;16:777-802.



Avaliação da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo, da Válvula Aórtica e da Aorta

Marcelo Ramalho Fernandes

A válvula aórtica é um componente da raiz aórtica que, por definição, se estende do anel aórtico até a junção sinotubular. Associando-se à avaliação, na via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) teremos o chamado complexo aórtico¹ (Figura 1).



Figura 1 - Anatomia da raiz aórtica

VE = ventrículo esquerdo; VSVE = via de saída do VE; VSVD = via de saída do ventrículo direito.

As patologias podem ocorrer não somente na válvula aórtica, mas também em todos os componentes desse complexo, enfatizando a importância da avaliação minuciosa, hemodinâmica e anatômica dessa região².

Com o advento de novas tecnologias para o tratamento de doenças do complexo aórtico, houve grande avanço no entendimento de sua anatomia, com o ecocardiograma transesofágico bidimensional e tridimensional se destacando na avaliação morfológica detalhada dessas estruturas anatômicas³.

Anatomia

A raiz aórtica é uma continuação da VSVE e está à direita e posterior ao trato de saída do ventrículo direito (VSVD), com sua margem posterior encunhada entre o orifício da válvula mitral e o septo ventricular muscular. Aproximadamente dois terços de sua circunferência basal, na qual se ligam as cúspides da válvula aórtica, estão conectadas ao septo ventricular muscular e o restante, um terço, está em contato com a intervalvular fibrosa mitroaórtica e o folheto anterior da válvula mitral, região denominada ânulo ou anel aórtico (Figura 1)^{3,4}, que tem o formato oval na maioria das pessoas (Figura 2)^{5,6} e que apresenta uma interdependência funcional com o VSVE e a válvula mitral, em que os movimentos sincronizados dos anéis aórtico e mitral são um complexo mecanismo designado para facilitar o enchimento e o esvaziamento do ventrículo esquerdo⁷.



Figura 2 - Anel aórtico

A raiz aórtica se estende da inserção basal das cúspides aórticas à junção sinotubular, passando pelos seios de Valsalva, de onde se originam as artérias coronárias. A válvula aórtica é uma válvula semilunar com três cúspides, identificadas pela presença ou ausência de artérias coronárias, que nasce dos seios de Valsalva correspondentes (coronariano esquerdo, coronariano direito e não coronariano) (Figura 3).

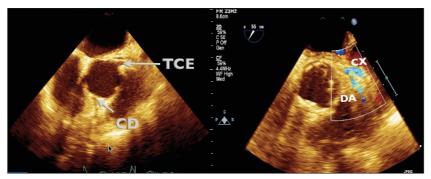


Figura 3 - Visualização dos óstios coronarianos no corte esôfago médio eixo curto da válvula aórtica TCE = tronco da artéria coronária esquerda; CD = óstio da artéria coronária direita; DA = artéria coronária descendente anterior; CX = artéria coronária circunflexa.

Por causa da natureza semilunar da adesão, existem três extensões triangulares, que vão de sua adesão basal, localizada no ventrículo esquerdo, abaixo da junção ventriculoarterial, até a junção sinotubular^{2,4}.

Imagem 2D e Doppler da Válvula Aórtica e da Via de Saída do VE (VSVE)

Sua localização anatômica, próxima ao átrio esquerdo (AE), que está em contato com o esôfago em seu plano médio, possibilita uma imagem anatômica precisa, tanto na visão no eixo curto (Figuras 4 e 5) quanto no eixo longo (Figura 6).



Figura 4 - Corte esôfago médio eixo curto da válvula aórtica NC = não coronariano; CE = coronariano esquerdo;

CD = coronariano direito.



Figura 5 - Corte esôfago médio eixo curto da válvula aórtica

NC = não coronariano; CE = coronariano esquerdo; CD = coronariano direito: V.Ao = válvula aórtica: TCE = tronco da artéria coronária esquerda.

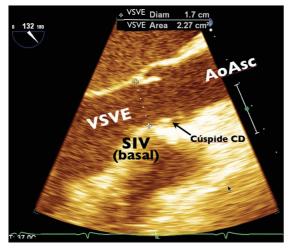


Figura 6 - Esôfago médio eixo longo da válvula aórtica

VSVE = via de saída do ventrículo esquerdo; AoASC = aorta ascendente; SIV = septo interventricular; CD = coronariano direito.

O contato perpendicular dos feixes de ultrassom com essas estruturas próximas ("near field") nos permite utilizar as frequências mais altas disponíveis, com consequente apreciação detalhada da morfologia delas. A utilização do zoom, como recurso para melhorar o detalhamento para medidas de distância e/ou diâmetro, pode aperfeiçoar ainda mais a precisão delas e é recomendada (Figura 6).

A perpendicularidade dos feixes de Doppler com essas estruturas, nos cortes ecocardiográficos no esôfago médio, impossibilita a análise precisa dos fluxos e da velocidade de pico, na VSVE e transaórticos, com o Doppler de fluxo contínuo e fluxo pulsado. Essa limitação é superada pelos cortes transgástrico eixo longo e o transgástrico profundo, em que o alinhamento paralelo com os feixes permite uma avaliação acurada (Figura 6).

Do corte esôfago médio eixo curto da válvula aórtica (Figuras 4 e 5), adquirido com leve angulação de 25-45 graus, podemos avaliar as três cúspides da válvula aórtica, com a cúspide coronariana direita tendo a posição mais anterior, a cúspide não coronariana adjacente ao septo interatrial e a cúspide coronariana esquerda sendo a que resta. Esse corte apresenta ótima resolução espacial e temporal, permitindo detalhamento de forma e função da válvula, importante na avaliação dos mecanismos de disfunção valvular.

A Dopplerfluxometria colorida é aplicada para a avaliação da regurgitação aórtica, estimando o tamanho, o mecanismo e a posição do orifício regurgitante. A retirada ou anteflexão do probe pode evidenciar a imagem dos óstios coronarianos esquerdo e direito, em seus respectivos seios coronarianos, assim como sua introdução ou retroflexão nos fornece uma imagem em eixo curto da VSVE.

O corte **esôfago médio eixo longo** (**Figura 6**) é adquirido após rotação de 90 graus do ângulo multiplano, partindo-se do corte esôfago médio eixo curto. A porção basal do septo interventricular, VSVE, a raiz aórtica (anel aórtico, seios de Valsalva e junção sinotubular) e a aorta ascendente proximal aparecem no lado direito da imagem. Duas cúspides da válvula aórtica são demonstradas, com a coronariana direita sendo sempre aquela presente mais distal ao transdutor, por ser a mais anterior, e a outra cúspide presente nesse corte podendo ser a coronariana esquerda ou a não coronariana, dependendo da localização exata do plano de corte, quando ele passa através da válvula. A presença de calcificação, espessamento, grau de mobilidade e abertura da válvula, assim como sua relação anatômica com as estruturas adjacentes, como óstios coronarianos, septo interventricular etc., deve ser avaliada. A medida do diâmetro do anel aórtico é realizada nesse corte, preferencialmente com a imagem em zoom, como a distância entre a inserção das duas cúspides aórticas na sístole ventricular8, sendo importante nas medidas hemodinâmicas do volume sistólico e do débito cardíaco, assim como na previsão do tamanho das próteses aórticas, percutâneas ou cirúrgicas colocadas nessa região. Além disso, os diâmetros dos outros componentes da raiz aórtica, bem como o da aorta ascendente, devem ser mensurados.

Em casos de estenose aórtica, em que há convergência proximal do fluxo, devemos utilizar o diâmetro da VSVE (localizado aproximadamente 5 mm antes do anel aórtico), com o volume da amostra do Doppler pulsado sendo colocado no mesmo lugar, para o cálculo do volume sistólico^{9,10}.

A perpendicularidade da incidência do feixe de ultrassom no fluxo dessa região, nesse corte, nos impede de determinar medidas precisas de velocidade com o Doppler pulsado e/ou contínuo. Em contrapartida, as medidas de Doppler colorido são úteis e confiáveis, nos fornecendo informações importantes como: regiões de fluxo turbulento com obstrução da VSVE; medida da vena contracta do jato regurgitante; relação entre o diâmetro do jato regurgitante/diâmetro da VSVE.

Os cortes transgástrico eixo longo e transgástrico profundo (Figuras 7 e 8) são imprescindíveis na avaliação, ao permitir o alinhamento preciso dos fluxos na VSVE e válvula aórtica com confiável mensuração de suas velocidades, por meio dos modos de Doppler contínuo e pulsado, importantes na gradação de estenoses valvulares e/ ou subvalvulares, jatos regurgitantes e medida do volume sistólico do VE.



Figura 7 - Corte transgástrico eixo longo



Figura 8 - Corte transgástrico profundo

VE = ventrículo esquerdo; VSVE = via de saída do VE; AE = átrio esquerdo; AoV = válvula aórtica; Ao = aorta.

Nesse corte, as avaliações das estruturas anatômicas perdem resolução espacial por estarem distantes do foco e paralelas ao feixe de ultrassom, enfatizando a ação complementar dos cortes transgástricos com os cortes médios esofágicos na avaliação completa da válvula aórtica e VSVE.

Imagem 2D e Doppler da Raiz Aórtica e Aorta Ascendente

Os cortes necessários para a completa avaliação da raiz aórtica e da aorta ascendente são os seguintes: esôfago médio eixo longo e seu eixo curto, esôfago médio eixo longo aorta ascendente e seu eixo curto. Como mencionado anteriormente, pela incidência perpendicular dos feixes de ultrassom, esses cortes têm resolução espacial ótima, servindo para medidas do diâmetro do anel aórtico (realizado na altura da inserção das cúspides da válvula aórtica, na sístole e em modo zoom), dos seios de Valsalva, da junção sinotubular e da aorta ascendente. Cortes ortogonais simultâneos, que utilizam os transdutores tridimensionais, são úteis pela certeza da correta orientação espacial. Cortes usados para a realização dessas medidas devem ser os que demonstrem o maior diâmetro da raiz aórtica. Quando for medido o diâmetro da aorta é particularmente importante a medida no maior diâmetro perpendicular ao eixo longo do vaso naquele corte¹¹. As mensurações devem ser feitas na imagem bidimensional, por causa do risco de subestimação quando realizadas no modo M, pela movimentação sistólica da base do coração em direção apical (variação média de 2 mm no diâmetro do seio de Valsalva)^{12,13}. O Doppler colorido dessas regiões é importante na identificação de turbulências anormais do fluxo e da caracterização de patologias, como dissecção aórtica, hematomas intramurais e outras síndromes aórticas agudas¹⁴.

Imagem 2D e Doppler da Aorta Torácica

Desde o plano gástrico até o esôfago superior podemos visualizar a aorta ao rodarmos o probe na direção posterior, ajustando a imagem para uma profundidade de 6 cm. Partindo do plano gástrico, podemos retirar a sonda em pequenos incrementos de 3 cm enquanto avaliamos a aorta torácica e seus ramos, como a artéria renal¹⁵ (Figura 9), em toda a sua extensão, parando para melhor análise se houver qualquer lesão aterosclerótica clinicamente significativa.



Figura 9 - Aorta e artéria renal

Do plano gástrico ao esôfago médio, a imagem transversa da aorta é gerada a 0 grau (Figura 10).



Figura 10 - Corte aorta descendente eixo curto

Quando chegamos ao esôfago superior, o arco aórtico aparece em visão longitudinal, por causa de sua posição anatômica nessa altura (Figura 11). Se nesse plano girarmos o ângulo para aproximadamente 90 graus, podemos avaliar a saída da artéria subclávia esquerda (Figura 12), que, com um giro da sonda à esquerda, pode ter parte de sua extensão avaliada (Figura 13). Com um giro anti-horário, podemos avaliar a artéria carótida esquerda (Figura 14).



Figura 11 - Arco aórtico eixo longo



Figura 12 - Arco aórtico eixo curto

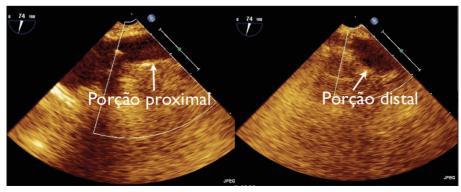


Figura 13 - Arco aórtico eixo curto com visualização das porções proximal e distal da artéria subclávia



Figura 14 - Arco aórtico eixo curto com visualização da artéria subclávia esquerda e artéria carótida esquerda

A visualização da artéria inominada é a mais difícil por se localizar em um ponto cego, em que a traqueia se interpõe¹⁶. A utilização do modo multiplano, disponível nas sondas tridimensionais, nos permite avaliar a aorta torácica nos planos longitudinal e transverso no mesmo momento, otimizando o tempo necessário à avaliação e gerando uma imagem com correta orientação espacial de placas que possam existir e precisem ser avaliadas¹⁷ (**Figura 15**).

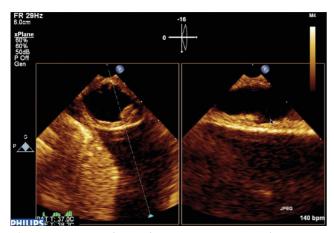


Figura 15 - Aorta descendente eixo curto e eixo longo em que são visualizadas placas de ateroma

O Doppler colorido da aorta torácica é utilizado na avaliação de fluxos anormais, principalmente nas síndromes aórticas agudas. O Doppler pulsado é usado para a identificação do refluxo holodiastólico, que é um importante componente da avaliação qualitativa da insuficiência aórtica¹⁸ (Figura 16). Por conta da relação anatômica variável entre o esôfago e a aorta 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 átrio esquerdo, veia pulmonar, artéria pulmonar e ventrículo esquerdo, torna-se uma ferramenta útil para essa definição de posição².

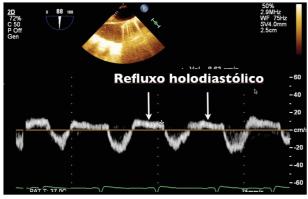


Figura 16 - Doppler pulsátil na aorta descendente

Imagem 3D da Válvula Aórtica e Aorta

A imagem ecocardiográfica tridimensional é adquirida pela captura do volume da imagem anatômica (Figura 17), definido em seu tamanho pelo operador, diferentemente da ecocardiografia bidimensional, adquirida por fatias dessas imagens¹⁹⁻²¹. Esse volume contém uma quantidade maior de informações precisas da região de interesse, permitindo a coleta dessas informações detalhadas, por meio de uma forma de "dissecção eletrônica" do volume adquirido.



Figura 17 - Captura volumétrica tridimensional da válvula aórtica

Esse volume capturado nos permite adquirir fatias de imagens bidimensionais, com orientação espacial adequada à informação que se deseja, por meio de um recurso chamado reconstrução multiplano (Figura 18). No entanto, ao adquirirmos mais informações ultrassonográficas em cada captura, temos uma perda na resolução temporal proporcional ao tamanho de nossa região de interesse. Com isso em mente, devemos estar sempre procurando o equilíbrio entre as resoluções temporal e espacial, pela obtenção da menor quantidade de informações necessárias e/ou adquirindo-as em várias aquisições sincronizadas pelo ECG²².

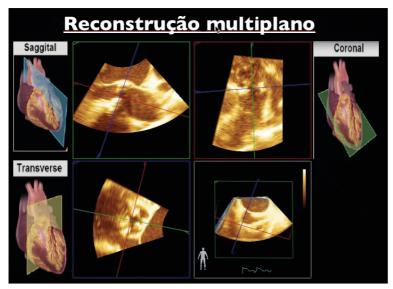


Figura 18 - Reconstrução tridimensional multiplano da válvula aórtica

Além disso, as sondas tridimensionais nos permitem a aquisição de até três imagens bidimensionais simultâneas de diferentes planos de corte, muito úteis na avaliação de VSVE, válvula aórtica e aorta (**Figura 19**).



Figura 19 - Reconstrução tridimensional multiplano da válvula aórtica

A detecção de placas complexas na aorta é de grande importância clínica, em razão da associação entre elas, do risco de embolização²³⁻²⁶ e da mortalidade de pacientes submetidos à cirurgia cardiotorácica²⁷. Como descrito anteriormente, a utilização da imagem biplano da aorta nos permite poupar tempo e ganhar precisão na avaliação de placas ateroscleróticas. Após sua identificação, essas placas devem ser também avaliadas com o modo tridimensional, que acrescenta qualidade e sensibilidade diagnóstica a essa investigação, sendo, por esse motivo, o método de escolha para a avaliação da placa aterosclerótica aórtica²⁸ (**Figura 20**).

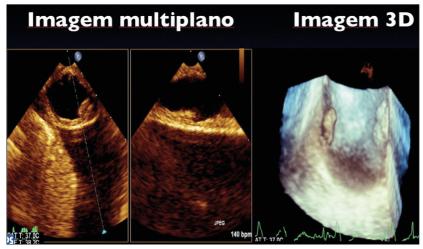


Figura 20 - Aorta descendente eixo curto, eixo longo e corte tridimensional que visualiza placas de ateroma

Todas essas vantagens técnicas são aplicadas para a avaliação detalhada das síndromes aórticas, como a dissecção aórtica, em que o exame tridimensional fornece informações adicionais, particularmente na quantificação do orifício de entrada, além de permitir melhor entendimento da morfologia, quando o flap ocorre em espiral²⁹. O acréscimo de informações na avaliação diagnóstica se repete nos procedimentos terapêuticos, quando se torna uma valiosa ferramenta intraoperatória para otimizar o trabalho do operador, durante e após o posicionamento dos stents de aorta torácica³⁰.

Com a exponencial expansão dos tratamentos percutâneos das patologias da válvula aórtica, houve um grande interesse na definição anatômica precisa do VSVE e da válvula aórtica, através da avaliação do formato e de medidas de diâmetros, áreas e perímetros planimetrados, pois essa definição influenciava o resultado desses procedimentos, inclusive quanto à mortalidade em dois anos^{31,32}, e só podiam ser medidos precisamente com as imagens tridimensionais³³ (Figura 19), já que os cálculos, realizados pelo emprego de fórmulas matemáticas, da ecocardiografia bidimensional se mostraram significativamente imprecisos⁶. A identificação de que a VSVE tem formato elíptico na maioria dos pacientes aumentou a importância da ecocardiografia transesofágica tridimensional, pela incapacidade de a ecocardiografia bidimensional realizar essas importantes medidas com precisão.

A localização distante do foco do transdutor, a curvatura distante, a fina espessura das cúspides da válvula e os artefatos decorrentes da reverberação e da sombra acústica das calcificações existentes são alguns dos desafios para a aquisição da imagem ecocardiográfica tridimensional da raiz aórtica²⁰.

O Doppler colorido tridimensional também deve ser usado para a avaliação de fluxos normais e suas anormalidades, permitindo cortes bidimensionais com orientação espacial perfeita e análise ímpar de todos os aspectos do fluxo anormal, como por exemplo a medida da área da vena contracta, importante na quantificação desses fluxos, sem a necessidade da aplicação de fórmulas geométricas imprecisas para a situação.

Referências

- 1. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018; 68:1-32.
- 2. 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.
- 3. Piazza N, de Jaegere P, Schults 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.
- 4. Anderson RH. Clinical anatomy of the aortic root. Heart, 2000; 84:670-3.
- 5. 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.
- 6. 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.
- 7. Lansac E, Lim KH, Shomura Y et al. Dynamic balance of the aortomitral junction. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002; 123:911-8.
- 8. 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.
- 9. 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.
- 10. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ ASE recommendations for clinical practice. Eur J Echocardiogr, 2009; 10:1-25.
- 11. 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.
- 12. 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.
- 13. 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.
- 14. Baliga RR, Nienaber CA, Bossone E et al. The role of imaging in aortic dissection and related syndromes. JACC Cardiovasc Imaging, 2014; 7:406-24.
- 15. 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.
- 16. St John Sutton MG, Maniel AR. Diseases of the thoracic aorta. In: Atlas of multiplane transesophageal echocardiography. New York: Martin Dunitz, 2003. p. 333-468.
- 17. 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.

