

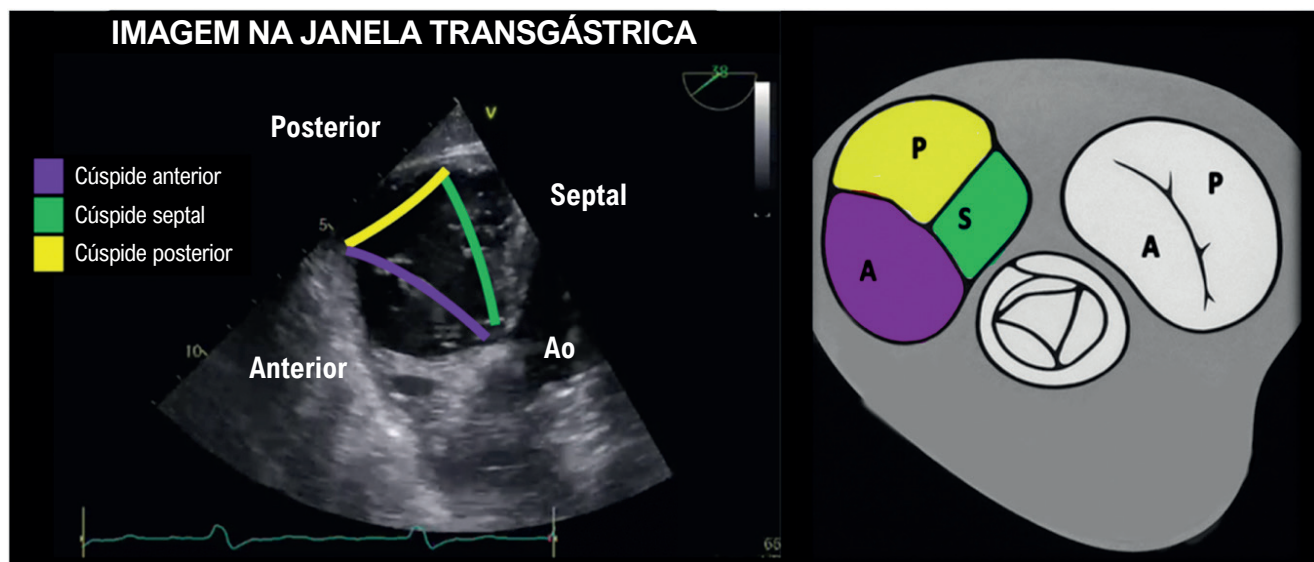


Figura 6 do artigo 2025-0064: Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter.

Editor-chefe

Marcelo Tavares

Editores associados

Andrea de Andrade Vilela
Karen Saori Shiraishi
Laura Mercer-Rosa
Márcio Miranda Brito
Paulo Savoia
Tiago Magalhães
José de Arimateia Batista
Simone Brandão
Simone Nascimento
Isabela Bispo
Cristiane Singulane
Maria Estefânia Otto

Panorama da Atuação Profissional em Tomografia e Ressonância Magnética Cardiovascular no Brasil

Segurança da Ecocardiografia de Estresse com Dobutamina Usando um Protocolo Modificado em uma População Não Seleccionada

Como Eu Faço Ecocardiograma Tridimensional na Estenose Mitral: Como e Quando

Como eu Faço para Otimizar meu Equipamento para o Uso dos Agentes de Realce Ultrassonográfico

Avaliação da Dor Torácica Aguda no Pronto-Socorro: Como o Ultrassom Point-of-Care Pode Auxiliar o Cardiologista

As Aplicações das Redes Neurais Convolucionais na Imagem Cardíaca

Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter

Papel do Ecocardiograma Transtorácico no Fechamento Percutâneo da Comunicação Interventricular



ABC
Imagem
Cardiovascular

Sumário - Contents



Clique no título para ler o artigo

Editorial

Entre o Fisiológico e o Patológico: Quando o Coração do Atleta Exige Mais do que Admiração

Between the Physiological and the Pathological Spectra: When the Athlete's Heart Demands More Than Admiration

Antonio Amador Calvilho Júnior, Julia Galetto Nisgoski, Maria Eduarda da Silva Pires, Joao Nádson Granja Nunes, Beatriz Moraes dos Santos Branco

Ecocardiograma Transesofágico Sempre Antes do TAVI?