- 18. von Homeyer P, Oxorn DC. Aortic regurgitation: echocardiographic diagnosis. Anesth Analg, 2016; 122:37-42.
- 19. 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.
- 20. 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.
- 21. Fischer GW, Salgo IS, Adams DH. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography: the matrix revolution. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2008; 22:904-12.
- 22. 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.
- 23. Kronzon I, Tunick PA. Aortic atherosclerotic disease and stroke. Circulation, 2006; 114:63-75.
- 24. Guidoux C, Mazighi M, Lavallée P et al. Aortic arch atheroma in transient ischemic attack patients. Atherosclerosis, 2013; 231:124-8.
- 25. Tunick PA, Perez JL, Kronzon I. Protruding atheromas in the thoracic aorta and systemic embolization. Ann Intern Med, 1991; 115:423-7.
- 26. Harloff A, Simon J, Brendecke S et al. Complex plaques in the proximal descending aorta: an underestimated embolic source of stroke. Stroke, 2010; 41:1145-50.
- 27. 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.
- 28. Weissler-Snir A, Greenberger G, Shapira Y et al. Transesophageal echocardiography of aortic atherosclerosis: the additive value of three-dimensional over two-dimensional imaging. Eur Heart J Cardiovasc Imaging, 2015; 16:389-94.
- 29. Evangelista A, Aguilar R, Cuellar H et al. Usefulness of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the assessment of chronic aortic dissection. Eur J Echocardiogr, 2011; 12:272-7.
- 30. 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 (Hagerstown), 2012; 13:143-7.
- 31. Zahn R, Geerckens 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.
- 32. 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.
- 33. Otani K, Takeuchi M, Kaku K et al. Assessment of the aortic root using real-time 3D transesophageal echocardiography. Circ J, 2010; 74:2649-57.





Avaliação das Válvulas Tricúspide e Pulmonar

Mauricio Daher Andrade Gomes

Apesar de não receberem a mesma atenção que suas correspondentes esquerdas, a contribuição das doenças das válvulas direitas para a morbidade e mortalidade perioperatórias vem sendo crescentemente reconhecida. Por outro lado, a análise dos fluxos transvalvares tricúspide e pulmonar fornece informações hemodinâmicas importantes como a gravidade de shunts intracardíacos e o diagnóstico de hipertensão da circulação pulmonar. Consequentemente, a avaliação das válvulas do coração direito constitui parte essencial de um exame ecocardiográfico perioperatório.

Válvula Tricúspide

Anatomia

O aparato da válvula atrioventricular direita normal é constituído de: folhetos valvares, cordoalhas tendíneas, músculos papilares, anel valvar e miocárdio do ventrículo direito. Os três folhetos - septal, anterior e posterior - possuem tamanhos diferentes, sendo o folheto anterior o maior deles. O folheto septal apresenta-se fixo ao esqueleto fibroso cardíaco, portanto, dilatações do anel valvar ocorrem em direção oposta a essa fixação. Por meio de cordoalhas tendíneas, os folhetos valvares se conectam a três músculos papilares correspondentes, entretanto, variações anatômicas dessas estruturas são frequentemente observadas. Em comparação com o anel mitral, o anel tricúspide possui maior área e apresenta-se mais apical. Próximo à porção septal do anel estão localizados o nó atrioventricular e o feixe de His (Figura 1).

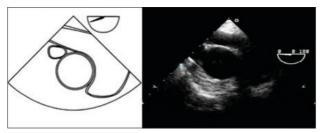


Figura 1 - Cúspides da valva tricúspide (a: anterior; s: septal; p: posterior) e relações anatômicas com as demais valvas cardíacas

Avaliação ecocardiográfica

Em comparação com a válvula mitral, a visualização da tricúspide pelo ecocardiograma transesofágico é dificultada por sua posição mais anterior, uma angulação desfavorável em relação ao transdutor e por possuir folhetos mais finos. A avaliação completa da tricúspide requer uma abordagem dinâmica, em que todos os movimentos da sonda, assim como mudanças no ângulo do transdutor, são necessários.

O corte esôfago médio quatro câmaras normalmente apresenta o folheto anterior adjacente à parede livre do ventrículo direito e o folheto septal adjacente ao septo interventricular. O avanço da sonda, apresentando estruturas inferiores (p. ex.: seio coronário), faz com que o folheto adjacente à parede livre se torne o posterior. O corte esôfago médio quatro câmaras é o recomendado para a medida do anel tricúspide¹. Assim, movimentos de avanço e retração são usados para visualização do maior diâmetro, que deve ser medido ao final da diástole (**Figura 2**).

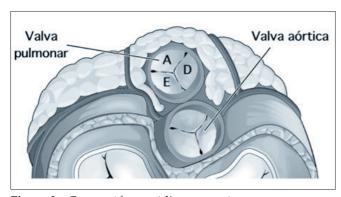


Figura 2 - Corte esôfago médio quatro câmaras

O corte esôfago médio via de entrada e saída do ventrículo direito apresenta o folheto posterior na posição oposta à válvula aórtica, enquanto que o folheto mais próximo a esta válvula pode ser o septal ou o anterior (Figura 3).

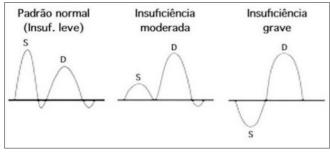


Figura 3 - Corte esôfago médio pela entrada e saída do ventrículo direito

A partir do corte esôfago médio bicaval, um aumento da angulação do transdutor para 100 a 120 graus produz um corte bicaval modificado que apresenta bom alinhamento entre o feixe de ultrassom e o fluxo transvalvar tricúspide. Por essa razão, este é o corte recomendado para medidas de fluxo pelos modos Doppler (**Figura 4**).

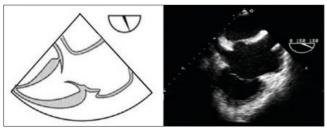


Figura 4 - Corte esôfago médio bicaval modificado

O corte transgátrico basal com a sonda girada para a direita permite a visualização da válvula tricúspide em seu eixo curto, e todos os folhetos valvares são apresentados. A avaliação através deste corte, entretanto, é geralmente desafiadora em função da fina espessura dos folhetos. Os cortes transgástrico via de entrada do ventrículo direito e transgástrico via de entrada e saída do ventrículo direito são opções adicionais para análise, em que o folheto posterior geralmente aparece como o mais próximo do transdutor.

Avaliação funcional da válvula tricúspide

Insuficiência tricúspide

A insuficiência tricúspide é a alteração mais comumente observada das válvulas direitas. Sua presença em grau leve pode ser considerada uma variação da normalidade, com prevalência de 65% a 75% na população geral².

Em relação à etiologia, a insuficiência tricúspide é classificada como primária quando uma doença que acomete diretamente dos folhetos valvares está presente. A insuficiência tricúspide é dita funcional quando a disfunção valvar ocorre de forma secundária a outros processos como dilatação de câmaras direitas, comprometimento do aparato subvalvar, dilatação do anel valvar ou uma combinação destes problemas¹. A etiologia funcional é predominante, sendo responsável por aproximadamente 75% dos casos de insuficiência tricúspide².

A avaliação ecocardiográfica da insuficiência tricúspide tem como objetivos definir a gravidade da regurgitação, identificar alterações associadas e propor mecanismos etiológicos.

Avaliação 2D

Inicialmente, a anatomia e a função da válvula tricúspide são avaliadas pelo modo 2D. Utilizando os cortes ecocardiográficos descritos anteriormente, os folhetos devem ser estudados quanto à presença de espessamentos, retrações, massas, prolapsos e outras alterações da motilidade. O anel valvar deve ser medido ao final da diástole no corte esôfago médio quatro câmaras, e valores acima de 40 mm ou 21 mm/m² indicam dilatação significativa¹. A presença de cateteres ou eletrodos também deve ser verificada, um vez que estes dispositivos podem contribuir para a disfunção valvar.

Adicionalmente, a presença de insuficiência tricúspide de gravidade maior do que leve requer a avaliação do tamanho do átrio direito, da função e dimensões do ventrículo direito e que a pressão sistólica da artéria pulmonar seja estimada.

Doppler colorido

O modo de avaliação de fluxo em cores é fundamental para o estudo da insuficiência tricúspide e permite a visualização da direção e do tamanho do jato regurgitante, além de demonstrar a presença de múltiplos jatos e da convergência de fluxo. Este modo possibilita uma boa estimativa visual do volume regurgitante, entretanto, ajustes de ganho, escala, limite Nyquist e variações no estado hemodinâmico podem fazer com que a gravidade da insuficiência seja sub ou superestimada. Em consequência, avaliações quantitativas são importantes para que o grau de disfunção seja corretamente precisado. Os métodos quantitativos que utilizam o modo de fluxo em cores são a área do jato, o método PISA e a vena contracta, esse último o de escolha por ser menos influenciado por ajustes do aparelho e variações hemodinâmicas (Tabela 1).

-			
Parâmetros	Leve	Moderado	Grave
Densidade do jato	Discreta	Intermediária	Intensa
Vena contracta - cm	< 0,3	0,3 - 0,69	≥ 0,7
Fluxo de veias hepáticas	Onda S dominante	Achatamento da onda S	Inversão de onda S
Área regurgitante efetiva (EROA) – cm ²	< 0,2	0,2 - 0,39	≥ 0,4
Volume regurgitante (PISA) – mL	< 30	30 - 44	≥ 45

Tabela 1 - Métodos para quantificação da insuficiência tricúspide¹

Doppler pulsado e contínuo

De maneira similar à avaliação da insuficiência mitral, os principais métodos utilizando o Doppler espectral para quantificar a insuficiência tricúspide são a análise da intensidade do sinal e forma da curva do jato regurgitante. A presença de insuficiência grave é evidenciada por uma curva de fluxo com elevada densidade. A presença de um formato triangular da curva do jato (curva em "V"), caracterizada por um pico precoce e decaimento rápido, também denota elevada gravidade da disfunção.

A avaliação do fluxo das veias hepáticas, de forma similar às veias pulmonares no caso de insuficiência mitral, também fornece informações sobre a gravidade da insuficiência tricúspide. À medida que a disfunção evolui, observamos um progressivo rebaixamento da curva "S", que em estágios avançados torna-se invertida (Figura 5).

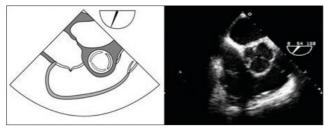


Figura 5 - Padrões de fluxo nas veias hepáticas dependendo da gravidade da insuficiência tricúspide.

Estimativa da pressão da artéria pulmonar

A presença de um jato de regurgitação tricúspide possibilita a estimativa da pressão sistólica da artéria pulmonar, desde que não exista obstrução do fluxo sanguíneo entre o ventrículo direito e a artéria pulmonar. A técnica consiste na soma do gradiente de pico do jato de regurgitação e o valor da pressão venosa central (medida diretamente ou estimada pela avaliação da veia cava inferior). O valor do gradiente é obtido ao aplicarmos a equação de Bernoulli modificada à velocidade máxima do jato de regurgitação tricúspide.

Estenose tricúspide

O achado de estenose tricúspide é bastante incomum, uma vez que a área do anel dessa válvula é a maior dentre as válvulas cardíacas. As principais causas deste tipo de disfunção valvar são: cardiopatia reumática (mais comum), cardiopatia carcinoide e anormalidades congênitas. A presença de massas no átrio direito (p. ex.: tumores, trombos ou vegetações) podem causar obstrução do fluxo através da tricúspide, resultando em uma estenose funcional desta válvula.

Avaliação 2D

A presença dos seguintes achados deve ser pesquisada: folhetos espessados com diminuição da mobilidade; abertura valvar em domo; dilatação atrial direita e presença de contraste espontâneo.

Doppler colorido

O posicionamento da caixa do Doppler colorido sobre a abertura de uma válvula tricúspide estenosada demonstrará a formação da convergência de fluxo na superfície atrial da válvula e turbilhonamento do fluxo que entra no ventrículo.

Doppler pulsado e contínuo

A análise espectral do fluxo transvalvar (modo Doppler contínuo) é o método de escolha para quantificação da estenose tricúspide³. Para obtenção do melhor ângulo de alinhamento, os cortes quatro câmaras ou o bicaval modificado são utilizados. Á medida que a estenose valvar progride, o gradiente de pressão atrioventricular, a velocidade do fluxo transvalvar e o tempo de enchimento ventricular aumentam. Essas alterações se traduzem em um aumento da integral velocidade-tempo (Tabela 2).

Tabela 2 – Critérios para estenose tricúspide significante³

Gradiente médio de pressão (mmHg)	> 5
Integral velocidade-tempo (cm)	> 60
PHT* (ms)	≥ 190
Área valvar - equação de continuidade (cm²)	≤1
Dilatação do átrio direito	≥ moderada

^{**}Pressure half-time (PHT) – decaimento de meia pressão.

Válvula Pulmonar

Anatomia

A válvula pulmonar é uma estrutura anterior no tórax e encontra-se em um plano oblíquo em relação ao plano da válvula aórtica. Trata-se de uma valva semilunar constituída de três cúspides denominadas por suas posições relativas à válvula aórtica (esquerda, direita e anterior). Diferentemente da válvula aórtica, não existe continuidade entre a válvula pulmonar e o esqueleto fibroso cardíaco ou a valva atrioventricular direita (Figura 6).

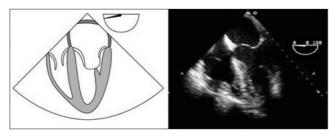


Figura 6 - Cúspides da valva pulmonar (a: anterior; e: esquerda; d: direita) e relacão anatômica com a valva aórtica

Avaliação ecocardiográfica

Pelo fato de suas cúspides serem finas e pouco ecogênicas e por se apresentarem afastadas do transdutor transesofágico, a avaliação da válvula pulmonar pelo ecocardiograma transesofágico é geralmente difícil⁴.

As dimensões da via de saída do ventrículo direito, da válvula pulmonar e da artéria pulmonar são mais bem avaliadas pelo corte esôfago médio via de entrada e saída do ventrículo direito, em que o feixe de ultrassom encontra-se perpendicular a essas estruturas. Neste corte, a cúspide anterior é aquela mais afastada do transdutor, enquanto a mais próxima à válvula aórtica pode corresponder à cúspide direita ou esquerda. Nos casos em que as imagens do corte esôfago médio da via de entrada e saída do ventrículo direito são de baixa qualidade, o corte transgástrico da via de entrada e saída do ventrículo direito, do esôfago alto do arco aórtico em eixo curto e esôfago médio da aorta ascendente em eixo curto poderão ser utilizados para complementar as informações sobre a estrutura, as dimensões e a função da valva e artéria pulmonares. O corte esôfago médio da aorta ascendente em eixo curto pode inclusive revelar a presença de trombos ao longo da artéria pulmonar ou de seus ramos principais⁴ (**Figura 7**).

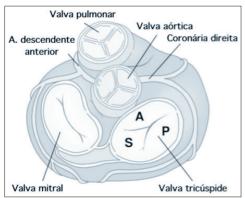


Figura 7 - Corte esôfago médio da aorta ascendente em

A presença de regurgitação ou aceleração de fluxo podem ser avaliadas pelo modo Doppler colorido no corte esôfago médio da via de entrada e saída do VD. Para avaliação do fluxo transpulmonar (modos Doppler pulsado e contínuo), um bom alinhamento do feixe de ultrassom pode ser obtido no corte esôfago médio da aorta ascendente em eixo curto e alternativamente nos cortes esôfago alto do arco aórtico em eixo curto, transgástrico da via de entrada e saída do VD e transgástrico basal do ventrículo direito.

Avaliação Funcional da Válvula Pulmonar

Insuficiência pulmonar

Assim como a válvula tricúspide, a presença de insuficiência pulmonar leve é um achado comum, ocorrendo em até 75% dos casos¹. A principal etiologia de insuficiência pulmonar significante é congênita, porém a hipertensão da circulação pulmonar, a endocardite e as cardiopatias reumática e carcinoide podem levar ao desenvolvimento da disfunção.

Em comparação com as outras valvas cardíacas, os critérios de avaliação da insuficiência pulmonar são pouco definidos em função da dificuldade de visualização da válvula pulmonar e pela baixa incidência de insuficiência significativa em adultos. Os critérios utilizados são semelhantes aos empregados para avaliação da válvula aórtica (**Tabela 3**).

Tabela 3 – Métodos para quantificação da insuficiência pulmonar¹

Parâmetros	Leve	Moderado	Grave
Densidade do jato	Discreta	Intensa	Intensa (rápida desaceleração)
Relação do diâmetro do jato e via de saída do ventrículo direito			> 0,7
Fluxo retrógrado na artéria pulmonar			Proeminente
Tamanho do ventrículo direito	Normal	Normal ou dilatado	Dilatado

Estenose pulmonar

A causa mais frequente de estenose pulmonar é congênita, em que a obstrução do fluxo pode ocorrer em nível subvalvar, valvar ou supravalvar. As causas adquiridas incluem a cardiopatia reumática, cardiopatia carcinoide e endocardite. A gravidade da obstrução é avaliada pelo modo Doppler contínuo pelo gradiente transvalvar médio. Entretanto, nem sempre é possível um bom alinhamento do feixe de ultrassom e o fluxo transpulmonar (**Tabela 4**).

Tabela 4 - Métodos para quantificação da estenose pulmonar³

Parâmetros	Leve	Moderado	Grave
Velocidade máxima (m/s)	< 3	3 - 4	> 4
Gradiente máximo (mmHg)	< 36	36 - 64	> 64

Referências

- 1. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American Society of Echocardiography developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. J Am Soc Echocardiogr, 2017;30:303-71.
- 2. Luxford J, Bassin L, D'Ambra M. Echocardiography of the tricuspid valve: acknowledgements. Ann Cardiothorac Surg, 2017;6:223-39.
- 3. 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.
- 4. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018;68:1-32.



Massas Cardíacas e Fontes Embólicas

Chiara Scaglioni Tessmer Gatto

O exame ecotransesofágico (ETE) é uma ferramenta extremamente útil para a avaliação intraoperatória de massas cardíacas e fontes embólicas. Pela alta resolução de imagem e pela proximidade do transdutor das estruturas posteriores, o ETE é capaz de identificar e avaliar até mesmo pequenas massas, principalmente no átrio esquerdo (AE) e no apêndice atrial esquerdo (AAE), com sensibilidade de 81% a 98% e especificidade entre 98% e 100%. Já o ecotranstorácico (ETT), modalidade mais comumente solicitada no pré-operatório, tem a sensibilidade de detecção de trombos no AE entre 33% e 60%, além disso, a sensibilidade de detectar trombos no AAE é ainda menor².

Na avaliação das massas cardíacas é essencial identificar as estruturas cardíacas normais e suas variantes e reconhecer os artefatos que podem ser confundidos com trombos (Tabela 1). No AD, a rede de Chiari, a válvula de Eustáquio, o músculo pectíneo e a crista terminalis podem ser confundidos com trombo (Figura 1). No AE, a prega cumarínica, entre a veia pulmonar esquerda superior e o AAE, também pode ser confundida com trombo³ (Figura 2).

Tabela 1 – Variantes normais da anatomia e artefatos não relacionados com eventos embólicos e diferentes de massas cardíacas¹⁴

Local no coração	Estruturas
Átrio direito	Rede de Chiari; valva de Eustáquio; crista terminalis; eletrodos de MP; hipertrofia lipomatosa do SIA; músculo pectíneo; tecido adiposo
Átrio esquerdo	Hipertrofia lipomatosa SIA; fossa oval; seio transverso; anel mitral calcificado; seio coronariano; prega cumarínica; linhas de sutura pós-TX; músculo pectíneo
Ventrículo esquerdo	Trabeculações; falsos tendões; músculos papilares
Ventrículo direito	Cateteres; eletrodos de MP; trabeculações; banda moderadora

MP = marca-passo; SAI = septo interatrial; TX = transplante.



Figura 1 - ETE intraoperatório: corte bicaval. Estruturas cardíacas normais que podem ser confundidas com trombos ou massas. As setas em vermelho demonstram a rede de Chiari; as setas pontilhadas em amarelo apontam para a válvula de Eustáquio, entre a VCI e AD, e a crista terminalis, entre a VCS e AD (AD = átrio direito; AE = átrio esquerdo; VCI = veia cava inferior; VCS = veia cava superior). Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

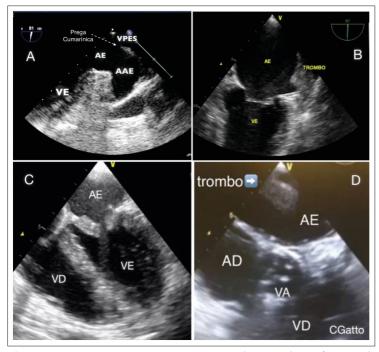


Figura 2 - ETE intraoperatório. A = o ETE de corte do esôfago médio AAE demonstra estruturas normais do AE; note a prega cumarínica entre a VPES e o AAE; B = o ETE demonstra AE aumentado de tamanho com contraste espontâneo e a presença de trombo em AAE; C = ETE de corte do esôfago médio quatro câmaras, que demonstram a presença de contraste espontâneo no AE e estenose mitral; D = ETE de corte do esôfago médio e valva aórtica de eixo curto com presença de trombo no teto do AE (AAE = apêndice atrial esquerdo; AD = átrio direito; AE = átrio esquerdo; VCI = veia cava inferior; VCS = veia cava superior; VA = valva aórtica; VE = ventrículo esquerdo; VPES = veia pulmonar esquerda superior). Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

Massas Cardíacas

Toda tumoração cardíaca pode ser definida como uma massa que é uma estrutura anormal localizada interna ou imediatamente adjacente ao coração. As massas cardíacas podem ser classificadas como tumores, trombos e vegetações.

A diferenciação das massas cardíacas é fundamental, pois tem grande impacto na decisão terapêutica clínica (anticoagulação ou trombólise), cirúrgica (remoção completa do tumor) ou conservadora (tumores inoperáveis)4.

Os tumores cardíacos são raros, com incidência entre 0,01% e 0,3% das neoplasias⁵. Entre os tumores primários cardíacos, 75% são benignos e 25% são malignos (Tabela 2). O mixoma é o mais comum dos tumores benignos (Figura 3).

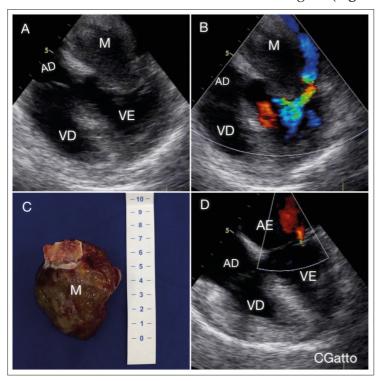


Figura 3 - ETE intraoperatório. A = pré-CEC: ETE de corte do esôfago médio de quatro câmaras (EM4CH) - presença de mixoma que ocupa praticamente todo o AE; B = pré-CEC: ETE EM4CH com Doppler - aceleração do fluxo sanguíneo no orifício da valva mitral pela obstrução mecânica do mixoma durante a diástole ventricular; C = peça cirúrgica do mixoma retirado; D = pós-CEC: ETE EM4CH - insuficiência mitral mínima sem outras alterações após a retirada do tumor (AD = atrio direito; AE = atrio esquerdo; M = mixoma; VD = ventrículo direito; VE = ventrículo esquerdo). Fonte:acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

Os pacientes com tumor cardíaco podem ser assintomáticos ou apresentar dispneia, edema agudo de pulmão, sinais de insuficiência cardíaca (ICC), instabilidade hemodinâmica e embolia. As lesões intracavitárias podem interferir no funcionamento das valvas cardíacas por obstrução ou compressão mecânica⁵ (Figura 3). Pacientes também podem apresentar derrame pericárdico e/ou tamponamento cardíaco, arritmias (compressão de vias de condução) e alteração da contratilidade segmentar do ventrículo (compressão de coronárias ou infiltração miocárdica)⁵.

Para o diagnóstico diferencial entre as massas cardíacas deve-se avaliar sua localização (endocárdio, intracavitário, miocárdio, epicárdio ou pericárdio) e a principal câmara cardíaca envolvida. Em geral, os tumores benignos ocupam o coração esquerdo e os malignos, o direito. Depois, devem-se avaliar as características demográficas, ecocardiográficas, outros exames de imagem, a presença de metástase e apresentação clínica para a realização do diagnóstico diferencial entre as massas⁶ (**Tabela 2**).

Tabela 2 - Características ecocardiográficas dos principais tumores cardíacos^{3,4,6}

Tipo de massa	Epidemiologia	Aparência	Tamanho e localização	Outros achados do eco
		Tumores benig	gnos	
Mixoma	O tumor benigno mais comum em adultos	Grande; superfície lisa; móvel e pediculado	AE e AD; em geral, conectado à fossa oval, à esquerda	Pode causar obstrução do fluxo sanguíneo transmitral
Fibroelastoma papilar	O 3° tumor benigno mais comum em adultos	Pediculado; móvel; múltiplas projeções fibrilares	Pequeno (< 1 cm); conectado a estruturas valvares/ cordoalhas; nas valvas AV é projetado para a face atrial	Ausência de insuficiência valvar significativa; mobilidade independente das estruturas valvares
Rabdomioma	O tumor cardíaco mais comum em crianças e lactentes	Firme; branco; bem circunscrito; protruso para a cavidade	VE e VD; geralmente intramural (pode causar arritmia e obstrução da VSVE)	Massa hiperecoica intramural que pode deformar a cavidade
Fibroma	O 2º tumor benigno mais comum em crianças	Grande (2-10 cm de diâmetro); único	Miocárdio ventricular	Massa intramiocárdica única; ecogenicidade heterogênea e hipocinesia do miocárdio acometido
Lipoma	O 2° tumor benigno mais comum em adultos	Pendiculado; superfície lisa	Miocárdio ventricular e menos comum no atrial	Deve ser diferenciado da hipertrofia lipomatosa do SIA
		Tumores Mali	gnos	
Sarcoma	Raro	Grande; invade a cavidade e as estruturas adjacentes	Miocárdio ventricular	Realce após contraste ecocardiográfico pela intensa vascularização
Tumores metastáticos	30 a 100 vezes mais frequentes que os primários		Pericárdio (câncer; mama e pulmões); coração (melanoma, linfoma); VCI (renal, hepatoma)	Derrame pericárdico; a massa invade o pericárdio e as estruturas adjacentes; invasão através da VCI

AD = átrio direito; AE = átrio esquerdo; AAE = apêndice atrial esquerdo; SAI = septo interatrial; VCI = veia cava inferior; VE = ventrículo esquerdo; VSVE = via de saída do ventrículo esquerdo.

As duas massas mais comuns no AE são o trombo e o mixoma, que podem ser confundidas. A localização típica do trombo no AE é no AAE. O trombo está associado a outras patologias cardíacas, como fibrilação atrial (FA), dilatação atrial, estenose da valva mitral, disfunção ventricular ou aneurismas⁷. Já os pacientes com mixoma em geral não têm doenças cardíacas associadas. A apresentação clínica clássica do mixoma inclui sintomas cardíacos obstrutivos, eventos embólicos e sintomas constitucionais. Os mixomas são massas esféricas, conectados ao septo interatrial (em 75% dos casos), mais precisamente à fossa oval³. Localizado atrás, mas separado do folheto anterior da valva mitral, prolapsa para dentro do ventrículo durante a diástole ventricular⁶. O trombo tem aspecto laminado, com borda irregular ou lobulada, com microcavitação e ausência de pedículo⁸.

O diagnóstico diferencial das massas associadas às valvas cardíacas inclui o fibroelastoma papilar (tumor mais comumente associado às valvas), vegetação, trombo, excrescência de Lambl gigante, fibroma e mixoma. O mixoma pode ser diferenciado do fibroelastoma pela sua localização. Mixomas prolapsam através das valvas, mas geralmente não estão conectados a elas. Os fibromas são massas ovoides altamente reflexivas que geralmente acometem crianças ou adultos jovens e envolvem o ventrículo esquerdo (VE), o ventrículo direito (VD) e o septo interventricularº. Vegetações e trombos podem ser diferenciados pela apresentação clínica, hemocultura e exames laboratoriais. Já a diferenciação do fibroelastoma com a excrescência de Lambl pode ser um desafio. Em 90% dos casos as excrescências de Lambl são múltiplas, pequenas e espalhadas por uma área maior que o fibroelastoma. As excrescências tendem a envolver a face atrial das valvas atrioventriculares (AV), geralmente envolvem a linha de coaptação e, nas valvas semilunares, não envolvem a face arterial. Ocorre o oposto nos fibroelastomas¹⁰. Este é geralmente único, localizado na porção média da válvula, longe do ponto de coaptação e maior que as excrescências¹⁰ (Tabela 2).

O ETE ajuda a diferenciar o lipoma, que é um tumor verdadeiro, da hipertrofia lipomatosa do septo interatrial (SIA). O lipoma é uma massa ecogênica, não móvel, encapsulada, de superfície lisa, com ecogenicidade aumentada e em geral assintomática. Sua localização mais frequente é no VE e no átrio direito (AD).

Por outro lado, a hipertrofia lipomatosa do SIA é um acúmulo não neoplásico de células adiposas, não encapsuladas e que poupam a área da fossa oval com formato de haltere³. Ela está associada com idade avançada, obesidade e sexo masculino e é controverso se pode gerar arritmias supraventriculares.

Os tumores malignos, como os sarcomas, são causa rara de massas cardíacas e geralmente se originam do miocárdio ventricular. Esses tumores podem atingir grandes tamanhos e invadir a cavidade e as estruturas adjacentes, protruir componentes móveis e estar associados a trombos. O contraste ecocardiográfico pode distinguir os tumores malignos pelo realce da imagem por sua intensa vascularização³.

Para avaliação intraoperatória com o ETE do paciente com uma massa cardíaca confirmada ou suspeita deve-se, primeiro, realizar todo o exame ETE abrangente pré-circulação extracorpórea (CEC)¹¹. Depois disso, deve-se concentrar nas características da massa, incluindo câmara/valva de origem; alteração do funcionamento de valvas e câmaras; presença ou ausência de pedículo; presença ou ausência de calcificações; tamanho; formato; mobilidade; extensão e conexão com outras estruturas (p. ex.: miocárdio) e presença ou ausência de derrames.

Depois de realizada a ressecção da massa, o exame pós-CEC, além do exame ETE abrangente, deve descrever a extensão e o grau de ressecção e avaliar a presença de novos defeitos, como de comunicação interatrial (CIA) ou interventricular que necessitará de fechamento e avaliação do funcionamento valvar, da contratilidade regional/global e de complicações como hematomas atriais ou miocárdicos.

Fontes Embólicas

Pacientes que recebem anestesia ou que estão em estado crítico têm maior risco de eventos cardioembólicos, como o acidente vascular cerebral (AVC), que, apesar de incomum na prática clínica, está associado com importante aumento da morbimortalidade intraoperatória¹. A embolia está associada com lesões intracardíacas, anormalidades cardíacas e doença vascular. A ateromatose aórtica é uma importante fonte embólica intraoperatória e será abordada no capítulo sobre a aorta. A Tabela 3 resume as principais fontes embólicas cardíacas e associa seu potencial de risco de embolia.

Tabela 3 – Classificação das fontes embólicas conforme o risco de embolia²⁰

R	isco embólico potencialmente alto
Trombo intracardíaco	Arritmias atriais (FA, flutter atrial); insuficiência coronariana (IAM recente, IAM prévio, aneurisma VE);
	cardiomiopatias não isquêmicas; próteses valvares e dispositivos intracardíacos
Vegetações intracardíacas	Endocardite de valva nativa; endocardite de prótese valvar; endocardite não valvar (p. ex.: patch CIV)
Tumores intracardíacos	Mixoma; fibroelastoma papilar; outros
Ateroma aórtico	Tromboembolismo; embolia de cristal de colesterol
Ri	sco embólico potencialmente baixo
Percursores potenciais de trombo intracardíaco	Contraste espontâneo; aneurisma de VE sem coágulo; prolapso de valva mitral
Calcificações intracardíacas	Calcificação do anel mitral; calcificação na estenose aórtica
Anormalidades valvulares	Fibrina; excrescências gigantes de Lambl
Defeitos septais	FOP; CIA; aneurisma de SIA

CIA = comunicação interatrial; FA = fibrilação atrial; FOP = forame oval patente; IAM = infarto agudo do miocárdio; VE = ventrículo esquerdo; SAI = septo interatrial.

O ETE é a ferramenta de escolha para avaliação intraoperatória de fontes embólicas pela sua superioridade técnica em relação ao ETT e também pela possibilidade de ser utilizado durante uma cirurgia cardíaca em que não se tem acesso ao tórax. Por limitações técnicas, o ETE tem menor sensibilidade para avaliação e detecção de massa localizada no ápice do VE, na aorta ascendente distal e no arco proximal¹. Alguns pacientes têm contraindicações à passagem da sonda esofágica, como a cirurgia esofágica prévia¹¹. Nesses casos, o ecoepicárdico está indicado. A Tabela 4 resume as principais características ecocardiográficas das fontes cardioembólicas.

Tabela 4 – Fontes embólicas intracardíacas e ETE¹

Fontes cardio- embólicas	Fatores de risco	Achados ETE associados	Marcador de risco embólico	Diagnóstico diferencial	Utilidade do ETE
		Tro	mbos		
Trombo AE	Aumento do tamanho AAP e/ ou AE; estenose mitral; prótese mitral; FA; aneurisma septo atrial	Contraste espontâneo; velocidade do fluxo sanguíneo no AAE ≤ 20 cm/s; redução; contração AAE	Trombo móvel	Músculo pectíneo; tumores; vegetação	Confirmar trombo; indicar cardioversão; otimizar AC; guiar VMB; OPTAAE; confirmar a completa exclusão do AAE após procedimento cirúrgico ou percutâneo
Trombo VE	Disfunção e/ou dilatação VE; IAM; aneurisma apical	Baixa FE%; acinesia apical	Trombo móvel e/ou protruso	Trabéculas proeminentes; tumores; hipertrofia apical de VE	Avaliar trombectomia; auxiliar a colocação e retirada de dispositivos de assistência mecânica de VE
Trombo VD	Aneurisma apical; ventrículo não compactado; cateteres; eletrodos MP; prótese tricúspide; CAVD	Embolia pulmonar; embolia paradoxal se FOP ou CIA presente	Não laminar; móvel; alongado	Rede de Chiari; vegetação	Detectar embolia pulmonar e embolia paradoxal; guiar a colocação e retirada de cateter central
Vegetação	Doenças valvares; usuários de drogas; corpo estranho; prótese valvar; eletrodos de MP	Abscesso perivalvar; fístula; aneurisma; perfuração; ruptura de cordoalha; deiscência	Grande > 10 mm; móvel	Nódulos de Arantius; endocardite não bacteriana; tumor	Guiar plastia; avaliar ausência de insuficiência perivalvar após troca valvar; realizar monitorização hemodinâmica e avaliar função da valva
		Tun	nores		
Mixoma	História familiar	Conectado ao SIA	Móvel	Trombo vascularizado	Confirmar localização, ligação com outras
	História prévia	Massa heterogênea	Viloso; não encapsulado; múltiplo	Trombo no SIA; hipertrofia lipomatosa do SIA; tumor secundário	estruturas (p. ex.: SIA), extensão e migração; guiar abordagem cirúrgica, manipulação e canulação para a CEC;
Fibroelastoma	Cirurgia prévia	Conectado ao endotélio valvar	Móvel	Trombo; vegetação;	avaliar função valvar; avaliar adequada retirada do tumor;
	Trauma valvular	Massa heterogênea		tumor secundário	excluir complicações (p. ex.: CIA pós-excisão)
Embolia aérea	Cirurgia cardíaca (coração aberto); neurocirurgia; cirurgia ortopédica	Imagem de partículas hiperecoicas; microbolhas; opacificação; cavidade	Posição sentada; desaeração incompleta; cirurgia cardíaca	Trombo- embolismo	Auxiliar a desaeração cardíaca antes da abertura da pinça da aorta em cirurgias cardíacas de coração aberto

AAE = apêndice atrial esquerdo; AC = anticoagulação; AE = átrio esquerdo; CAVD = cardiomiopatia arritmogênica de ventrículo direito; CEC = circulação extracorpórea; CIA = comunicação interatrial; ETE = ecotransesofágico; FE% = fração de ejeção; FOP = forame oval patente; VD = ventrículo direito; VE = ventrículo esquerdo; MP = marca-passo; OTAAE = oclusão percutânea transcateter da valva mitral; SAI = septo interatrial; VVM = valvuloplastia mitral por balão.

Trombo no AE e no AAE é uma fonte comum de embolia sistêmica, principalmente nos pacientes com fibrilação atrial. O trombo de AE em geral é uma extensão do trombo do AAE (**Figura 2**). É importante associar imagens ortogonais do AAE para diferenciar o músculo pectíneo de um possível trombo. A estagnação e as baixas velocidades do fluxo sanguíneo, causadas por patologias como estenose mitral, produzem uma imagem ecocardiográfica chamada de "contraste espontâneo" e é um fator de risco para a formação de trombos (Figura 2C). Além do exame detalhado do AE e AAE no exame bidimensional, deve-se associar a avaliação da velocidade do fluxo sanguíneo através do Doppler pulsátil. Velocidades menores que 40 cm/s e, principalmente, menores que 20 cm/s estão associadas com maior risco de eventos tromboembólicos³. Velocidade sanguínea no AAE maior que 55 cm/s praticamente descarta a possibilidade de trombo pelo seu valor preditivo negativo de 100%.

O trombo de ventrículo esquerdo geralmente é encontrado em pacientes com alteração importante da função ventricular (Figura 4). O trombo geralmente está em continuidade com áreas não contráteis. Pacientes com infarto anterior e alteração importante da contratilidade regional têm uma incidência de trombo em VE de 25%12. O trombo de VE pode ser laminar ou protruso, com superfície irregular ou lisa. Trombos recentes ou em atividade podem parecer mais brilhantes¹. Trombos subagudos, protrusos, brilhantes e móveis têm alto risco de embolia comparado com os trombos sésseis, laminados e organizados¹³. A otimização da imagem do VE no ETE é fundamental para a avaliação do trombo. Para a visualização das imagens no esôfago médio, o probe deve estar retrofletido para evitar o encurtamento do VE. A janela transgástrica profunda pode melhorar a resolução da imagem pela maior proximidade da sonda do ápice do VE. Para distinguir trombo de artefato, a imagem da massa tem que ser adquirida em pelo menos duas janelas diferentes, durante o ciclo cardíaco. Trombos laminados podem ser de difícil visualização. O delineamento da borda miocárdica pode ser melhorado com o uso de transdutores de maior frequência (> 5 MHz) e de contraste ecocardiográfico¹.

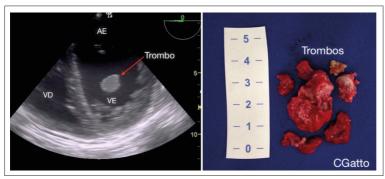


Figura 4 - ETE intraoperatório. A = pré-CEC: ETE de corte do esôfago médio de quatro câmaras (EM4CH) - presença de massa hipoecoica móvel (possível trombo) dentro da cavidade do VE; B = peça cirúrgica após a retirada da massa; o exame anatomopatológico confirmou a hipótese de trombo de VE (AE = átrio esquerdo; VD = ventrículo direito; VE = ventrículo esquerdo). Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

A presença de trombos no coração direito geralmente é causada por embolia venosa periférica. Também é fator de risco a presença de corpo estranho (Figura 5), como cateter vascular, eletrodo de marca-passo e prótese valvar tricúspide. Diferente do VE, a disfunção ventricular direita é uma causa incomum de formação de trombos.

O ETE intraoperatório é útil para a monitorização hemodinâmica e avaliação cirúrgica durante a embolectomia pulmonar. Na retirada de cateteres vasculares de longa permanência o ETE pode detectar a presença de trombos e também guiar o procedimento. O ETE guia o melhor local para a inserção de cateteres centrais e a canulação da CEC1.