Transesophageal echocardiogram always before TAVI?

Jairo Alves Pinheiro, João Lucas Pinheiro, Lucas Velloso Dutra, Luciano Holanda, Renata de Sá Cassar

Strain de Reservatório do Átrio Esquerdo e Hemodinâmica Cardiovascular: o que as aparências não mostram

Left Atrium Reservoir Strain and Cardiovascular Hemodynamics: the Hidden Truths Reveal Far More Than What is Readily Apparent

Renato A. Hortegal, David Le Bihan, Rodrigo Barretto, Wilson Mathias Jr.

Artigo Original – Original Article

Panorama da Atuação Profissional em Tomografia e Ressonância Magnética Cardiovascular no Brasil

Overview of Professional Practice in Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Brazil

Isabela Bispo Santos da Silva Costa, Jorge Andion Torreão, Juliano de Lara Fernandes, Henrique Trad, Gabriela Liberato, Roberto Sasdelli Neto, Silvio Henrique Barberato, Ibraim Masciarelli Pinto, Tiago Senra

Segurança da Ecocardiografia de Estresse com Dobutamina Usando um Protocolo Modificado em uma População Não Seleccionada

Safety of dobutamine stress echocardiography using a modified protocol in a large unselected population

José Sebastião de Abreu, Tereza Cristina Pinheiro Diógenes, Marília Esther Benevides Abreu, Isadora Sucupira Machado Chagas, Sarah Gomes Diógenes, Ana Gardenia Liberato Ponte Farias, Marcia Maria Carneiro

Artigo de Revisão / Como Eu Faço – Review Article / My Approach

Como Eu Faço Ecocardiograma Tridimensional na Estenose Mitral: Como e Quando

My Approach to Three-Dimensional Echocardiography in Mitral Stenosis: How and When?

Alexandre Costa Souza, Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho, Marco André Moraes Sales

Como eu Faço para Otimizar meu Equipamento para o Uso dos Agentes de Realce Ultrassonográfico

My approach to optimize my equipment for the use of ultrasound contrast agents

Marcio S. M. Lima

Avaliação da Dor Torácica Aguda no Pronto-Socorro: Como o Ultrassom Point-of-Care Pode Auxiliar o Cardiologista

Assessment of Acute Chest Pain in the Emergency Department: How Point-of-Care Ultrasound Can Assist the Cardiologist

Alexandre de Matos Soeiro, Lucas Lentini Herling de Oliveira, Rômulo Fonseca de Moraes, Tatiana de Carvalho Andreucci Torres Leal

Artigo de Revisão – Review Article

As Aplicações das Redes Neurais Convolucionais na Imagem Cardíaca

Convolutional Neural Network Applications In Cardiac Imaging

Luiz Henrique Cartaxo Fernandes, José Lucas Formiga Dantas, Marília Graziela Vieira de Macena Lima, Glaudir Donato, Marcelo Dantas Tavares de Melo

Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter

Tricuspid Valve: Anatomical Basis and Patient Selection Criteria for Transcatheter Structural Interventions

Alexandre Costa Souza, Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva, Alex dos Santos Felix

Papel do Ecocardiograma Transtorácico no Fechamento Percutâneo da Comunicação Interventricular

Role of Transthoracic Echocardiography in Percutaneous Closure of Ventricular Septal Defect