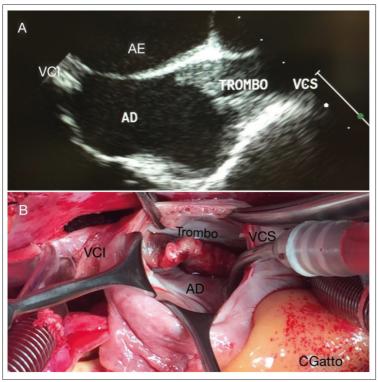


Figura 5 - ETE intraoperatório. A = pré-CEC: ETE de corte do esôfago médio bicaval - trombo organizado na região da VCS e AD relacionado com a presença de cateter de longa permanência; B = imagem do intraoperatório que demonstra a retirada do trombo (AD = átrio direito; AE = átrio esquerdo; VCI = veia cava inferior; VCS = veia cava superior). Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

O forame oval patente (FOP) está associado com o aumento do risco de embolia paradoxal. Geralmente, o FOP permanece fechado pela pressão positiva esquerda--direita que mantém as duas membranas juntas (o septo secundum do lado do AD e o septo primum do lado do AE). Entretanto, se houver aumento da pressão atrial direita o FOP poderá ser aberto, como ocorre na manobra de Valsalva, em casos de hipertensão pulmonar (aguda ou crônica)14, na embolia aérea durante neurocirurgias em posição sentada, na embolia gordurosa, como nas cirurgias ortopédicas, e na tromboembolia, entre outras situações¹. Além da avaliação bidimensional e com o Doppler colorido, o diagnóstico do FOP pode ser realizado pela injeção de solução salina agitada. Após a injeção venosa de solução salina agitada e opacificação do AD, a presença do FOP é visualizada pela passagem das microbolhas para o AE durante os primeiro três ciclos cardíacos¹.

O FOP também pode causar hipoxemia inexplicada intraoperatória. A avaliação do ETE é extremamente importante, principalmente antes do implante de assistências ventriculares esquerdas para a avaliação da presença de FOP, entre outras alterações. Porque a assistência ventricular esquerda pode causar pressão negativa nas cavidades esquerdas, na presença do FOP, pode ocorrer hipoxemia pela aspiração de sangue venoso das câmaras direitas.

O ETE guia o fechamento do FOP através de dispositivos percutâneos (Amplatzer®) realizados pela medicina intervencionista. O ETE certifica o correto fechamento do FOP pelo dispositivo e descarta complicações como deformação da raiz aórtica ou obstrução do retorno venoso para o AD15.

Durante uma cirurgia cardíaca, o exame ETE abrangente pré-CEC deve contemplar a avaliação das possíveis fontes embólicas, como a presença de trombo intracavitário, anormalidades cardíacas e ateromatose aórtica, principalmente nos pacientes de risco. Durante a inserção e retirada de assistências ventriculares, além da avaliação da função ventricular, um exame completo para a detecção de possíveis trombos é imprescindível para se evitarem embolias graves¹.

O exame ETE na saída de CEC deve auxiliar na retirada do ar preso nas câmaras cardíacas e nas veias pulmonares para evitar a embolia aérea após a abertura da pinça da aorta. A embolia aérea coronariana pode causar injúria miocárdica, com elevação do segmento ST, distúrbios de condução e alteração da contratilidade regional e global¹⁶. A embolia aérea cerebral pode contribuir para a disfunção cognitiva pós-operatória e redução de aprendizado, memória, atenção e concentração¹⁷.

Vegetações, em qualquer valva cardíaca, também são fontes cardioembólicas. Os eventos embólicos são uma das complicações mais graves da endocardite bacteriana¹⁴. A sensibilidade do ETE para a identificação de vegetações cardíacas é de 87%-100%, comparado com o ETT, que é de 30%-63%¹⁸. O ETE é um importante determinante dos critérios de Duke para o diagnóstico da endocardite bacteriana. Um exame ETE normal tem alto valor preditivo negativo para descartar a hipótese diagnóstica de endocardite¹. O diagnóstico de endocardite de próteses valvares pode ser mais difícil pela sombra acústica e reverberação da prótese.

As vegetações têm ecogenicidade menor que as valvas cardíacas normais, apresentam também movimento independente das outras estruturas e geralmente estão localizadas abaixo da origem do jato regurgitante (Figura 6). Mobilidade, tamanho e localização da vegetação são preditores importantes de embolismo. Vegetações móveis, maiores que 10 mm, e posição mitral têm alta incidência de embolia¹⁹.

O exame ETE pré-CEC deve avaliar o comprometimento hemodinâmico do paciente, que, na maioria das vezes, está crítico e em choque séptico e/ou cardiogênico. Deve também guiar a reposição volêmica, a administração de drogas vasoativas e o manejo anestésico. O exame deve incluir o estudo compreensivo, identificando o sítio da endocardite, o comprometimento do funcionamento valvar e da função ventricular e complicações da endocardite, como abscesso perivalvar; aneurisma; pseudo-aneurisma; fístula; ruptura de cordoalha; perfuração de cúspide; deiscência de prótese; disjunção atrioventricular e comprometimento das outras valvas¹.

O exame do ETE pós-CEC deve monitorizar a função hemodinâmica e avaliar o resultado cirúrgico. Deve-se certificar o funcionamento adequado da valva que estava comprometida e das outras estruturas, por meio do exame ETE abrangente¹¹.

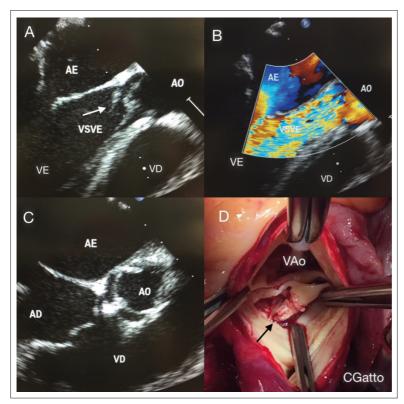


Figura 6 - ETE intraoperatório: endocardite de valva aórtica bivalvulada com IAO. A = pré-CEC: ETE de corte do esôfago médio de eixo longo (EM LAX); a seta aponta para vegetações presentes na valva aórtica; B = pré-CEC: ETE em LAX IAo importante; C = pré-CEC: ETE corte do esôfago médio valva aórtica de eixo curto - valva aórtica bivalvulada com fusão da cúspide não coronariana e coronariana direita e espessamento no local da fusão; D = imagem do intraoperatório; a seta aponta para vegetação nas cúspides fusionadas

(AD = átrio direito; AE = átrio esquerdo; AO = aorta; IAO = insuficiência de valva aórtica; VAo = valva aórtica; VD = ventrículo direito; VE = ventrículo esquerdo). Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto)

Referências

- 1. Tan CN, Fraser AG. Transesophageal echocardiography and cardiovascular sources of embolism: implications for perioperative management. Anesthesiology, 2007; 107:333-46.
- 2. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018; 68:1-32.
- 3. Jadbabaie F. Cardiac masses and embolic sources. In: Perrino AC, Reeves ST (Ed.). A practical approach to transesophageal echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams Wilkins, 2013. p. 424-34.
- 4. Uenishi EK, Caldas MA. Tumores cardíacos. In: Mathias Jr W, Tsutsui JM (Ed.). Ecocardiografia. Barueri: Manole, 2012. p. 749-60.
- 5. Kamiya H, Yasuda T, Nagamine H et al. Surgical treatment of primary cardiac tumors: 28 years' experience in Kanazawa University Hospital. Jpn Circ J, 2001; 65:315-9.
- 6. Sheinberg R, Mitter N. SCA PBLD 2 cardiac tumors. Case presentation. Johns Hopkins Hospital, 2012.
- 7. Blanchard DG, De Maria AN. Cardiac and extra-cardiac masses: echocardiographic evaluation. In: Skorton DJ. (Ed.). Marcus cardiac imaging: a companion to Braunwald's heart disease. 2nd ed. Philadelphia: Saunders, 1996. p. 452-80.

- 8. Reeder GS, Khandheria BK, Seward JB et al. Transesophageal echocardiography and cardiac masses. Mayo Clin Proc, 1991; 66:1101-9.
- 9. Hicks KA, Kovach JA, Frishberg DP et al. Echocardiographic evaluation of papillary fibroelastoma: a case report and review of the literature. J Am Soc Echocardiogr, 1996; 9:353-60.
- 10. Hort W, Horstkotte D. Fibrolelastoma and Lambl's excrescences: localization, morphology and pathogenesis, differential diagnosis and infection. J Heart Valve Dis, 2006; 15:591-3.
- 11. 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.
- 12. Miyake Y, Sugioka K, Bussey CD et al. Left ventricular mobile thrombus associated with ventricular assist device: diagnosis by transesophageal echocardiography. Circ J, 2004; 68:383-4.
- 13. Barkhausen J, Hunold P, Eggebrecht H et al. Detection and characterization of intracardiac thrombi on MR imaging. AJR Am J Roentgenol, 2002; 179:1539-44.
- 14. Pepi M, Evangelista A, Nihoyannopoulos P et al. Recommendations for echocardiography use in the diagnosis and management of cardiac sources of embolism: European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC). Eur J Echocardiogr, 2010; 11:461-76.
- 15. Wang JK, Tsai SK, Wu MH et al. Short and intermediate-term results of transcatheter closure of atrial septal defect with the Amplatzer Septal Occluder. Am Heart J, 2004; 148:511-7.
- 16. Orihashi K, Matsuura Y, Sueda T et al. Pooled air in open heart operations examined by transesophageal echocardiography. Ann Thorac Surg, 1996; 61:1377-80.
- 17. Borger MA, Peniston CM, Weisel RD et al. Neuropsychologic impairment after coronary bypass surgery: effect of gaseous microemboli during perfusionist interventions. J Thorac Cardiovasc Surg, 2001; 121:743-9.
- 18. Roe MT, Abramson MA, Li J et al. Clinical information determines the impact of transesophageal echocardiography on the diagnosis of infective endocarditis by the duke criteria. Am Heart J, 2000; 139:945-51.
- 19. Di Salvo G, Habib G, Pergola V et al. Echocardiography predicts embolic events in infective endocarditis. J Am Coll Cardiol, 2001; 37:1069-76.
- 20. Saric M, Armour AC, Arnaout MS et al. Guidelines for the use of echocardiography in the evaluation of a cardiac source of embolism. J Am Soc Echocardiogr, 2016; 29:1-42.



Utilização do Ecocardiograma Transesofágico em Cirurgias Não Cardíacas

Marcello Fonseca Salgado-Filho

A Sociedade Brasileira de Anestesiologia, em uma força-tarefa com o Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia, publicou o Consenso Brasileiro de Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatório¹, que define seus critérios de utilização. Para os pacientes que apresentam instabilidade hemodinâmica no período intraoperatório, a utilização do ETE é considerada nível de evidência 1¹⁻³. Além disso, os pacientes que forem submetidos a cirurgias não cardíacas de grande porte e que apresentarem importante comprometimento cardiovascular devem ser monitorados com ETE no período intraoperatório (nível de evidência 2A)1-3.

A ecocardiografia intraoperatória pode ser utilizada como ferramenta não invasiva de avaliação da função cardíaca direita e esquerda, do débito cardíaco, do status volêmico e do fluido de responsividade^{2,4}. Os monitores tradicionais de avaliação hemodinâmica, como o cateter de artéria pulmonar (CAP)⁵, não demonstraram melhora no desfecho clínico dos pacientes que foram monitorados pelo CAP^{3,6}. Além disso, o CAP apresenta riscos importantes aos pacientes, como ruptura cardíaca, embolia e arritmias⁶, e, de mais a mais, não avalia a função diastólica do paciente, o que é um importante dado prognóstico de morbidade e mortalidade pós-operatória³.

Na **Tabela 1**, podemos observar alguns cenários de cirurgia não cardíaca e a utilização do ETE como monitor hemodinâmico.

Tabela 1 - Cenários de cirurgia não cardíaca e a utilização do ecocardiograma transesofágico como monitor hemodinâmico

Cenários perioperatórios	Monitorização pelo ETE	
Hipotensão refratária	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC	
Insuficiência cardíaca	Índice de colapso de VCI Relação E/e Relação E/A TAPSE Avaliação segmentar e global do VE	
Sépsis	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC	
Insuficiência respiratória aguda Embolia pulmonar	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC S' VD TAPSE PSAP	
Tamponamento cardíaco	Líquido pericárdico versus pleural Colapso diastólico do VD Índice de colapso da VCI	
Trauma	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Líquido pericárdico versus pleural	
Cirurgia da aorta torácica e/ou abdominal	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC	
Transplante hepático	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC E/e' S' VD TAPSE Embolia de VD	
Transplante renal	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC E/e' S' VD TAPSE Embolia de VD	
Ortopedia Neurocirurgia Cirurgia torácica Cirurgia abdominal de grande porte	Índice de colapso de VCI Avaliação segmentar e global do VE Avaliação do ITV e DC E/e' S' VD TAPSE Embolia de VD	

 $\label{eq:total} \begin{tabular}{ll} ETE = ecocardiograma transesofágica; VCI = veia cava inferior; VE = ventrículo esquerdo; VD = ventrículo direito; ITV = integral velocidade/tempo; DC = débito cardíaco; E/e' = relação da velocidade da$ onda E mitral e onda e' tecidual; E/A = relação da velocidade da onda E e onda A mitral; S' = velocidade da onda S tecidual; TAPSE = tricuspid annular plane systolic excursion.

Avaliação Bidimencional Ecocardiográfica (2D)

Avaliação das câmaras esquerdas

Pode-se avaliar o enchimento do ventrículo esquerdo (VE) pelo seu diâmetro interno na final da diástole no corte transgástrico médio papilar¹. Quando o VE está pequeno no fim da diástole, pode-se inferir que esse paciente está hipovolêmico. Deve-se ter cuidado para não fazer essa avaliação no fim da sístole, pois, quando a cavidade do VE está pequena no fim da sístole e os músculos papilares estão se tocando (sinal do beijo), esse paciente pode estar hipovolêmico, com aumento do inotropismo ou com a resistência vascular sistêmica diminuída. Quando o paciente está hipovolêmico, o diâmetro interno do VE está diminuído tanto na sístole quanto na diástole. No caso dos pacientes com diminuição da resistência vascular sistêmica, o diâmetro interno no VE está normal ou aumentado na diástole e diminuído na sístole. Essas medidas podem ser realizadas no corte transgástrico médio papilar de eixo curto que usa o modo M (Figura 1). Além de avaliar o status volêmico, esse corte orienta quanto à função sistólica global e segmentar do VE. Assim, teremos como valores normais para as mulheres o diâmetro diastólico final 3,9 a 5,3 cm e, para os homens, 4,2 a 5,9 cm.

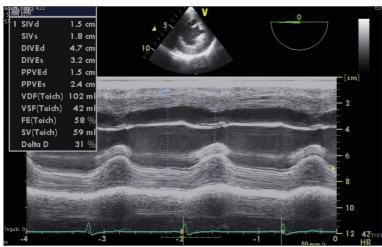


Figura 1 - Avaliação do diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo no corte transgástrico médio papilar de eixo curto

Diâmetro e índice de colapsidade da veia cava inferior

A pressão venosa central (PVC) pode ser inferida pelo diâmetro e pelo índice de colapsidade da veia cava inferior (VCI). Nos pacientes que estão em ventilação espontânea, durante a inspiração, há uma pressão intratorácica negativa e a diminuição do diâmetro da VCI; já nos pacientes hipovolêmicos, esse colapso da VCI é mais proeminente. Apesar de haver estudos que inferem o índice de colapsidade a fluido-responsividade, essa relação não é tão precisa, mesmo em pacientes em ventilação mecânica com tórax fechado⁴. Ao utilizar o corte transgástrico VCI no modo M, pode-se medir o diâmetro da VCI e a colapsidade com a respiração e, com base nessa relação, estimar a PVC (**Tabela 2**)³.

Tabela 2 - Relação do diâmetro da VCI/colapsidade e a PVC

Tamanho da VCI	Colapsidade	PVC
≤ 2,1 cm	< 50%	0 – 5 mmHg
> 2,1 cm	> 50%	5 – 10 mmHg
> 2,1 cm	< 50%	10 – 20 mmHg

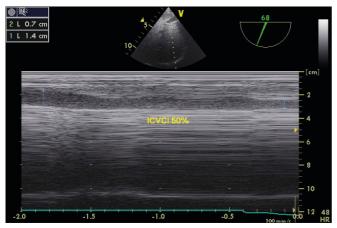


Figura 2 - Variação da veia cava inferior com a respiração

Avaliação Doppler

Fluxo transmitral - A análise da velocidade da onda E mitral e da onda A mitral pelo método Doppler pode ser utilizada para avaliar a função diastólica do VE e estimar a pressão do átrio esquerdo (AE). A onda E mitral representa o gradiente AE/VE durante a fase de enchimento rápido diastólico e, portanto, é dependente da pré-carga. A onda A mitral representa o gradiente AE/VE durante a contração atrial e está relacionada com a função diastólica do VE e a complacência atrial. Pode-se avaliar a velocidade transmitral usando o Doppler pulsátil no corte esôfago médio quatro câmaras. A amostra deve ser avaliada 1 cm distal ao anel mitral ou no ponto de coaptação dos folhetos mitrais (**Figura 3**). Análise mais detalhada da função diastólica está descrita no capítulo sobre avaliação diastólica.

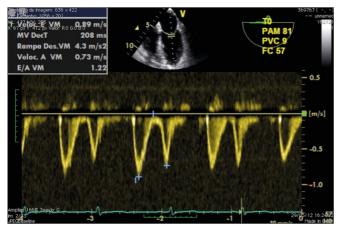


Figura 3 - Análise diastólica pelo Doppler pulsátil no anel mitral

Doppler tecidual (TDI) - O Doppler tecidual é uma modalidade de Doppler derivada do Doppler pulsátil e apresenta grande sensibilidade com a função diastólica. A velocidade do TDI deve ser medida no anel mitral lateral e/ou medial no esôfago médio quatro câmaras. Normalmente, na análise espectral da onda tecidual, avalia-se a velocidade da onda e' que tem relação com o movimento do anel mitral durante o enchimento rápido diastólico e apresenta menos relação com a pré-carga que a velocidade E mitral e que a velocidade da veia pulmonar⁸. Estudos têm demonstrado que a relação da velocidade da onda E mitral com a velocidade da onda e' tecidual (relação E/e') em pacientes com boa função sistólica ventricular pode ser usada para guiar a fluidoterapia e estimar a pressão do AE (**Figura 4** e **Tabela 3**)³.

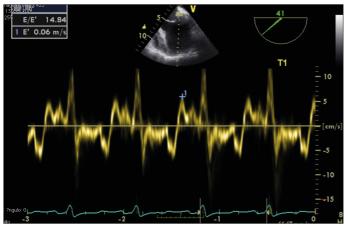


Figura 4 - Doppler tecidual no anel lateral mitral demonstra a velocidade e' e a relação da velocidade da onda E mitral e da onda e' tecidual

Tabela 3 - Relação E/e' e a pressão do átrio esquerdo

Relação E/e'	Função do ventrículo esquerdo	Pressão do átrio esquerdo
< 8	Normal	Diminuída
≥ 13	Normal	Aumentada

Avaliação do volume sistólico, do débito cardíaco e da resistência vascular sistêmica

O fluxo através de um orifício é igual ao produto da área seccional (AS) do orifício e a soma das velocidades. Por causa do perfil pulsátil do coração, a velocidade do fluxo não é constante; dessa forma, é necessário calcular a integral da velocidade pelo tempo (IVT)^{3,9}. A IVT é representada pela distância que um objeto desloca-se em determinado tempo¹⁰. Mais detalhes estão descritos no capítulo sobre cálculos hemodinâmicos.

Uma vez calculada a VTI, é possível determinar o VS e o débito cardíaco (DC) pela fórmula:

 $VS = VTI \times AS$

 $DC = VS \times FC$

Para utilizarmos essa equação, temos que fazer algumas considerações^{8,10-12}:

- 1. O fluxo tem que ser laminar no local da medida.
- 2. O fluxo através da AS é uniforme.
- 3. O ângulo de incidência das ondas Doppler e o fluxo têm que ser menores que 20 graus, para que haja uma incidência de erro menor que 6% no cálculo do fluxo.

Existem vários locais para a medida do VS e DC, contudo, o local mais utilizado é a via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE).

Para o cálculo da AS de VSVE, utiliza-se a fórmula da área do círculo:

$$AS = \Pi (D/2)^2$$

Em que D é o diâmetro da VSVE medido no esôfago médio no eixo longo da válvula aórtica. É importante ressaltar que, como o diâmetro da VSVE é elevado ao quadrado, qualquer medida errada poderá alterar o resultado do VS de forma importante (Figura 5).

Para a medida do VTI na VSVE, utiliza-se o corte transgástrico profundo, com o Doppler pulsátil na VSVE (Figura 6).