João Batista Masson Silva, Cloves Geraldino da Silva Junior

Carta Científica – Research Letter

Impressão 3D de um Coração com Amiloidose

3D Printing of a Heart With Amyloidosis

Mariana de Paula Cruz, Davi Shunji Yahiro, Daniel Gama das Neves, Renato Pereira Barbosa, Alexandre Todorovic Fabro, Pedro Manoel Marques Garibaldi, Marcus Simões, Claudio Tinoco Mesquita

Relato de Caso – Case Report

Pseudoaneurisma do Ventrículo Esquerdo Descoberto Tardamente: Um Caso Clínico Raro

Late Discovery of Left Ventricular Pseudoaneurysm: A Rare Clinical Case

Angélica Pedreira da Silva, Gilson Soares Feitosa, Gabriel de Castro Vaz Leal, Rilson Fraga Moitinho, Jorge Andion Torreão

Turmoil de Sintomas: O Impacto Devastador de um Linfoma Cardíaco – Múltiplas Manifestações Clínicas e as Causas Letais de Acometimento Cardíaco

Turmoil of Symptoms: The Devastating Impact of Cardiac Lymphoma – Multiple Clinical Manifestations and the Lethal Causes of Cardiac Involvement

XGustavo Carvalho, Maria Fernanda Miranda Carvalho, Tiago Magalhães, Alexandre Manoel Varela, Kamila Fernanda Staszko, Mariana Rie Hayashida

Síndrome de Lutembacher Associada à Hipertensão Pulmonar: A Importância do Diagnóstico Precoce para Viabilizar o Tratamento Cirúrgico

Lutembacher Syndrome Associated With Pulmonary Hypertension: The Importance of Early Diagnosis for Enabling Surgical Treatment

Ana Luiza Caldeira Lopes, Maria Estefânia Bosco Otto, Bianca Corrêa Rocha de Mello, Michelle Bruna da Silva Sena, Wagner Luis Gali

Desafios e Implicações do Defeito do Septo Atrioventricular Não Corrigido em Adultos: Um Relato de Caso Complexo

Challenges and Implications of Uncorrected Atrioventricular Septal Defect in Adults: A Complex Case Report

Saulo Rodrigo Cunha, Rafael Felipe Minotto, Fernanda Pandolfo, Fernando Colares Barros, Pedro Tregnago Barcellos, Ana Carolina Martins Mazzuca, Eduardo Gatti Pianca

Seguimento Clínico de Paciente com Cardiomiopatia Relacionada a Mutação no Gene da Filamina C

Long-term Follow-Up of a Patient with FLNC Gene Mutation-Related Cardiomyopathy: A Case Report

Isabela Bispo Santos da Silva Costa, Bruno Soares da Silva Range Antonio Tito Paladino Filho, Bruno Normande Colombo, Thamara Carvalho Moraes, Ludhmila Abrahão Hajjar



ABC
Imagem
Cardiovascular

Departamento de Imagem Cardiovascular

Diretor Presidente

Silvio Henrique Barberato - PR

Diretor Vice-Presidente Ecocardiografia

Daniela do Carmo Rassi Frota - GO

Diretor Vice-Presidente Cardiologia Nuclear

Cláudio Tinoco Mesquita - RJ

Diretor Vice-Presidente Ecografia Vascular

Salomon Israel do Amaral - RJ

Diretor Vice-Presidente de Ressonância Magnética

Isabela Bispo Santos da Silva Costa - SP

Diretor Vice-Presidente de Tomografia Computorizada

Jorge Andion Torreão - BA

Diretor Vice-Presidente de Cardiopatia Congênita E Cardiologia Pediátrica

Andressa Mussi Soares - ES

Diretor Administrativo

Adenvalva Lima de Souza Beck - DF

Diretor Financeiro

Gláucia Maria Penha Tavares - SP

Editor da Revista

Marcelo Dantas Tavares de Melo - PB

Conselho Consultivo

Membros

André Luiz Cerqueira de Almeida - BA
Arnaldo Rabischoffsky - RJ
Carlos Eduardo Rochitte - SP
Marcelo Luiz Campos Vieira - SP
Samira Saady Morhy - SP