Estudos mostram que existe uma correlação que pode variar de 0,63 a 0,95 entre o cálculo do DC pelo termo de diluição e o Doppler. O DC estimado pelo Doppler apresenta 92% de sensibilidade e 71% de especificidade para detectar mais de 10% de alterações no DC⁹.



Figura 5 - Medida do diâmetro da via de saída do ventrículo esquerdo no corte esôfago médio eixo longo

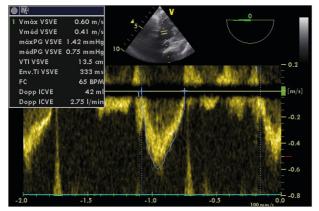


Figura 6 - Doppler pulsátil na via de saída do ventrículo esquerdo no corte transgástrico profundo

Utilizando a colapsidade da VCI pode-se estimar a PVC, e medindo a pressão arterial média (PAM) pode-se calcular a resistência vascular sistêmica (dynes.seg/cm⁵): RVS = (PAM - PVC/DC)*80, em que, RVS = resistência vascular sistêmica; PAM = pressão arterial média; PVC = pressão venosa central; DC = débito cardíaco³.

Função ventricular direita

A avaliação ecocardiográfica do ventrículo direito (VD) à beira do leito ajuda no diagnóstico e tratamento do paciente que está evoluindo com falência de VD, seja por isquemia miocárdica, seja pelo aumento da pressão arterial pulmonar e consequente disfunção de VD¹³.

O tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE) é uma medida da função do VD que tem pouca relação com a pré-carga e pode ser realizada no esôfago médio quatro câmaras, no anel tricúspide lateral, utilizando o modo M¹³ (Figura 7). Um valor de TAPSE < 16 mm está relacionado com disfunção de VD. Outra medida que pode ser realizada no anel tricúspide lateral é a análise da velocidade da onda s' tecidual. A velocidade s' < 10 cm/seg está também correlacionada à disfunção de VD (Figura 8) 13 .

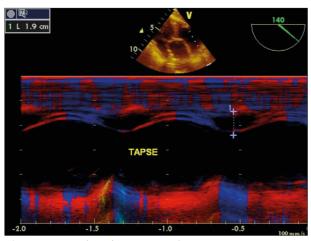


Figura 7 - Análise do TAPSE pelo corte transgástrico profundo do ventrículo direito



Figura 8 - Análise da velocidade S' pelo Doppler tecidual no ventrículo direito

Pressão siatólica da artéria pulmonar

A pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) é o gradiente entre o átrio direito e o ventrículo direito. No corte esôfago médio quatro câmaras, esôfago médio via de entrada e saída do VD ou esôfago médio bicaval modificado alinha-se o jato da regurgitação tricúspide e, usando o Doppler contínuo, aplica-se a equação de Bernoulli modificada (4V²). Uma vez medida a velocidade de pico do jato tricúspide regurgitante, aplica-se a equação para definir o gradiente, e somando-se à pressão do átrio direito, obtém-se a PSAP (Figura 9).

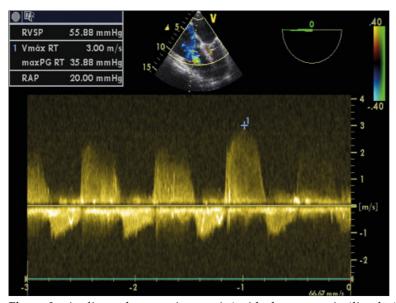


Figura 9 - Avaliação da regurgitação tricúspide da pressão sistólica da ártéria pulmonar

Referências

- 1. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018; 68:1-32.
- 2. 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.
- 3. 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.
- 4. Holm JH, Frederiksen CA, Juhl-Olsen P et al. Perioperative use of focus assessed transthoracic echocardiography (FATE). Anesth Analg, 2012; 115:1029-32.
- 5. Swan HJC, Ganz W, Forrester J et al. Catheterization of the heart in man with use of a flow-directed balloon-tipped catheter. N Engl J Med, 1970; 283:447-51.
- 6. Schwann NM, Hillel Z, Hoeft A et al. Lack of effectiveness of the pulmonary artery catheter in cardiac surgery. Anesth Analg, 2011; 113:994-1002.
- 7. Matyal R, Skubas NJ, Shernan SK et al. Perioperative assessment of diastolic dysfunction. Anesth Analg, 2011; 113:449-72.
- 8. Salgado-Filho MF, 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; 10:1-16

- 9. Skubas N, Perrino A. Assessment of perioperative hemodynamics. In: Savage RM, Aronson S, Sheman SK (Ed.). Comprehensive textbook of perioperative transesophageal echocardiography, 2nd ed. Philadelphia; Lippincott Williams & Wilkins, 2011. p. 406-425.
- 10. Poelaert JI, Schupfer G. Hemodynamic monitoring utilizing transesophageal echocardiography: the relationships among pressure, flow, and function. Chest, 2005; 127:379-90.
- 11. Thys DM, Abel MD, Brooker RF et al. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. An updated report by the American Society of Anesthesiologists and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists Task Force on Transesophageal Echocardiography. Anesthesiology, 2010; 112:1084-96.
- 12. 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; 89:870-84.
- 13. Haddad F, Couture P, Tousignant C et al. The right ventricle in cardiac surgery, a perioperative perspective: I. Anatomy, physiology, and assessment. Anesth Analg, 2009; 108:407-21.





Utilização da Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória nas Cardiopatias Congênitas

Alexander Alves da Silva

Introdução

Assim como nos adultos, os primeiros relatos da utilização da ecocardiografia transesofágica intraoperatória (ETI) em pediatria remontam do fim da década de 1980, e nessa época ainda não havia sondas de tamanhos pediátricos e, por isso, todos os casos relatados são em crianças maiores, nas quais era possível a utilização das sondas de tamanho adulto, o único tamanho disponível até então.

A primeira sonda de tamanho pediátrico foi desenvolvida no Japão por Kyo e col. em associação com a empresa Aloka^{1,2}. Esta foi montada em um gastroscópio flexível, era uniplanar, operava em uma frequência de 5.0 MHz e continha apenas 28 elementos, o que limitava bastante a qualidade da imagem gerada. Foi só a partir da década de 1990 que novas tecnologias surgiram e permitiram, então, a incorporação de um número maior de elementos, quando foram elaboradas sondas com até 64 elementos; depois vieram as biplanares e, finalmente, as multiplanares, que possibilitaram um enorme salto na qualidade e na acurácia dos exames.

Atualmente, dispomos de sondas multiplanares de tamanhos pediátricos que podem ser utilizadas em crianças com peso entre 5 kg e 20 kg e também sondas de uso neonatal para os pacientes com peso inferior a 5 kg (**Figura 1**).

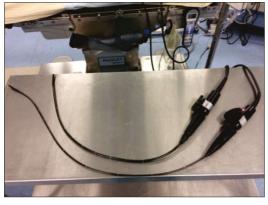


Figura 1 - À esquerda, vemos a sonda de tamanho pediátrico para crianças com peso entre 5 kg e 20 kg (mais curta e mais grossa) e a sonda para uso em crianças com peso inferior a 5 kg (mais comprida e mais fina); à direita, vemos, no detalhe, a diferença de espessura entre elas

Após longos anos de utilização e com uma extensa experiência acumulada, hoje são considerados inequívocos os benefícios da ecocardiografia transesofágica intraoperatória em pacientes com cardiopatia congênita³⁻⁵. Isso porque, com as informações obtidas, podemos antecipar, com maior riqueza de detalhes, o plano cirúrgico a ser seguido; avaliar a qualidade do reparo imediatamente após a saída da circulação extracorpórea; acompanhar em tempo real a performance ventricular tanto esquerda quanto direita, bem como fazer ajustes no manejo anestésico e na volemia, quando necessário.

Relacionadas especificamente à avaliação da qualidade da correção cirúrgica, são de fundamental importância as seguintes informações obtidas por meio da ecocardiografia intraoperatória:

- 1. Existência de *shunts* residuais.
- 2. Possível obstrução venosa pulmonar.
- Anormalidades valvares.
- 4. Existência e mecanismo das obstruções das vias de saída dos ventrículos.
- 5. Funcionamento das próteses valvares implantadas.
- 6. Gradientes e tipos de fluxo nos redirecionamentos.

É importante ressaltar que a avaliação de pacientes com cardiopatia congênita constitui-se em enorme desafio por vários fatores e, entre eles, a grande variação de apresentações na forma dos defeitos e a presença de mais de uma patologia no mesmo paciente tornam ainda mais complexa a construção de um modelo que permita o correto entendimento do sistema cardiovascular dessas crianças.

Por conta dessas peculiaridades, a abordagem ecocardiográfica das cardiopatias congênitas é baseada em um modelo de avaliação segmentar. Primeiramente proposto por Van Praagh e cols.⁶⁻⁸, esse modelo se baseia no desenvolvimento embriológico do coração e considera a anatomia cardíaca como uma série de três segmentos principais e independentes (os átrios, os ventrículos e os grandes vasos) e dois segmentos que servem de conexão (junção atrioventricular e junção ventriculoarterial). A partir desse conceito, podemos entender por que um segmento independente, por exemplo, o átrio direito, pode não estar necessariamente ligado ao ventrículo direito, caso haja alguma alteração no respectivo segmento de conexão entre eles, no caso a junção atrioventricular. Do mesmo modo, o ventrículo esquerdo pode não se conectar à aorta na presença de patologias que acometam a junção ventriculoarterial entre esses segmentos.

A conexão venoatrial não mencionada por Van Praagh é considerada em outros modelos e, sem dúvida, é tão importante quanto as demais, devendo sempre ser objeto de estudo quando da investigação da existência de cardiopatias congênitas.

Na **Figura 2** vemos o esquema do modelo sugerido por O`Leary⁹ para uma abordagem segmentar sequencial.

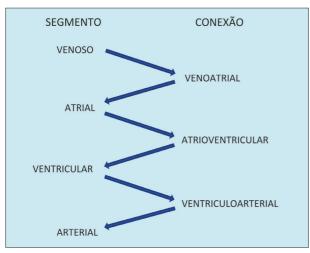


Figura 2 - Modelo sugerido por O´Leary

Seguindo o modelo, começamos pelo estabelecimento do situs visceroatrial e das conexões venosas sistêmica e pulmonar. Nesse momento também aproveitamos para identificar a orientação do eixo longitudinal, que vai da base até a ponta do coração e que pode ser para a esquerda, em levocardia, para a direita, ou dextrocardia, ou em posição mediana, dito em mesocardia (Figura 3).

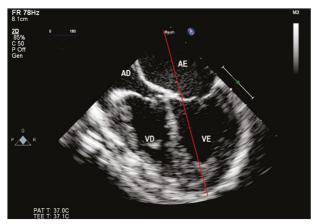


Figura 3 - Plano quatro câmaras no esôfago médio com o ângulo do multiplano em 0 grau. A linha vermelha mostra a orientação do eixo base-ápice do coração para a esquerda ou em levocardia

Quase sempre os situs visceral e atrial são concordantes¹⁰, por isso podemos tomar como referência o atrial. Esse, por sua vez, pode ser classificado como situs solitus, situs inversus ou situs ambíguos.

No situs solitus, que é a posição normal, o átrio morfologicamente identificado como direito está localizado à direita do átrio morfologicamente identificado como esquerdo. Quando o inverso ocorre, dizemos que o situs é inversus, e quando há isomerismo atrial, ou seja, os dois átrios são morfologicamente iguais, dizemos que o situs é ambíguo.

A morfologia atrial pode ser determinada pelas características anatômicas das seguintes estruturas: apêndices atriais, septo interatrial, seio coronariano e veia cava inferior.

O aspecto ecocardiográfico do apêndice atrial direito é tipicamente triangular com uma base larga, enquanto o apêndice esquerdo é longo e tubular, assemelhando-se a um dedo de luva. Ouanto ao septo interatrial, o septum secundum forma a face atrial direita do septo e o septum primum é responsável pela face atrial esquerda. Tanto a veia cava inferior quanto o seio coronariano, quando presentes, usualmente desembocam no átrio direito (**Figura 4**).

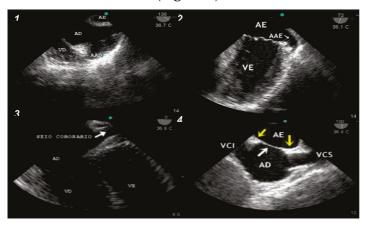


Figura 4 -1) Plano bicaval modificado no esôfago médio com ângulo do multiplano em 138 graus e discreta rotação para a direita para visualização do apêndice atrial direito. 2) Ó plano duas câmeras no esôfago médio mostra o apêndice atrial esquerdo com seu aspecto característico. 3) Plano no limite inferior do esôfago médio com ângulo do multiplano em 0 grau e discreta retroflexão da cabeça da sonda para mostrar o seio coronariano longitudinalmente e sua desembocadura no átrio direito. 4) Plano bicaval no esôfago médio em que vemos a desembocadura da veia cava inferior e também os elementos do septo interatrial. A seta branca indica o septum primum que forma a face esquerda do septo interatrial e as setas amarelas indicam as porções do septum secundum que formam a face direita

AE = átrio esquerdo; AD = átrio direito; AAE = apêndice atrial esquerdo; AAD = apêndice atrial direito; VCI = veia cava inferior; VCS = veia cava superior; VE = ventrículo esquerdo; VD = ventrículo direito.

Antes de partir para o item seguinte, a avaliação minuciosa do septo interatrial se faz necessária, para que possamos averiguar a presença de defeitos, bem como sua localização, características anatômicas e eventuais repercussões hemodinâmicas.

A drenagem venosa sistêmica é o próximo passo na avaliação e pode ser feita através do plano bicaval no esôfago médio, em que deverão ser vistas tanto a veia cava superior quanto a inferior desembocando no átrio direito (Figura 5).

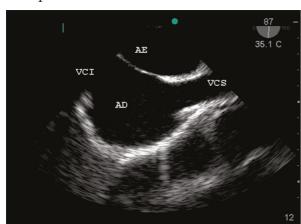


Figura 5 - O plano bicaval no esôfago médio com ângulo do multiplano entre 80 e 100 graus mostra a veia cava inferior e a veia cava superior desembocando no átrio direito

A avaliação das veias pulmonares é, sem dúvida, um dos inúmeros pontos fortes da ecocardiografia transesofágica, pois a íntima relação entre o átrio esquerdo e o esôfago favorece sobremaneira a qualidade das imagens produzidas.

Normalmente as veias pulmonares esquerdas desembocam no átrio esquerdo, em uma posição verticalizada e muito próximas uma da outra, o que lhes confere um aspecto em Y quando utilizamos o Doppler colorido para sua visualização. A veia pulmonar superior esquerda guarda grande proximidade com o apêndice atrial esquerdo, sendo visualizada imediatamente acima dele e em um ângulo extremamente favorável para os estudos de fluxos através do Doppler. As veias pulmonares direitas, que podem ser duas ou três, desembocam no átrio esquerdo mais horizontalmente, o que dificulta o estudo com o Doppler e também são mais distantes entre elas (Figura 6).

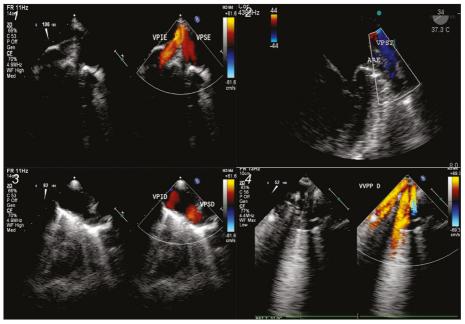


Figura 6 - 1) Veias pulmonares esquerdas superiores (VPSE) e inferiores (VPIE) com o aspecto característico em Y drenando verticalmente no átrio esquerdo. 2) Veia pulmonar superior esquerda visualizada imediatamente acima do apêndice atrial esquerdo em posição favorável ao estudo com o Doppler. 3) Veias pulmonares direitas inferiores (VPID) e superiores (VPSD). 4) Três veias pulmonares direitas em posição mais vertical que o habitual. Em ordem da esquerda para a direita da imagem: inferior, média e superior

Na ausência de anormalidades, o átrio direito se conecta com o ventrículo direito e o átrio esquerdo, ao ventrículo esquerdo. Essa situação é denominada concordância atrioventricular. Quando o átrio direito se conecta ao ventrículo esquerdo e o átrio esquerdo se conecta ao ventrículo direito chamamos de discordância atrioventricular.

O ventrículo direito, com sua forma triangular, pode ser dividido em três partes, a via de entrada, a porção apical e a via de saída ou infundíbulo. Além desses elementos, a presença de trabeculações proeminentes e da banda moderadora na porção apical é um importante marcador ecocardiográfico da morfologia ventricular direita. Em contraste, o ventrículo esquerdo tem o formato elíptico, que se assemelha ao de uma bala de revólver e trabeculações bem mais finas, que lhe conferem um aspecto mais liso à ecocardiografia. Outra característica importante de diferenciação são as válvulas atrioventriculares. A válvula tricúspide possui três folhetos e tem seus músculos papilares conectados ao septo interventricular, enquanto a válvula mitral é composta por dois folhetos e tem seus músculos papilares originados da parede ventricular esquerda (**Figura 7**).

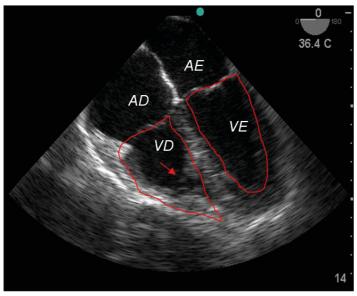


Figura 7 - O plano quatro câmaras no esôfago médio mostra os formatos característicos do ventrículo esquerdo e do ventrículo direito. A seta vermelha indica a banda moderadora

Do mesmo modo que, no fim da investigação morfológica dos átrios a parte ventricular deve terminar com o minucioso exame do septo interventricular, as grandes artérias são conectadas aos ventrículos através das vias de saída, que também podem ser denominadas junções ventrículo-arteriais. Aqui os principais elementos anatômicos utilizados na diferenciação entre a aorta e a artéria pulmonar são a origem das artérias coronarianas, o arco aórtico, o reconhecimento dos ramos da artéria pulmonar e a orientação espacial e o posicionamento entre elas. Em casos normais, há um ângulo entre 30 e 45 graus de uma com relação a outra, com a aorta mais posterior e artéria pulmonar, anterior.

Existem quatro tipos principais de conexão ventrículo-arteriais: concordante - VE conectado à aorta e VD conectado à artéria pulmonar; discordante - VE conectado à artéria pulmonar e VD conectado à aorta; dupla via de saída – em que as duas artérias originam-se predominantemente de um único ventrículo; e via de saída única – nesse caso, somente uma única grande artéria é identificada se originando dos ventrículos, seja como o truncus arteriosus ou a atresia de uma delas.

No fim da avaliação estrutural segmentar e sequencial do coração, nossa conclusão deve nos levar à montagem de um modelo tridimensional a partir do qual haja a compreensão dos tipos de cardiopatia. De acordo com o que vimos anteriormente, poderemos agrupá-los, levando em consideração qual o segmento acometido, e, assim, chegaremos aos grupos de cardiopatias expostos no quadro a seguir, lembrando que elas podem existir isoladamente ou em associações complexas (Quadro 1).