Comissão Científica

Coordenador

Daniela do Carmo Rassi Frota - GO

Membros

Andressa Mussi Soares - ES
Cláudio Tinoco Mesquita - RJ
Isabela Bispo Santos da Silva Costa - SP
Jorge Andion Torreão - BA
Salomon Israel do Amaral - RJ

Comissão de Certificação de Área de Atuação em Ecocardiografia

Coordenador

Tatiane Mascarenhas Santiago Emerich - ES
Andrea de Andrade Vilela - SP

Membros Eco Adulto

Antonio Amador Calvilho Jr. - SP
Antonio Tito Paladino Filho - SP
Eliza de Almeida Gripp - RJ
Jaime Paula Pessoa Linhares Filho - CE
João Carlos Moron Saes Braga - SP
Marcio Mendes Pereira - MA
Paulo Henrique Nunes Pereira - PA
Renato de Aguiar Hortegal - SP
Tiago Costa Bignoto - SP
Wanessa Nakamura Guimarães - DF

Membros eco congênita

Barbara Neiva Tanaka - MA
Daniela Lago Kreuzig - SP
Danielle Lopes Rocha - ES
Halsted Alarcao Gomes Pereira da Silva - SP
Leandro Alves Freire - SP
Marcio Miranda Brito - TO
Maria Elisa Martini Albretch - SP

Seniores

Andrea de Andare Vilela - SP
Gláucia Maria Penha Tavares - SP
José Luiz Barros Pena - MG
Maria Estefania Bosco Otto - DF
Mohamed Hassan Saleh - SP
Solange Bernardes Tatani - SP

Comissão de Mídias Sociais

Coordenador

Alex dos Santos Félix - RJ
Antonio Carlos Leite de Barros Filho - SP

Membros

Barbara Athayde Linhares Martins Vrandecic - MG
Cristiane Nunes Martins - MG
José Roberto Matos Souza - SP
Simone Cristina Soares Brandão - PE

Comissão de Defesa Profissional e Relações Institucionais

Membros

Fabio Cañellas Moreira - RS
Jorge Yussef Afune - DF
Marcelo Haertel Miglitoranza - RS

Mohamed Hassan Saleh - SP
Wagner Pires de Oliveira Júnior - DF

Comissão de ensino e acreditação

Coordenador

Edgar Bezerra de Lira Filho - SP

Membros

Andrea de Andare Vilela - SP
Sandra Nívea Dos Reis Saraiva Falcão - CE

Comissão inter-societária

Coordenador

Marcelo Luiz Campos Vieira - SP

Membros

Ana Cristina de Almeida Camarozano - PR
José Luiz Barros Pena - MG
Marcelo Haertel Miglitoranza - RS

Comissão DIC jovem

Coordenadores

Bruna Morhy Borges Leal Assunção - SP
Márcio Miranda Brito - TO

Membros Eco Adulto

Carolina da Costa Mendes - SP
Manoela Falsoni - SP
Talita Beithum Ribeiro Mialski - PR
Tauin Raoni do Couto - PA

Membro TC/RM

Maria Júlia Silveira Souto - SP

Membro Ecografia Vascular

Larissa Chaves Nunes De Carvalho - SP

Membro de Cardiopatias Congênitas

Isabela de Sousa Lobo Silva - SP

Comissão ecocardiografia, cardiologia congênita e pediátrica

Coordenador

Andressa Mussi Soares - ES

Membros

Cláudia Regina Pinheiro de Castro Grau - SP
Laura Mercer Rosa - USA
Márcia Ferreira Alves Barberato - PR

PORTAL DIC

Coordenador

Alex dos Santos Félix - RJ

Conselho Administrativo – Mandato 2025 (Sociedade Brasileira de Cardiologia)

Região Norte/Nordeste

Nivaldo Menezes Filgueiras Filho (BA) – Vice-presidente do Conselho Administrativo da SBC
Sérgio Tavares Montenegro (PE)

Região Leste

Denilson Campos de Albuquerque (RJ)
Evandro Tinoco Mesquita (RJ)

Região Paulista

Ricardo Pavanello (SP)
Miguel Moretti (SP)

Região Central

Carlos Eduardo de Souza Miranda (MG)
Renault M. Ribeiro Junior (DF)

Região Sul

Paulo Ricardo Avancini Caramori (RS) – Presidente do Conselho Administrativo da SBC
Gerson Luiz Bredt Júnior (PR)

Comitê Científico (Sociedade Brasileira de Cardiologia)

Sérgio Tavares Montenegro (PE)
Miguel Moretti (SP)
Angelo de Paola (SP)

Conselho Editorial Nacional

Adelino Parro Junior
Adenvalva Lima de Souza Beck
Adriana Pereira Glavam
Afonso Akio Shiozaki
Afonso Yoshihiro Matsumoto
Alex dos Santos Félix
Alessandro Cavalcanti Lianza
Ana Clara Tude Rodrigues
Ana Cláudia Gomes Pereira Petisco
Ana Cristina de Almeida Camarozano
Wermelinger
Ana Cristina Lopes Albricker
Ana Gardenia Liberato Ponte Farias
Ana Lúcia Martins Arruda
André Luiz Cerqueira de Almeida
Andrea de Andrade Vilela
Andrea Maria Gomes Marinho Falcão
Andrei Skromov de Albuquerque
Andressa Mussi Soares
Angele Azevedo Alves Mattoso
Antonildes Nascimento Assunção Junior
Antônio Carlos Sobral Sousa
Aristarco Gonçalves de Siqueira Filho
Armando Luis Cantisano
Benedito Carlos Maciel
Brivaldo Markman Filho
Bruna Morhy Borges Leal Assunção
Caio Cesar Jorge Medeiros
Carlos Eduardo Rochitte
Carlos Eduardo Suaide Silva
Carlos Eduardo Tizziani Oliveira Lima
Cecília Beatriz Bittencourt Viana Cruz
Cintia Galhardo Tressino
Claudia Cosentino Gallafrio
Claudia Pinheiro de Castro Grau
Claudia Gianini Monaco
Cláudio Henrique Fischer
Cláudio Leinig Pereira da Cunha
Claudio Tinoco Mesquita
Clerio Francisco de Azevedo Filho
David Costa de Souza Le Bihan
Djair Brindeiro Filho
Edgar Bezerra Lira Filho
Edgar Daminello
Eliza de Almeida Gripp
Eliza Kaori Uenishi
Estela Suzana Kleiman Horowitz

Fabio de Cerqueira Lario
Fabio Villaga Guimarães Filho
Fernando Antônio de Portugal Morcerf
Frederico José Neves Mancuso
Gabriel Leo Blacher Grossman
Gabriela Liberato
Gabriela Nunes Leal
Giordano Bruno de Oliveira Parente
Gláucia Maria Penha Tavares
Henry Abensur
Ibraim Masciarelli Francisco Pinto
Ilan Gottlieb
Iran de Castro
Isabel Cristina Britto Guimarães
Ivan Romero Rivera
Jaime Santos Portugal
Jeane Mike Tsutsui
João Marcos Bemfica Barbosa Ferreira
José de Arimatéia Batista Araujo-Filho
José Lázaro de Andrade
José Luis de Castro e Silva Pretto
José Luiz Barros Pena
José Maria Del Castilho
José Olimpio Dias Júnior
José Sebastião de Abreu
José Roberto Matos-Souza
Joselina Luzia Menezes Oliveira
Jorge Andion Torreão
Juliana Fernandes Kelendjian
Laise Antonia Bonfim Guimarães
Lara Cristiane Terra Ferreira Carreira
Leina Zorzanelli
Lilian Maria Lopes
Liz Andréa Baroncini
Luciano Aguiar Filho
Luciano Herman Juçaba Belém
Luiz Darcy Cortez Ferreira
Luiz Felipe P. Moreira
Manuel Adán Gil
Marcela Momesso Peçanha
Marcelo Dantas Tavares
Marcelo Haertel Miglioranza
Marcelo Luiz Campos Vieira
Marcelo Souza Hadlich
Marcia Azevedo Caldas
Marcia de Melo Barbosa
Marcia Ferreira Alves Barberato