Quadro 1 - Classificação das cardiopatias congênitas de acordo com a avaliação segmentar

	Drenagem anômala parcial de veias pulmonares	
Anomalias do sistema de	Drenagem anômala total de veias pulmonares	
drenagem venosa sistêmica	_	
ou pulmonar	Síndrome de Cimitarra (drenagem total ou parcial das veias do pulmão direito para a veia cava inferior)	
•	Veia cava esquerda superior persistente	
	Justaposição dos apêndices atriais	
	Cor triatrium	
	Comunicação interatrial do tipo ostium secundum	
Anomalias atriais e defeitos	Comunicação interatrial do tipo <i>ostium primum</i>	
do septo interatrial	Comunicação interatrial do tipo seio venoso superior ou inferior	
	Comunicação interatrial do tipo seio coronário	
	Forâmen oval patente	
	Defeito do septo atrioventricular de forma parcial	
	Defeito do septo atrioventricular de forma total	
Defeitos do septo	Doença mitral congênita (acometimento do tecido valvar, do aparato	
atrioventricular	ou das regiões supravalvar e subvalvar)	
	Anomalia de Ebstein e demais alterações da valva tricúspide	
	Comunicação interventricular perimembranosa	
Defeitos do septo	Comunicação interventricular muscular	
interventricular	Comunicação interventricular duplamente relacionada	
	Comunicação interventricular de via de entrada	
	Síndrome da hipoplasia do coração esquerdo	
	Síndrome da hipoplasia do coração direito	
Cardiopatias com fisiologia	Atresia tricúspide	
univentricular	Defeitos do septo interventricular de forma desbalanceada	
	Dupla via de entrada do ventrículo (direito ou esquerdo)	
	Heterotaxias (isomerismo atrial ou situs ambiguus)	
	Estenose pulmonar congênita (pode acometer a valva, a região supra	
Patologias das vias de saída	ou subvalvar)	
1 atologias das vias de salda	Estenose aórtica congênita (pode acometer a valva, a região supra ou subvalvar)	
	Tetralogia de Fallot	
	Dupla via de saída do ventrículo direito	
Defeitos conotruncais	Truncus arteriosus	
	Transposição das grandes artérias (D - transposição e L - transposição)	
	Persistência do canal arterial (PCA)	
Anomalias dos grandes vasos	Janela aortopulmonar (tipos I, II e III)	
	Anomalias dos ramos das artérias pulmonares	
	Coarctação da aorta	
	Interrupção do arco aórtico (tipos A, B e C)	
	Hipoplasia de aorta	
	Origem anômala das coronárias (direita ou esquerda)	
Alterações das artérias	Fístula congênita das artérias coronárias	
coronárias	Acometimento pela doença de Kawasaki (formação de ectasias e	
	aneurismas)	

Após esse entendimento, devemos finalmente passar para a parte funcional do coração, em que a avaliação da performance ventricular, das condições de pré e pós-carga e das dinâmicas dos fluxos e gradientes é essencial para o manejo cirúrgico-anestésico desses pacientes.

Referências

- 1. Kyo S, Koike K, Takanawa E et al. Impact of transesophageal Doppler echocardiography on pediatric cardiac surgery. Int J Card Imaging, 1989; 4:41-2.
- 2. Omoto T, Kyo S, Matsumura M. Recent technological progress in transesophageal color Doppler flow imaging with special reference to newly developed biplane and pediatric probes. In: Erbel R, Khandheria BK, Brennecke R et al. (Ed.). Transesophageal echocardiography: a new window to the heart. Berlin: Springer, 1989. p. 21-6.
- Muhiudeen Russell IA, Miller-Hance WC, Silverman NH. Intraoperative transesophageal echocardiography for pediatric patients with congenital heart disease. Anesth Analg, 1998; 87:1058-87.
- 4. Bezold LI, Pignatelli R, Altman CA et al. Intraoperative transesophageal echocardiography in congenital heart surgery. The Texas Children's Hospital experience. Tex Heart Inst J, 1996; 23:108-15.
- 5. Randolph GR, Hagler DJ, Connoly HM et al. Intraoperative transesophageal echocardiography during surgery for congenital heart defects. J Thorac Cardiovasc Surg, 2002; 124:1176-82.
- 6. Van Praagh R, Ongley PA, Swan HJ. Anatomic types of single or common ventricle in man. Morphologic and geometric aspects of 60 necropsied cases. Am J Cardiol, 1964; 13:367-86.
- Van Praagh R, Van Praagh S, Vlad P et al. Anatomic types of congenital dextrocardia: diagnostic and embryologic implications. Am J Cardiol, 1964; 13:510-31.
- 8. Van Praagh R. The segmental approach to diagnosis in congenital heart disease. In: Bergsma D (Ed.). Birth defects: original article series. Baltimore: Williams & Wilkins, 1972. p. 4-23.
- 9. O'Leary PW. The segmental approach to congenital heart disease. Pediatr Ultrasound Today. 1997; 2:82-104.
- 10. Van Praagh R. The importance of segmental situs in the diagnosis of congenital heart disease. Semin Roentgenol, 1985; 20:254-71.



Aorta Torácica

Chiara Scaglioni Tessmer Gatto

A aorta torácica é um componente fundamental no exame de ecocardiografia transesofágica (ETE) intraoperatória. Pela proximidade da aorta (AO) em relação ao esôfago, a ETE produz uma imagem de alta qualidade tanto da aorta ascendente como da descendente¹ e traz informações em tempo real das patologias.

A ETE auxilia na canulação da aorta, identifica placas de ateromas e guia posicionamento de cateteres e do balão intra-aórtico, além de confirmar o diagnóstico e auxiliar o cirurgião no planejamento pré e pós-circulação extracorpórea (CEC). Algumas patologias, como a dissecção aguda da aorta, são doenças em progressão, por isso, a avaliação do paciente no pré-operatório pode ser totalmente diferente do momento atual, como a presença de derrames pericárdicos com restrição, os quais, se não identificados, podem comprometer a vida do paciente.

Anatomia da Aorta Torácica

A aorta torácica tem o formato de um "J" invertido. A aorta se inicia na raiz aórtica, tendo como componentes o anel da valva aórtica, os folhetos da valva aórtica e o seio de Valsalva, no qual estão ancorados os folhetos da valva aórtica e onde se originam as artérias coronárias. Entre o fim do seio de Valsalva e o início da porção tubular da aorta ascendente se encontra a junção sinotubular (STJ), importante estrutura para a classificação das patologias aórticas (Figura 1). A aorta ascendente segue cefalicamente até a origem da artéria inominada e então se inicia uma porção horizontal da aorta chamada de arco aórtico, que segue até a origem da artéria subclávia esquerda. Seguindo em direção caudal, se origina a aorta descendente, que segue até o diafragma^{2,3}.

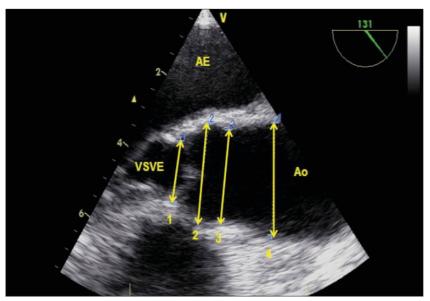


Figura 1 - Medidas da aorta ascendente durante a diástole. ETE intraoperatória: corte esôfago médio valva aórtica eixo longo 110° (ME VALAX). 1) medida anel valva aórtica; 2) medida raiz aórtica no seio de Valsalva (maior diâmetro); 3) junção sinotubular (STJ); 4) porção proximal da aorta ascendente. Legenda: AE = átrio esquerdo; VE = ventrículo esquerdo; VD = ventrículo direito. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

Para fins cirúrgicos e ecocardiográficos, a aorta torácica pode ser dividida em seis zonas. As três primeiras se encontram na aorta ascendente; a zona 1 fica perto da raiz aórtica; a zona 2 se encontra onde são realizadas as anastomoses proximais dos enxertos coronarianos e a zona 3, onde é feito o pinçamento aórtico para a CEC. O arco é dividido em duas zonas, sendo a zona 4 mais proximal e a zona 5 mais distal. A zona 6 é a aorta descendente². Por causa da interposição da traqueia e do brônquio-fonte esquerdo, a ETE não consegue obter imagens adequadas das zonas 3 e 4, sendo mais bem avaliadas com o uso do ultrassom epiaórtico, que é especialmente importante para a identificação de placas de ateroma no local de canulação aórtica para a CEC.

Imagem da Aorta Torácica Através da ETE

Durante a avaliação da aorta através da ETE com um probe multiplano, é importante ter em mente que, em razão da natureza vertical da aorta, seu eixo curto (SAX), ou transversal, é, em geral, identificado a 0 grau, e seu eixo longo (LAX), ou longitudinal, a 90 graus (Figura 2). Já o arco, por ser horizontal, tem o eixo curto identificado a 90 graus e seu eixo longo, a 0 grau. Essa diferença facilita a identificação do início do arco, pois se estamos avaliando a aorta descendente e subimos o probe em direção cefálica, e a aorta modifica seu formato de transversal para longitudinal, é sinal de que chegamos ao arco (também se identifica a origem da artéria subclávia esquerda nesse ponto). A raiz aórtica e a aorta ascendente são avaliadas, em seu eixo curto, entre 45 e 60 graus e seu eixo longo entre 100 e 140 graus (Figura 1). Lembrando que patologias e técnicas cirúrgicas podem distorcer a anatomia da aorta e modificar o ângulo de avaliação (Figura 3).

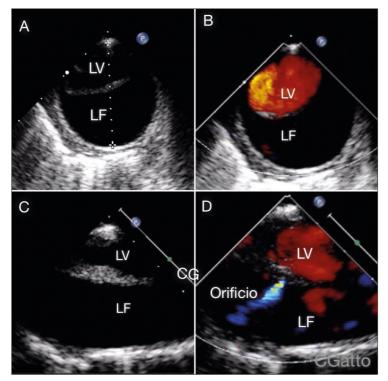


Figura 2 - Disseção aguda da aorta descendente. A) ETE corte esôfago médio aorta descendente eixo curto 0° (ME AO Desc SAX); B) ME AO Desc SAX com Doppler colorido demonstrando fluxo na luz verdadeira; C) ETE corte esôfago médio aorta descendente eixo longo 90° (ME AO Desc LAX); D) ME AO Desc LAX com Doppler colorido (vermelho) e fluxo sanguíneo preferencialmente na luz verdadeira e orifício de alimentação da luz falsa com fluxo sanguíneo (azul) direcionado para luz falsa. Legenda: LV = luz verdadeira; LF = luz falsa. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).



Figura 3 - Dissecção aguda de aorta ascendente. ETE intraoperatória: corte esôfago médio valva aórtica eixo longo (ME VALAX). Note o flap da dissecção no interior da aorta ascendente. <u>Legenda</u>: AE = átrio esquerdo; VE = ventrículo esquerdo; VD = ventrículo direito; Flap = flap da dissecção. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

Sendo assim, os principais cortes da ETE utilizados para avaliação da aorta são os seguintes:

• corte esôfago médio cinco câmaras (ME 5CH 0 grau - 10 graus);

- corte esôfago médio do eixo longo (ME LAX 120 140 graus);
- corte esôfago médio eixo longo da valva aórtica (ME VA LAX 120 140 graus e puxar o probe cefalicamente) e curto da valva aórtica (ME VA SAX 25 - 45 graus);
- corte esôfago superior eixo longo da aorta ascendente (ME AoAsc LAX 90 110 graus) e eixo curto da aorta ascendente (ME AoAsc SAX 0 grau - 30 graus);
- corte esôfago médio aorta descendente eixo longo (ME AoDesc LAX) e aorta descendente eixo curto (ME AoDesc SAX);
- corte esôfago superior arco aórtico eixo longo (ME ArcAo LAX 0 graus -10 graus) e arco aórtico eixo curto (ME ArcAo SAX 0 grau -10 graus).

Além dos cortes da ETE da aorta, é importante incluir os cortes que avaliam a via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE), a valva aórtica, a valva mitral, o pericárdio, as pleuras e os ventrículos direito e esquerdo, pois uma patologia aórtica pode, por exemplo, comprometer o fluxo coronariano e gerar uma alteração da contratilidade regional da parede ventricular. Por isso, o estudo compreensivo intraoperatório completo é fundamental. O exame abrangente dos cortes ETE intraoperatório está descrito detalhadamente no capítulo 4.

Avaliação da Aorta pela ETE no Intraoperatório de Cirurgia Cardíaca e de Cirurgia de Aorta Torácica

Em toda cirurgia cardíaca deve ser realizada uma avaliação ecocardiográfica intraoperatória antes da manipulação da aorta, pré-CEC e pós-CEC, para detecção de placas de ateromas, dissecções aórticas não identificadas, hematoma intramural e úlceras aórticas penetrantes.

Antes do advento da ETE, a aorta era uma fonte subestimada de embolia sistêmica. Atualmente, pela capacidade de a ETE obter imagens de alta resolução e detectar placas de ateroma com componentes móveis, calcificação e ulceração, ela se tornou o procedimento de escolha para avaliar a presença de ateroma, seu tamanho e sua morfologia e estimar o risco de embolização⁵. Quando identificada a placa de ateroma, ela deve ser classificada pelo grau de ateromatose para se estimar o risco de embolização e evitar a manipulação (Tabela 1 e Figura 4). As placas com maior risco de embolização são as protrusas para luz da aorta, as que têm espessura ≥ 4 mm, as de superfície irregular, as ulceradas e as com componente móvel¹. Pela interposição de ar da traqueia e do brônquio-fonte esquerdo, a ETE tem um ponto cego na visualização da aorta ascendente distal e do arco proximal. No paciente de risco, deve-se complementar o exame com o ultrassom epicárdico para completa avaliação.

Tabela 1 - Avaliação ecocardiográfica do grau de ateromatose aórtica^{2,14}

Grau	Achados ETE
I	Espessura normal da íntima
II	Espessamento da íntima sem protrusão para dentro da luz da aorta
III	Placa de ateroma < 5 mm protrusa para dentro da luz da aorta
IV	Placa de ateroma > 5 mm protrusa para dentro da luz da aorta
V	Qualquer placa de ateroma com componente móvel

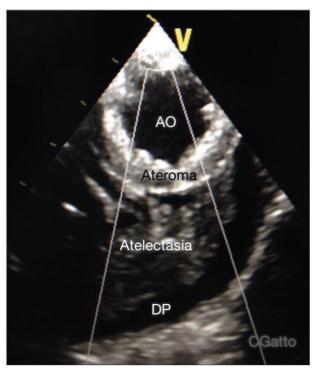


Figura 4 – Ateromatose aórtica grau IV; ETE corte esôfago médio aorta descendente eixo curto 0 grau (ME AO Desc SAX). <u>Legenda</u>: AO = aorta; DP = derrame pleural esquerdo. <u>Fonte</u>: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

Os pacientes submetidos à correção de aneurisma de aorta ascendente e descendente chegam para cirurgia com uma avaliação pré-operatória completa da anatomia da aorta e seus ramos, para planejamento cirúrgico, em geral realizada por meio de angiotomografia computadorizada (TC) com reconstrução, além da ecocardiografia e do cateterismo cardíaco. No intraoperatório, é indicado também o uso da ETE para avaliação, em tempo real, da anatomia e da fisiologia aórtica e cardíaca, bem como para ser utilizada como um monitor hemodinâmico completo, substituindo, na maioria dos casos, o uso do cateter de artéria pulmonar⁶.

Na avaliação da ETE pré-CEC, o diagnóstico do aneurisma e a técnica cirúrgica planejada no pré-operatório são mais uma vez confirmados (Figura 5). O exame abrangente da ETE deve ser realizado. As medidas da aorta devem ser feitas no meio da diástole, de uma das bordas até a outra borda da parede da aorta, no plano perpendicular (Figura 1). Deve-se ter cuidado para não realizar medidas em planos oblíquos, principalmente no arco aórtico e na aorta descendente, que, muitas vezes, têm trajeto tortuoso, para que as medidas não sejam superestimadas¹. As medidas normais da aorta estão resumidas na Tabela 2. Com base nas medidas, são determinados a extensão da doença aórtica; a indicação e o planejamento cirúrgico e anestésico, como o local da canulação aórtica; o emprego de assistência ventricular (p. ex.: nos aneurismas toracoabdominais) ou CEC (p. ex.: nos aneurismas de aorta ascendente e arco); perfusão cerebral seletiva (p. ex.: nos aneurismas de arco) e outras técnicas.



Figura 5 - Correção de aneurisma de aorta ascendente através de interposição de tubo valvulado. 1) aneurisma de aorta ascendente; 2) ETE intraoperatória: corte esôfago médio valva aórtica eixo longo 110° evidenciando o aneurisma de aorta ascendente; 3) reconstrução da aorta ascendente com interposição de tubo valvulado. Legenda: AAA = aneurisma de aorta ascendente; AO = aorta; AE = átrio esquerdo; VE = ventrículo esquerdo; TV = substituição da aorta ascendente por tubo valvulado. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

Tabela 2 - Medidas normais da aorta baseadas na superfície corpórea de 2 m^{2* 2}

Local de medida do diâmetro	Média ± DP
Subaórtico (anel)	21 ± 3 mm
Seio de Valsalva	32 ± 4 mm
Junção sinotubular	27 ± 4 mm
Aorta ascendente	33 ± 4 mm
Aorta descendente	24 ± 4 mm

*As medidas normais da aorta variam de acordo com a idade, o gênero e a superfície corpórea. Para uma avaliação mais precisa, consulte Goldstein SA et al¹.

DP = desvio padrão; JST = junção sinotubular.

É recomendado o tratamento cirúrgico do aneurisma mesmo nos pacientes assintomáticos, quando as medidas da aorta ascendente forem maiores que 5,5 cm, e nos pacientes com síndrome de Marfan e outras doenças do tecido conjuntivo, quando as medidas forem maiores que 4,2 cm a 5 cm. Recomenda-se, também, o tratamento cirúrgico nos pacientes assintomáticos com aorta ascendente maior que 4,5 cm que serão submetidos a outra cirurgia cardíaca, como troca de valva aórtica. Pacientes com sintomas sugestivos de expansão do aneurisma devem ser avaliados para cirurgia prontamente. Os aneurismas da aorta descendente têm indicação de tratamento cirúrgico aberto ou endovascular, quando atingem tamanhos maiores que 6 cm ou 5,5 cm nos pacientes com dissecção crônica ou doença do tecido conjuntivo⁷.

Quanto às técnicas cirúrgicas, se o aneurisma acometer somente a aorta ascendente, após a junção sinotubular (JST), a cirurgia empregada provavelmente será a interposição de tubo supracoronariano. Se a doença acometer a raiz aórtica (fre-

quente nos pacientes com síndrome de Marfan), as técnicas possíveis são interposição de tubo valvulado ou cirurgia de substituição da aorta com preservação da valva aórtica (p. ex.: cirurgia de David-Tirone; Figura 6). Caso a doença atinia o arco e/ou a aorta descendente, podem ser necessárias cirurgias complexas em vários estágios, como a técnica de elephant trunk. Já as doenças que envolvem a aorta toracoabdominal podem ser corrigidas por meio de técnicas endovasculares ou abertas.

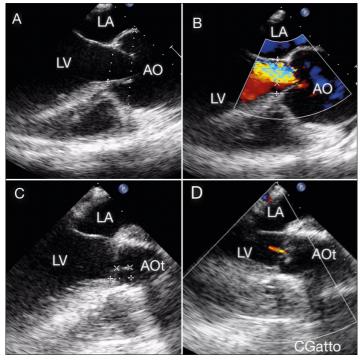


Figura 6 - ETE intraoperatória: corte esôfago médio valva aórtica eixo longo 110° (ME VALAX). Reconstrução da aorta ascendente com preservação da valva aórtica - cirurgia de David-Tirone. A) pré-CEC = aneurisma de aorta ascendente; B) pré-CEC = insuficiência aórtica importante; C) pós-CEC = reconstrução da valva aórtica; D) pós-CEC = insuficiência aórtica mínima. Legenda: LA = átrio esquerdo; LV = ventrículo esquerdo; AO = aorta; AOt = substituição da aorta ascendente por tubo de Dacron®. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

A avaliação da anatomia da valva aórtica (bivalvulada versus trivalvulada) e de sua funcionalidade (normal, estenótica ou insuficiente) é determinante para a decisão de preservação, reparo ou troca da valva. O mecanismo da insuficiência aórtica também pode determinar a técnica de reparo (Tabela 3). A valva aórtica com anel de diâmetro preservado, sem insuficiência ou com insuficiência mínima, mobilidade normal de suas cúspides, não espessadas, sem calcificação e sem gradiente tem maior probabilidade de ser preservada, ou seja, aqueles pacientes com a valva aórtica insuficiente por causa de aneurisma, e não de doença valvar. A presença de valva aórtica bivalvulada é frequente nos pacientes com aneurisma, pois 40% dos pacientes com válvula bivalvulada têm aneurisma aórtico. A presença desse tipo de valva não contraindica sua preservação8, desde que tenha funcionamento normal e seja possível seu reimplante nos casos dos aneurismas que acometem o seio de Valsalva.