Márcio Silva Miguel Lima
Marcio Sommer Bittencourt
Márcio Vinícius Lins de Barros
Marcos Valério Coimbra de Resende
Maria Clementina Di Giorgi
Maria do Carmo Pereira Nunes
Maria Eduarda Menezes de Siqueira
Maria Estefânia Bosco Otto
Maria Fernanda Silva Jardim
Marly Maria Uellendahl Lopes
Miguel Osman Dias Aguiar
Minna Moreira Dias Romano
Mirela Frederico de Almeida Andrade
Murillo Antunes
Nathan Herszkowicz
Orlando Campos Filho
Oscar Francisco Sanchez Osella
Oswaldo Cesar de Almeida Filho
Otavio Rizzi Coelho Filho
Paulo Zielinsky
Rafael Bonafim Piveta
Rafael Borsoi
Renato de Aguiar Hortegal
Reginaldo de Almeida Barros
Roberto Caldeira Cury
Roberto Pereira
Rodrigo Alves Barreto
Rodrigo Julio Cerci
Samira Saady Morhy
Sandra da Silva Mattos
Sandra Marques e Silva
Sandra Nivea dos Reis Saraiva Falcão
Sérgio Cunha Pontes Júnior
Silvio Henrique Barberato
Simone Cristina Soares Brandão
Simone Rolim F. Fontes Pedra
Thais Harada Campos Espírito Santo
Tamara Cortez Martins
Valdir Ambrósio Moisés
Valeria de Melo Moreira
Vera Márcia Lopes Gimenes
Vera Maria Cury Salemi
Vicente Nicolliello de Siqueira
Washington Barbosa de Araújo
Wercules Oliveira
William Azem Chalela
Wilson Mathias Júnior
Zilma Verçosa Sá Ribeiro

Conselho Editorial Internacional

Adelaide Maria Martins Arruda Olson
Anton E. Becker
Daniel Piñeiro
Eduardo Escudero
Eduardo Guevara
Fernando Bosch
Gustavo Restrepo Molina
Harry Acquatella

João A. C. Lima
Jorge Lowenstein
Joseph Kisslo
Laura Mercer-Rosa
Leopoldo Pérez De Isla
Mani A. Vannan
Marcio Sommer Bittencourt
Natesa Pandian

Navin C. Nanda
Nuno Cardim
Raffaele De Simone
Ricardo Ronderos
Silvia Alvarez
Vera Rigolin
Vitor Coimbra Guerra

ABC Imagem Cardiovascular

Volume 38, Nº 3, Julho/Agosto/Setembro 2025

Indexação: Lilacs (Latin American and Caribbean Health Sciences Literature), Latindex (Regional Cooperative Online Information System for Scholarly Journals from Latin America, the Caribbean, Spain and Portugal) e DOAJ (Directory of Open Access Journals)



Av. Marechal Câmara, 160 - 3º andar - Sala 330
20020-907 • Centro • Rio de Janeiro, RJ • Brasil

Tel.: (21) 3478-2700

E-mail: abcimaging@cardiol.br

<https://www.abcimaging.org/>

Departamento Comercial
Telefone: (11) 3411-5500
E-mail: comercialsp@cardiol.br

Produção Editorial
SBC - Setor Científico

Produção Gráfica e Diagramação
SBC - Setor Científico

Os anúncios veiculados nesta edição são de exclusiva responsabilidade dos anunciantes, assim como os conceitos emitidos em artigos assinados são de exclusiva responsabilidade de seus autores, não refletindo necessariamente a opinião da SBC.