Tabela 3 - Técnica cirúrgica de plastia da valva aórtica de acordo com o tipo e o mecanismo de insuficiência da valva aórtica (IAO)^{9,15}

Tipo de lesão	Mecanismo da IAO	Técnica cirúrgica possível	
Tipo I A	Dilatação da junção sinotubular Remodelamento da junção sinotubular mobilidade normal da cúspide)		
Tipo I B	Dilatação dos seios de Valsalva (mobilidade normal da cúspide)	Substituição da raiz aórtica com preservação da valva aórtica	
Tipo I C	Dilatação da junção ventrículo-aorta (mobilidade normal da cúspide)	Anuloplastia subcomissural	
Tipo I D	Perfuração da cúspide (mobilidade normal da cúspide)	Plastia da cúspide (patch autólogo ou bovino)	
Tipo II	Prolapso de cúspide (mobilidade excessiva da cúspide)	Plastia do prolapso (plicadura, ressuspensão de margens etc.) com anuloplastia subcomissural	
Tipo III	Restrição da mobilidade da cúspide (espessamento, fibrose, calcificação)	Plastia da cúspide (descalcificação etc.) com anuloplastia subcomissural	

Na saída da CEC, a ETE é essencial para a avaliação da função ventricular e o manejo das medicações vasoativas. Disfunção ventricular pode estar presente após as cirurgias de aorta pelo maior tempo de anóxia cardíaca nas cirurgias complexas, principalmente as com hipotermia e perfusão cerebral seletiva. Normalmente, o exame ETE abrangente também deve ser normalmente realizado para avaliar as complicações em outras estruturas cardíacas, como a valva mitral (pela sua relação anatômica com a valva aórtica), em outras partes da aorta (para descartar dissecção) e para verificar contratilidade global e regional dos ventrículos (para avaliar fluxo coronariano) etc.

Na avaliação ecocardiográfica pós-CEC, nas cirurgias da aorta com preservação da valva aórtica, os fatores de avaliação essenciais são: avaliação da presença de insuficiência da valva aórtica (IAO); local de coaptação das cúspides; altura de coaptação das cúspides e comprimento da superfície de coaptação entre as cúspides. Importantes preditores ecocardiográficos de um reparo da valva aórtica durável incluem a ausência de IAO, coaptação da cúspide acima do plano anular, coaptação com comprimento pelo menos > 4 mm e altura efetiva da cúspide pelo menos > 8 mm⁹. Reparos não satisfatórios necessitarão de retorno à CEC para sua correção ou troca da valva. Nos pacientes submetidos à troca da valva aórtica ou interposição de tubo valvulado deve ser avaliado se a mobilidade dos folhetos ou dos discos está normal, se há IAO não fisiológica para o tipo de prótese, se há insuficiência paravalvar e o gradiente da prótese e da VSVE.

A dissecção aguda da aorta ascendente é uma patologia de alto risco que requer tratamento rápido e eficaz, pois a mortalidade do paciente aumenta de 1% a 2% por hora do início da dissecção¹⁰. O diagnóstico de imagem padrão ouro na dissecção é a angiotomografia computadorizada (TC). Nos pacientes com instabilidade hemodinâmica sem condições de transporte, a TC pode ser substituída pela ETE, que pode ser realizada à beira leito e que tem alta acurácia, com literatura que demonstra sensibilidade de até 100% para o diagnóstico de dissecção e de suas complicações¹¹. Já a ecocardiografia transtorácica (ETT) tem sensibilidade de 85¹², mas é muito utilizada na avaliação inicial do paciente com dor torácica, principalmente por ser um método não invasivo que traz muitas informações.

As dissecções aórticas agudas são catalogadas pela classificação de Stanford (tipos A e B) e pela classificação de DeBakey (tipos I, II e III)⁷. Essa classificação é importante, pois as dissecções Stanford A ou DeBakey I e II são emergências cirúrgicas (Tabela 4).

Tabela 4 – Classificação da dissecção aguda da aorta segundo DeBakey e Stanford⁷

Classificaçã	Classificação de DeBakey		
Tipo I	A dissecção se origina na aorta ascendente e se propaga distalmente pelo menos até o arco e tipicamente até a aorta descendente (cirurgia geralmente recomendada)		
Tipo II	A dissecção se origina e está confinada na aorta ascendente (cirurgia geralmente recomendada)		
Tipo III	A dissecção se origina na aorta descendente e se propaga distalmente (tratamento não cirúrgico geralmente recomendado)		
	Tipo IIIa: limitada à aorta torácica descendente		
	Tipo IIIb: se estende abaixo do diafragma		
Classificaçã	Classificação de Stanford		
Tipo A	Dissecção envolvendo a aorta ascendente (cirurgia geralmente recomendada)		
Тіро В	Dissecções que não envolvem a aorta ascendente (tratamento não cirúrgico geralmente recomendado)		

Por ser uma doença em progressão, a ETE intraoperatória pré-CEC tem papel fundamental no manejo do paciente com dissecção aguda da aorta. Após a passagem do probe, complicações que ameaçam a vida do paciente devem ser descartadas, como o tamponamento cardíaco e a disfunção ventricular por isquemia miocárdica e/ou IAO aguda. Após a avaliação e o manejo hemodinâmico inicial, o exame ETE abrangente deve ser realizado para confirmar o diagnóstico com a identificação do flap da dissecção (Figura 3), identificar a luz falsa e a luz verdadeira (Figuras 2 e 7), definir o ponto de entrada da dissecção, determinar o envolvimento de artérias coronárias, avaliar a anatomia e o funcionamento da valva aórtica e descartar outras patologias cardíacas, derrame pleural e pericárdico (Tabela 5). A IAO está presente em até 50% dos pacientes com dissecção aguda da aorta ascendente¹³, tendo como causa mais comum a dilatação da aorta, que resulta no afastamento dos folhetos e na falha de coaptação. A ETE tem um papel único para determinar o mecanismo da IAO e planejar, junto com a equipe cirúrgica, a melhor técnica para correção (Tabela 6).

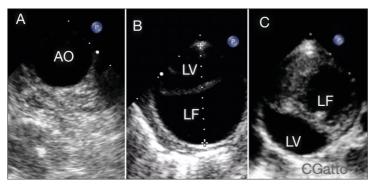


Figura 7 - ETE intraoperatória. Aorta descendente - corte do esôfago médio aorta descendente eixo curto 0° (ME AO Desc SAX); A) aorta descendente normal; B) aorta descendente com dissecção aguda; C) aorta descendente com dissecção crônica. Note a presença de contraste espontâneo e trombos dentro da luz falsa na dissecção crônica (Figura C). Legenda: LV = luz verdadeira; LF = luz falsa. Fonte: acervo pessoal da autora Chiara Gatto (CGatto).

Tabela 5 - Papel da ETE intraoperatória na dissecção da aorta ascendente^{1,16}

Objetivos diagnósticos	Achados na ETE	
1. Identificar a presença do flap da dissecção	Flap que divide LF da LV (AO asc., desc. e arco)	
2. Definir a extensão da dissecção	Extensão do flap e da LF; avaliar toda a AO, desde a raiz até a AO desc.	
3. Identificar a LV	Expansão na sístole, colapso na diástole, jato sistólico dentro da luz, ausência de contraste espontâneo	
4. Identificar a LF	Aumento do diâmetro na diástole, contraste espontâneo e/ou trombo, fluxo reverso lento ou ausente	
5. Identificar trombose da LF	Massa que separa a íntima da parede aórtica dentro da luz falsa	
6. Localizar a porta de entrada da dissecção	Ruptura da borda da íntima e Doppler colorido demonstram o fluxo sanguíneo através da íntima	
7. Avaliar a JST	Avaliar a extensão proximal do flap: ME VA LAX;	
	obter as medidas da raiz aórtica – avaliar dilatação STJ: ME VA LAX e ME VA SAX	
8. Avaliar a valva aórtica	Avaliar o prolapso valvular, a integridade dos folhetos, o ponto e a extensão de coaptação, IAO, EAO (prévia): ME VA LAX e SAX, TGP;	
	determinar se a valva é possível de plastia	
9. Avaliar a presença, a gravidade e o mecanismo de IAO	Presença de jato regurgitante, excentricidade, direção	
10. Avaliar a VSVE	Avaliar a presença de flap na VSVE durante a diástole	
11. Avaliar o envolvimento das artérias coronárias	té- Cortes 2D do VE: avaliar a contratilidade regional de todos os 1 segmentos do VE e avaliar o VD;	
	avaliar a proximidade do flap ou trombo dos óstios e comprometimento do fluxo coronariano	
12. Avaliar o envolvimento de ramos arteriais	Invaginação do flap e envolvimento dos ramos aórticos na luz falsa (isquemia arterial)	
13. Detectar o derrame pericárdico e/ ou pleural	Presença de líquido (ausência de eco) no espaço pericárdico e/ou pleural	
14. Detectar sinais de tamponamento cardíaco	Sinais 2D e de Doppler de tamponamento cardíaco	
15. Descartar outras doenças cardíacas	Situação de emergência: pré-operatório restrito	
cendente; LV = luz verdadeira; LF = lu	AO = aorta; AO asc. = aorta ascendente; AO desc. = aorta desta falsa; STJ = junção sinotubular; ME VA LAX = corte esôfago	

médio valva aórtica eixo longo; ME VA SAX = corte esôfago médio valva aórtica eixo curto; IAO = insuficiência valva aórtica; EĂO = estenose valva aórtica; TĞP = corte transgástrico profundo; VSVE = via de saída do ventrículo esquerdo; VE = ventrículo esquerdo; VD = ventrículo direito.

Tabela 6 - Mecanismos de IAO na disseção aórtica aguda do tipo A¹

- 1. Dilatação da raiz aórtica que causa falha de coaptação dos folhetos da valva aórtica
- 2. Prolapso dos folhetos da valva aórtica
- 3. Distorção do anel aórtico
- 4. Prolapso e/ou invaginação do flap de disseção através da valva aórtica durante a diástole
- 5. Doença preexistente da valva aórtica (p. ex.: valva bivalvulada)

IAO = insuficiência da valva aórtica.

Na saída da CEC, a ETE auxilia no manejo hemodinâmico e farmacológico e avalia o resultado cirúrgico. É fundamental que a ETE confirme o fechamento da entrada do flap de dissecção, a exclusão da comunicação entre a luz verdadeira e a luz falsa e o reestabelecimento do fluxo sanguíneo normal em toda a extensão da aorta. A valva aórtica também deve ser minuciosamente examinada para confirmar o tratamento efetivo da IAO. A avaliação da contratilidade global regional do ventrículo direito e esquerdo é importante para avaliar o fluxo coronariano adequado e a função ventricular. O exame ETE abrangente deve avaliar se as outras estruturas cardíacas não foram afetadas pela cirurgia.

A correção endovascular dos aneurismas e das dissecções da aorta torácica descendente tem evoluído muito desde sua introdução, nos anos 1990. A ETE intraoperatória tem como objetivo, nesses casos, realizar uma monitorização hemodinâmica durante o procedimento, uma vez que esses pacientes são de alto risco cardiovascular com múltiplas morbidades⁶. A ETE avalia, em tempo real, a posição dos fios-guias dentro da luz verdadeira, adiciona informações à fluoroscopia e avalia a presença de endoleaks. Após o implante da endoprótese nas dissecções, a ETE verifica a cobertura da porta de entrada da dissecção, a redução de fluxo na luz falsa e, eventualmente, o início da trombose da luz falsa².

Referência

- 1. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging; endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. J Am Soc Echocardiogr, 2015; 28:119-82.
- 2. Sniecinski RM. Transesophageal echocardiography of thoracic aorta. In: Perrino AC, Reeves ST (Ed.). A practical approach to transesophageal echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2013. p. 347-60.
- 3. Salgado-Filho MF, Morhy SS, Vasconcelos HD et al. Consenso sobre ecocardiografia transesofágica perioperatória da Sociedade Brasileira de Anestesiologia e do Departamento de Imagem Cardiovascular da Sociedade Brasileira de Cardiologia. Rev Bras Anestesiol, 2018; 68:1-32.
- 4. 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.
- 5. Cohen A, Tzourio C, Bertrand B et al. Aortic plaque morphology and vascular events: a follow-up study in patients with ischemic stroke. FAPS Investigators. French Study of Aortic Plaques in Stroke. Circulation, 1997; 96:3838-41.
- 6. 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.
- 7. Hiratzka LF, Bakris GL, Beckman JA et al. 2010 ACCF/AHA/AATS/ACR/ASA/SCA/SCAI/SIR/ STS/SVM guidelines for the diagnosis and management of patients with Thoracic Aortic Disease: a report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines, American Association for Thoracic Surgery, American College of Radiology, American Stroke Association, Society of Cardiovascular Anesthesiologists, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Interventional Radiology, Society of Thoracic Surgeons, and Society for Vascular Medicine. Circulation, 2010; 121:e266-369.
- 8. Vohra HA, Whistance RN, De Kerchove L et al. Valve-preserving surgery on the bicuspid aortic valve. Eur J Cardiothorac Surg, 2013; 43:888-98.
- 9. Augoustides JG, Szeto WY, Bavaria JE. Advances in aortic valve repair: focus on functional approach, clinical outcomes, and central role of echocardiography. J Cardiothorac Vasc Anesth, 2010; 24:1016-20.

- 10. Tsai TT, Nienaber CA, Eagle KA. Acute aortic syndromes. Circulation, 2005; 112:3802-13.
- 11. Erbel R, Engberding R, Daniel W et al. Echocardiography in diagnosis of aortic dissection. Lancet. 1989; 1:457-61.
- 12. Cecconi M, Chirillo F, Costantini C et al. The role of transthoracic echocardiography in the diagnosis and management of acute type A aortic syndrome. Am Heart J, 2012; 163:112-8.
- 13. Movsowitz HD, Levine RA, Hilgenberg AD et al. Transesophageal echocardiographic description of the mechanisms of aortic regurgitation in acute type A aortic dissection: implications for aortic valve repair. J Am Coll Cardiol, 2000; 36:884-90.
- 14. Katz ES, Tunick PA, Rusinek H et al. Protruding aortic atheromas predict stroke in elderly patients undergoing cardiopulmonary bypass: experience with intraoperative transesophageal echocardiography. J Am Coll Cardiol, 1992; 20:70-7.
- 15. El Khoury G, Glineur D, Rubay J et al. Functional classification of aortic root/valve abnormalities and their correlation with etiologies and surgical procedures. Curr Opin Cardiol, 2005; 20:115-21.
- 16. Edwards JK, Leshnower BG, Duggan M et al. Detailed 2-dimensional and 3-dimensional transesophageal evaluation of the aortic root and aortic valve in complex type a dissections. Anesth Analg, 2017; 124:1105-8.



Intervenções no Laboratório de Hemodinâmica

Fábio de Vasconcelos Papa

Introdução

A definição de doenças estruturais cardíacas engloba atualmente um grupo de doenças cardiovasculares passíveis de tratamento, por meio de intervenções percutâneas não coronárias normalmente realizadas no laboratório de hemodinâmica. As características principais no tratamento dessas patologias são a formação dos heart teams, incluindo múltiplas especialidades (hemodinâmica, cardiologia, cirurgia, anestesiologia, radiologia) e o papel fundamental da ecocardiografia intervencionista no auxílio da sua realização.

O termo ecocardiografia intervencionista refere-se ao uso da ecocardiografia na assistência da realização do procedimento, e não somente na intervenção propriamente dita para avaliar o resultado final ou complicações (Tabela 1). Mesmo com o uso do ecocardiograma transesofágico permanece ainda a modalidade menos invasiva, quando comparado com o ultrassom intravascular (IVUS) ou intracardíaco (ICE), que também possuem papel importante na realização de alguns desses procedimentos.

Neste capítulo mostramos como a ecocardiografia tem papel importante na seleção de pacientes, confirmação de diagnóstico, seleção de dispositivos, assistência na realização do procedimento, avaliação do resultado final, no diagnóstico de complicações e no seguimento tardio de quatro dos procedimentos estruturais mais realizados hoje em dia: TAVI, implante de clip mitral, fechamento de FOP e fechamento de CIA.

Tabela 1 – Ecocardiografia intervencionista e seu uso em alguns dos principais procedimentos realizados no laboratório de hemodinâmica

	Pré-procedimento	Procedimento	Resultados
TAVI	Severidade da estenose,	Acompanhamento da	Posição da prótese,
	número de folhetos,	valvoplastia com balão,	estabilidade, função,
	tamanho do anel	abertura da prótese	presença de vazamento
	valvular	_	perivalvular,
			complicações
Clip Mitral	Caracterizar	Acompanhar punção	Avaliação da redução
	mecanismo da	septal, posicionamento	da severidade,
	regurgitação,	do clip, captura dos	complicações
	severidade	folhetos e liberação	
Fechamento	Presença, direção e	Abertura do sistema de	Resolução do
de FOP	severidade do shunt	oclusão	shunt, ausência de
			complicações mecânicas
Fechamento	Número e tamanho,	Medida com balão,	Resolução do shunt,
de CIA	PSAP, avaliação do VD	abertura do dispositivo	complicações

Troca Valvar Aórtica Transcateter (TAVI/TAVR)

A troca valvar aórtica transcateter (TAVI) surgiu como uma nova opção no tratamento de pacientes com estenose aórtica grave sintomática com risco cirúrgico severo ou moderado¹. O uso da ecocardiografia é essencial tanto na seleção do paciente, na monitorização intraprocedimento quanto na avaliação de resultados imediatos e tardios.

Tipos de Próteses Valvares Aórticas

Existem diversos tipos de próteses valvares aórticas disponíveis para uso, principalmente na Europa. Aprovadas pela FDA, porém, existem somente dois modelos autorizados: os balões expansíveis (Edwards SAPIEN) e auto expansíveis (Medtronic CoreValve) (**Figura 1**).

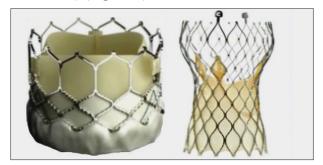


Figura 1 - Próteses valvares aórticas: balão expansível (E) e autoexpansível (D)

Seleção de pacientes

A avaliação da severidade da estenose deve ser feita de acordo com os guidelines atuais publicados² que usam a medida da velocidade transvalvar e a medida dos gradientes médios, sendo os pacientes classificados com estenose aórtica severa quando apresentam valores acima de 4 m/seg e 40 mmHg, respectivamente.

Apesar da realização com sucesso de TAVIs em pacientes com válvulas aórticas bicúspides³, ela é contraindicada em virtude de sua associação à aortopatia e do possível risco aumentado de implantação assimétrica da nova válvula.

Avaliação Pré-procedimento

Em razão de as próteses atuais ainda não serem recapturadas uma vez abertas e liberadas e apresentarem tamanhos limitados, a medida exata pré-procedimento do anel valvar é fundamental. Medidas inapropriadas podem levar ao uso de próteses de tamanhos maiores ou menores, levando ao aumento do número de complicações (insuficiência aórtica severa, ejeção da prótese, ruptura aórtica, oclusão coronária). Para medida exata do anel valvar, o diâmetro do anel virtual formado pelo local de implantação dos folhetos aórticos deve ser medido, sendo esse o principal determinante do tamanho da nova válvula (Figura 2).

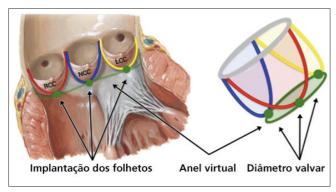


Figura 2 - Medida do anel valvar através (uso da implantação basal dos folhetos)

A análise ecocardiográfica pré-procedimento é normalmente realizada com o uso do ecocardiograma transtorácico, sendo o uso do ecocardiograma transesofágico limitado a casos com valores divergentes dos valores obtidos com o uso da tomografia computadorizada (multi-slice CT).

O diâmetro anular é medido usando-se a janela paraesternal longa no meio da sístole, apesar de essa incidência subestimar o diâmetro anteroposterior máximo⁴ do anel sendo em torno de 1 mm menor quando comparada com a medida realizada pelo ecocardiograma transesofágico e até 2,5 mm menor com relação às medidas através da tomografia computadorizada⁵. Sendo o anel valvar uma estrutura não circular, houve maior ênfase no uso do ecocardiograma 3D, que mostrou correlação maior quando comparado com o uso da tomografia⁶ (**Figura 3**).