Material de distribuição exclusiva à classe médica. Os Arquivos Brasileiros de Cardiologia: Imagem Cardiovascular não se responsabilizam pelo acesso indevido a seu conteúdo e que contrarie a determinação em atendimento à Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 96/08 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa), que atualiza o regulamento técnico sobre Propaganda, Publicidade, Promoção e informação de Medicamentos. Segundo o artigo 27 da insígnia, "a propaganda ou publicidade de medicamentos de venda sob prescrição deve ser restrita, única e exclusivamente, aos profissionais de saúde habilitados a prescrever ou dispensar tais produtos (...)".

Garantindo o acesso universal, o conteúdo científico do periódico continua disponível para acesso gratuito e integral a todos os interessados no endereço: <https://www.abcimaging.org/>

Entre o Fisiológico e o Patológico: Quando o Coração do Atleta Exige Mais do que Admiração

Between the Physiological and the Pathological Spectra: When the Athlete's Heart Demands More Than Admiration

Antonio Amador Calvilho Júnior,^{1,2} Julia Galetto Nisgoski,² Maria Eduarda da Silva Pires,² Joao Nádson Granja Nunes,² Beatriz Moraes dos Santos Branco²

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,¹ São Paulo SP – Brasil

Universidade Paulista – Medicina,² São Paulo, SP – Brasil

A crescente participação de indivíduos em atividades esportivas de alta intensidade tem ampliado o papel da cardiologia na triagem e acompanhamento de atletas. A Morte Súbita Cardíaca (MSC), ainda que rara, reverbera fortemente na sociedade. Nesse contexto, a ecocardiografia assume um papel central, sendo o principal exame de imagem para diferenciar o coração do atleta de miocardiopatias estruturais.

O exercício prolongado e intenso induz alterações fenotípicas e fisiológicas adaptativas que melhoram a capacidade do miocárdio de suprir a demanda de oxigênio. Essas adaptações, conhecidas como “coração do atleta”, são extensamente estudadas pois precisam ser diferenciadas de doenças cardiovasculares potencialmente fatais.¹⁻³ O Coração do atleta compartilha características fenotípicas com diversas condições patológicas, como a Cardiomiopatia Hipertrófica (CMH), a Cardiomiopatia Dilatada (CMD) e a Cardiomiopatia Arritmogênica do Ventrículo Direito (CAVD).⁴ Os cardiologistas precisam estar atentos a essas sobreposições para diagnosticar corretamente e prevenir desfechos graves, especialmente em indivíduos jovens e aparentemente saudáveis, que podem não apresentar sintomas até se envolverem em exercício intenso. Ao mesmo tempo, é igualmente importante reconhecer e distinguir as alterações cardíacas adaptativas normais ao exercício, a fim de fornecer triagem precisa e orientação adequada a jovens atletas de elite.

A avaliação pré-participação esportiva é recomendada como forma de prevenção para a MSC do atleta e tem como ponto de partida a avaliação clínica e o eletrocardiograma. Entretanto, estima-se que até 16% dos casos de MSC estejam associados a doenças cardíacas estruturais que não apresentam anormalidades eletrocardiográficas.⁵ Esses casos poderiam ser detectados de forma precoce por meio de exames de imagem cardiovascular. Por essa razão, algumas organizações esportivas profissionais passaram a incluir o ecocardiograma, ferramenta de baixo custo e amplamente disponível, como exame de triagem inicial, ou até como exame único realizado na primeira avaliação do atleta.^{6,7}

Palavras-chave

Ecocardiografia; Cardiomegalia Induzida por Exercícios; Cardiomiopatias

Correspondência: Antonio Amador Calvilho Júnior •

UNIP Sorocaba – Departamento Medicina, Av. Independência, 210, Bairro Iporanga, Sorocaba, CEP: 18087-101. São Paulo, SP – Brasil
E-mail: dr.calvilho@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250059>