A avaliação pré-procedimento também é usada para avaliar o grau e a distribuição de calcificações, sendo esses possíveis preditores de regurgitação perivalvular pós-procedimento⁷.

Existe o risco de oclusão do óstio coronário durante a abertura da nova válvula caso a distância do anel valvar ao óstio seja menor do que o comprimento dos folhetos, fazendo com que a medida da distância do anel-óstio seja essencial. Apesar de essa medida ser feita com a tomografia computadorizada, o uso do ecocardiograma transesofágico 3D também permite a sua realização.

Distâncias maiores que 10 mm e 11 mm são recomendadas para válvulas tamanho 23 mm e 26 mm, respectivamente.

A avaliação pré-procedimento também deve incluir a medida do grau de hipertrofia septal, que pode aumentar a incidência de mau posicionamento da prótese, presença e grau de insuficiência aórtica, avaliação da válvula mitral e função ventricular basal.

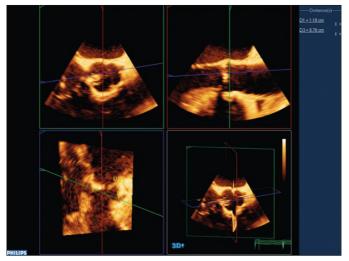


Figura 3 - Medida 3D da distância do anel valvar ao óstio coronário. A reconstrução multiplanar é usada para derivar o plano coronal da VSVE e da raiz da aorta. Neste exemplo, a distância do anel ao óstio é de 11,8 mm e o comprimento do folheto coronário é de 7,8 mm

Procedimento

O uso do ecocardiograma, preferencialmente o transesofágico 3D, fornece importantes informações durante o procedimento. Além de confirmar os achados pré-procedimento, auxilia durante a valvoplastia com balão (Figura 4) na avaliação da severidade da insuficiência aórtica pós-dilatação, sendo esse um fator importante na manutenção da estabilidade hemodinâmica, pois uma insuficiência aórtica severa aguda em um coração hipertrofiado com cavidade diminuída pode levar a aumento da pressão de artéria pulmonar, edema agudo e falência de VD.

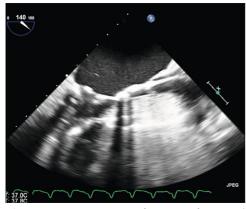


Figura 4 - Corte transesofágico esôfago médio durante uma valvoplastia com balão. Nota-se o uso do marca-passo temporário (FC alta) para minimizar o movimento do balão durante a insuflação

O uso do ecocardiograma transesofágico durante a abertura e o posicionamento da nova válvula é importante principalmente quando o balão expansível é utilizado (SA-PIENS). A posição ventricular final recomendada fica em torno de 2-4 mm abaixo do anel valvar. Uma posição mais alta predispõe a um risco maior de vazamento perivalvar, obstrução do óstio coronário e embolização; uma posição mais baixa, por sua vez, é associada também à regurgitação paravalvar, estenose residual, regurgitação mitral e bloqueios de condução. Para a prótese autoexpansiva (CoreValve), a posição final do stent é em torno de 5-10 mm abaixo do anel valvar.

A avaliação imediata pós-abertura, além de mostrar o correto posicionamento da válvula, também identifica e quantifica a presença de vazamentos perivalvulares (Figura 5), fazendo-se necessário, em alguns casos, a realização de uma valvoplastia pós-dilatação ou uma abertura de uma segunda válvula. Também é importante na identificação de complicações do procedimento, como tamponamento cardíaco, ruptura aórtica, oclusão coronária e trauma mitral.

Com o aumento no número de procedimentos realizados e na experiência das equipes, tem-se notado uma mudança na rotina de realização do implante percutâneo (femoral) da válvula aórtica. O que antes era realizado com o paciente sob anestesia geral e uso da ecocardiografia transesofágica, agora tem sido realizado com sedação leve e uso do ecocardiograma transtorácico tendo esse papel na avaliação imediata pós-abertura (a abertura sendo realizada exclusivamente com uso de fluoroscopia).

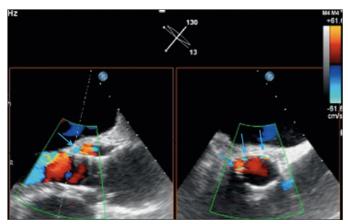


Figura 5 - Imagem biplanar de uma prótese aórtica autoexpansível (CoreValve) e presença de vazamento paravalvular (setas)

Implante do Clip Mitral

Esse procedimento é baseado na técnica de Alfieri. Descrito em 1991 pelo cirurgião italiano Ottavio Alfieri, consistia na formação de uma válvula mitral de duplo orifício através da colocação de um "grampo", juntando-se as porções médias dos folhetos anteriores e posteriores da válvula mitral na tentativa de diminuir o grau de insuficiência mitral em pacientes com prolapso mitral do folheto anterior8.

Os estudos que avaliam a efetividade do implante do clip mitral (EVEREST I) têm demonstrado eficácia e segurança com melhora hemodinâmica em pacientes com regurgitação mitral severa. Para pacientes com risco cirúrgico alto, o implante do clip mitral mostrou-se mais seguro quando comparado ao tratamento cirúrgico convencional (eventos cardíacos importantes 15% versus. 48%; P < 0,001) (EVEREST II)°.

Indicações e seleção de pacientes

Os critérios de seleção para o implante do clip são:

- insuficiência mitral moderada/severa ou severa (graus 3 e 4);
- patologia na área de A2-P2;
- área valvar mitral > 4 cm²;
- falha de coaptação dos folhetos menor que 10 mm.

Os critérios de exclusão são:

- estenose mitral (área valvular $< 4 \text{ cm}^2$);
- fração de ejeção < 20%;
- diâmetro final sistólico do VE > 60 mm;
- doença de Barlow (degeneração mixomatosa).

Papel da Ecocardiografia 2D e 3D

O exame ecocardiográfico pré-procedimento é de fundamental importância tanto na avaliação da severidade da regurgitação mitral¹⁰ como para identificar de maneira exata os mecanismo dessa insuficiência.

O uso do ecocardiograma transesofágico permanece como padrão-ouro para essa avaliação, tanto para a avaliação pré como durante o procedimento.

As principais "janelas" para avaliação de todo o aparato valvar mitral (Figura 6), assim como para a avaliação hemodinâmica da severidade da regurgitação, são (Tabela 2):

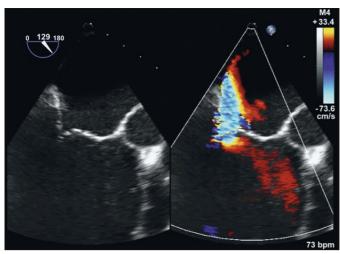


Figura 6 - Corte esôfago médio eixo longo mostrando falha de coaptação entre A2/P2 levando a severa regurgitação mitral

Tabela 2 - Principais janelas ecocardiográficas transesofágicas para avaliação mitral

Esôfago médio 4 câmaras	Avaliar A1/P1	
	Morfologia dos folhetos, aparato subvalvular	
Esôfago médio bicomissural	Diâmetro bicomissural	
Esôfago médio 2 câmaras	Avaliar A3/P3	
Esôfago médio eixo longo	Avaliar A2/P2	
	Diâmetro anular A-P	

O uso da ecocardiografia 3D para implante do clip mitral mostrou-se superior ao uso do ecocardiograma transesofágico 2D11. Essencialmente com o uso da tecnologia 3D e seus softwares, é possível proporcionar ao intervencionista a melhor imagem, em tempo real, do sistema que leva o clip até o segmento do folheto a ser tratado, além de ser possível a reconstrução do anel valvular mitral (Figura 7) e também a quantificação de diferentes jatos de regurgitação quando presentes.

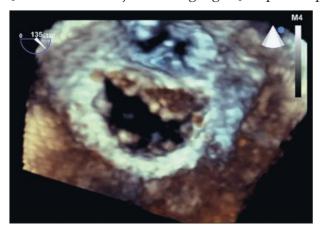


Figura 7 - Perspectiva ventricular da válvula mitral demonstrando prolapso de P2/P3 com uso do ecocardiograma 3D

O procedimento de implantação do clip Mitral é dividido em sete fases, sendo o uso do ecocardiograma transesofágico fundamental em todas elas:

- punção transeptal;
- introdução do cateter guia no átrio esquerdo (AE);
- introdução do sistema de abertura do clip no AE;
- posicionamento do clip acima da válvula mitral;
- avanço do sistema para o ventrículo esquerdo;
- clipagem dos segmentos mitrais doentes;
- avaliação dos resultados.

Fechamento de Forâmen Oval Patente (FOP)

O forâmen oval patente é uma comunicação interatrial que ocorre quando os folhetos que formam a fossa oval falham ao se fundirem. Apesar de sua importância para a circulação fetal, sua presença durante a vida adulta acarreta complicações muitas vezes importantes (p. ex.: AITs, AVCs e hipóxia). A verdadeira prevalência de forâmen oval patente não é conhecida, mas estima-se que seja em torno de 20-30% da população, sendo esta variação largamente influenciada pelos critérios e métodos para seu diagnóstico¹².

Anatomia e Embriologia

Durante a embriogênese, a incompleta fusão do septum primum com o septum secundum resulta na formação de um orifício recoberto por uma válvula unidirecional. Esse orifício, localizado caudalmente ao septum secundum e cranialmente em relação ao septum primum, abre-se toda vez que ocorre aumento de pressão no átrio direito. Durante o desenvolvimento fetal, o sangue vindo da veia umbilical passa através da veia cava inferior e do átrio direito, sendo direcionado através desse orifício para o átrio esquerdo. Após o nascimento, com a insuflação pulmonar e a queda nas pressões direitas associada ao aumento nas pressões de câmaras esquerdas, essa válvula permanece fechada e com o tempo desaparece (endotelização). Os fatores determinantes da manutenção desse orifício aberto após o nascimento não são completamente conhecidos (**Figura 8**).

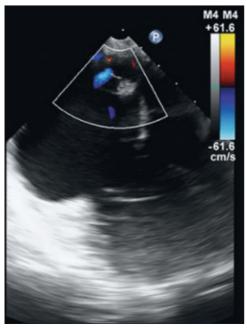


Figura 8 - Forâmen oval patente (FOP). Com uso do Doppler colorido o shunt E-D é claramente visualizado

Fisiopatologia

O shunting através do FOP é determinado por fatores anatômicos relacionados com seu tamanho e complexidade, assim como com fatores funcionais que mantêm a pressão no lado esquerdo do coração maior que a do lado direito. Em situações normais a maior pressão no átrio esquerdo associada a maior complacência do lado direito permitem certo grau de shunting E-D. A inversão desse fluxo pode ocorrer com aumentos transitórios na pressão atrial direita (manobra de Valsalva) ou em casos crônicos (estenose pulmonar).

Apresentação Clínica

Habitualmente, o diagnóstico de FOP é feito de maneira acidental quando realizado um ecocardiograma (transtorácico ou transesofágico) por outras razões. A realização do exame visando o diagnóstico de um FOP é baseado em algumas indicações que tornam importante seu diagnóstico:

FOP - síndromes clínicas associadas:

- AVC
- AIT
- migrâneas
- Hipóxia refratária
- apneia do sono
- edema pulmonar de altitude.

Diagnóstico

O diagnóstico da presença de um FOP pode ser feito com a ecocardiografia tanto transtorácica como transesofágica (Tabela 3). O diagnóstico é feito por meio da visualização do *shunt* (uni ou bidirectional) com uso do Doppler colorido. O uso de solução salina agitada (microbolhas) associada à manobra de Valsalva (aumento da pressão do AD) melhora a acurácia diagnóstica quando comparada com o Doppler colorido. O diagnóstico de FOP é feito quando microbolhas são visualizadas no AE em até três ciclos cardíacos após opacificação máxima do AD. Quando as microbolhas são visualizadas em mais do que cinco ciclos cardíacos, o diagnóstico mais sugestivo é de *shunt* pulmonar (fístula arteriovenosa). Não só a presença do FOP deve ser notada, mas também seu tamanho e a presença de aneurisma septal.

Tabela 3 - Ecocardiografia: vantagens e desvantagens de diferentes métodos para diagnóstico de FOP

Modalidade	Vantagens	Desvantagens
Eco transtorácico:		
Sensibilidade: 40%-90%	Ausência de sedação	Janelas limitadas
Especificidade: 96%-100%	Valsalva de melhor qualidade	Baixa sensibilidade
Eco transesofágico:		
Sensibilidade: 11%-100%	Melhor resolução especial	Semi-invasivo
Especificidade: 100%	Melhor identificação de estruturas	Necessidade de sedação

Fechamento Percutâneo

As indicações para fechamento de FOP vão além dos objetivos deste capítulo, porém vale ressaltar que, de acordo com recentes guidelines¹³, seu fechamento é indicado para AVCs recorrentes mesmo em vigência de terapia medicamentosa.

As complicações do seu fechamento percutâneo não são desprezíveis (óbito, sangramento, embolismo pulmonar, tamponamento, trombose do dispositivo de fechamento, lesão arterial vascular) e variam em algumas series de 1,5% a 8%.

O procedimento pode ser realizado com auxílio da ecocardiografia (transtorácica ou transesofágica), com a vantagem de melhor resolução especial com o uso da última.

Seu uso permite a medida do tamanho do defeito e o comprimento das bordas septais (afetando o tamanho do dispositivo a ser utilizado), a monitorização durante o procedimento, a identificação de complicações, a avaliação do resultado final e o seguimento tardio (normalmente em torno de seis meses).

Fechamento de CIA

São defeitos congênitos relativamente comuns, com uma incidência em torno de 1 para cada 1.000 indivíduos, perdendo em frequência somente para as válvulas aórticas bicúspides. Existem quatro diferentes tipos de defeitos atriais: ostium secundum, ostium primum, seio venoso e seio coronário (nessa ordem de incidência).

Dependendo do tipo e da indicação, o fechamento pode ser realizado percutânea ou cirurgicamente. De acordo com os guidelines mais recentes¹⁴ a indicação primária é a presença de uma comunicação interatrial associada à dilatação de câmaras direitas independentemente de sintomas. Outras indicações para o fechamento são:

- embolismo paradoxal (D-E);
- platipneia-ortodeoxia (dessaturação associada à mudança de decúbito);
- shunt E-D com pressão pulmonar menor que 2/3 da pressão sistêmica.

A contraindicação primária ao fechamento da uma CIA é a presença de hipertensão pulmonar irreversível sem evidência de shunt E-D.

O fechamento percutâneo de uma CIA foi descrito inicialmente na década de 195015 tornando-se hoje em dia a forma mais comum de fechamento de defeitos tipo ostium secundum. Os inúmeros tipos de dispositivos de fechamento são aprovados apenas para uso nesse tipo específico de defeito. Todos eles possuem uma estrutura básica composta de dois discos conectados por uma estrutura central e alguns podem ser utilizados em defeitos únicos; outros, em defeitos com múltiplos orifícios (Figura 9):

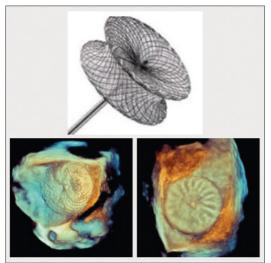


Figura 9 - Dispositivos de fechamento para CIA. Nota-se a estrutura básica composta de dois discos (atrial direito e esquerdo) ligados por uma estrutura central (cintura). Diferentes dispositivos são somente indicados para fechamento de CIA do tipo ostium secundum

Fechamento percutâneo de CIA: o papel da ecocardiografia

O uso da ecocardiografia é de fundamental importância no fechamentopercutâneo de comunicações interatriais, seja antes (avaliação do defeito), durante (implantação do dispositivo) ou após o procedimento (fechamento da CIA, efetividade, diagnóstico de complicações).

Tanto o ecocardiograma transtorácico como o transesofágico podem estabelecer a presença, o tipo, o tamanho, a direção do fluxo e a significância hemodinâmica do defeito. A medida exata do tamanho da comunicação é fator fundamental no sucesso do procedimento, evitando-se, assim, complicações decorrentes de implantes de dispositivos com tamanhos impróprios (embolização do dispositivo, fechamento parcial, erosão do dispositivo em estruturas vizinhas), assim como a avaliação da presença de tecido adjacente no septo atrial para ancoramento do dispositivo de fechamento.

Durante o procedimento, o uso da ecocardiografia é importante para a visualização da progressão de todo o sistema que leva o dispositivo através do septo interatrial até o átrio esquerdo. Depois disso, a parte atrial esquerda do dispositivo é aberta e posicionada no lado do defeito, e finalmente a parte atrial direita é aberta, posicionada e o dispositivo é liberado ocluindo-se a CIA.

Logo após a liberação do dispositivo, o uso da ecocardiografia é importante para avaliar sua localização, a presença de *shunts* residuais e possíveis complicações.

Referências

- 1. Leon MB, Smith CR, Mack MJ et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. N Engl J Med, 2016;374:1609-20.
- 2. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. J Am Soc Echocardiogr, 209;22:1-23.
- 3. Wijesinghe N, Ye J, Rodes-Cabau J et al. Transcatheter aortic valve implantation in patients with bicuspid aortic valve stenosis. JACC Cardiovasc Interv, 2010;3:1122-25.
- 4. 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 2008.
- 5. Kasel AM, Cassese S, Bleiziffer S et al. Standardized imaging for aortic annular sizing: implications for transcatheter valve selection. JACC Cardiovasc Imaging, 2013;6:249-62.
- 6. O'Sullivan KE, Gough A, Segurado R et al. Is valve choice a significant determinant of paravalular leak post-transcatheter aortic valve implantation? A systematic review and meta-analysis. Eur J Cardiothorac Surg, 2014;45:826-33.
- 7. Athappan G, Patvardhan E, Tuzcu EM et al. Incidence, predictors, and outcomes of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: meta-analysis and systematic review of literature. J Am Coll Cardiol. 2013;61:1585-95.
- 8. Maisano F, Redaelli A, Pennati G et al. The hemodynamic effects of double-orifice valve repair for mitral regurgitation: a 3D computational model. Eur J Cardiothorac Surg. 1999;15:419-25.
- 9. George JC, Varghese V, Dangas G et al. Percutaneous mitral valve repair: lessons from the EVE-REST II (Endovascular Valve Edge-to-Edge Repair Study) and beyond. JACC Cardiovasc Interv, 2011;4:825-7.
- 10. Zoghbi WA, Enriquez-Sarano M, Foster E et al. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. J Am Soc Echocardiogr, 2003;16:777-802.
- 11. 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.

- 12. Meissner I, Khandheria BK, Heit JA et al. Patent foramen ovale: innocent or guilty? Evidence from a prospective population-based study. J Am Coll Cardiol, 2006;47:440-5
- 13. Goldstein LB, Bushnell CD, Adams RJ et al. Guidelines for the primary prevention of stroke: a guideline for healthcare professional from the American Heart Association/American Stroke Association. Stroke, 2011;42:517-84.
- 14. Warnes CA, Williams RG, Bashore TM et al. ACC/AHA 2008 guidelines for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. J Am Coll Cardiol, 2008;52:e143-e263
- 15. Cohn LH. Fifty years of open-heart surgery. Circulation, 2003;107:2168-70.



SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANESTESIOLOGIA - 2018

- 01- A Evolução da Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória no Brasil
- 02- Princípios Físicos da Ecocardiografia
- 03- Artefatos e Pitfalls
- 04- Ecocardiografia Transesofágica: Exame Abrangente e Complicações
- 05- Avaliação da Função Sistólica do Ventrículo Esquerdo
- 06- Avaliação da Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo
- 07- Avaliação do Ventrículo Direito
- 08- Cálculos Hemodinâmicos
- 09- Avaliação da Válvula Mitral
- 10- Avaliação da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo, da Válvula Aórtica e da Aorta
- 11- Avaliação das Válvulas Tricúspide e Pulmonar
- 12- Massas Cardíacas e Fontes Embólicas
- 13- Utilização do Ecocardiograma Transesofágico em Cirurgias Não Cardíacas
- 14- Utilização da Ecocardiografia Transesofágica Intraoperatória nas Cardiopatias Congênitas
- 15- Aorta Torácica
- 16-Intervenções no Laboratório de Hemodinâmica



www.sbahq.org