Este editorial tem como foco destacar a importância da identificação de sinais de alerta (*red flags*) ecocardiográficos no coração do atleta, que devem deflagrar investigações adicionais ou afastamento temporário das atividades. Tais achados estão na fronteira entre adaptações fisiológicas e manifestações iniciais de doenças potencialmente fatais e detectá-los depende da obtenção efetiva das informações ecocardiográficas e sua adequada interpretação. Portanto, estabelecer o escopo das análises pertinentes ao exame ecocardiográfico nesta população é importante, bem como definir quais adaptações são esperadas e quando estas devem levantar suspeita de origem patológica.

Avaliação Ecocardiográfica Abrangente no Atleta

Uma ecocardiografia bem conduzida deve seguir os protocolos mínimos de qualidade, sendo adaptada ao contexto clínico do atleta.⁸ Para aumentar a sensibilidade na detecção de cardiopatias estruturais, recomenda-se garantir que no ecocardiograma dos atletas incluam-se:

1. Múltiplos cortes no eixo curto para avaliar a espessura das paredes ventriculares em todos segmentos.
2. Avaliação detalhada da presença de trabeculações miocárdicas.
3. Visualização da origem das artérias coronárias esquerda e direita.
4. Medição do Strain Longitudinal Global (SLG) do ventrículo esquerdo e Strain do Átrio Esquerdo (SAE) sempre que possível.

Ecocardiografia no Atleta: O que se Espera?

Avaliar o coração de um atleta exige do ecocardiografista não apenas o domínio técnico, mas também a sensibilidade clínica para reconhecer as complexidades e nuances do remodelamento fisiológico. É essencial admitir que, em muitos casos, haverá incertezas na interpretação dos achados, o que pode demandar investigações complementares mais específicas e direcionadas. Para isso, o profissional deve compreender as adaptações cardíacas esperadas, a variabilidade dos achados de acordo com o tipo e o volume do exercício e o impacto de fatores como etnia, sexo, idade e composição corporal do atleta.⁸

As alterações estruturais e funcionais do coração do atleta variam amplamente de acordo com o tipo predominante de esforço envolvido na prática esportiva. Esportes de resistência, por exemplo, tendem a provocar maior dilatação das câmaras cardíacas, enquanto esportes de força podem levar

a um aumento mais pronunciado da espessura das paredes ventriculares. A tabela 1 resume as principais características ecocardiográficas esperadas no coração normalmente adaptado do atleta.

Red Flags Ecocardiográficas: Como Reconhecer Alterações Suspeitas no Coração do Atleta

Determinados achados ecocardiográficos devem levantar suspeita de patologia em atletas por destoarem das adaptações fisiológicas típicas. Uma parede septal com espessura > 15 mm ou assimetria significativa aponta para possível CMH. Dilatação atrial esquerda desproporcional à ventricular indica sobrecarga crônica ou disfunção

diastólica. Valores de E/e' superiores a 14 sugerem elevação da pressão de enchimento ventricular, o que não é habitual em adaptações normais. A redução do SLG (< -16%) pode revelar disfunção subclínica mesmo com fração de ejeção preservada, enquanto a medida strain reservatório do AE abaixo de 38% é sinal precoce de comprometimento da complacência atrial. Além disso, presença de trabeculações excessivas, aneurismas apicais ou disfunção segmentar foge ao padrão fisiológico. Esses critérios fundamentam a necessidade de investigação adicional.²

A tabela 2 resume as principais *red flags* ecocardiográficas, suas entidades relacionadas e o racional envolvido para que cada uma delas seja considerada um sinal de alerta.

Tabela 1 – Achados ecocardiográficos normais no coração do atleta²

Achado ecocardiográfico	Descrição nos atletas
Dilatação das câmaras cardíacas	Dilatação simétrica de VE e VD; comum em diversas modalidades.
Espessamento ventricular esquerdo	Leve aumento da espessura da parede, especialmente em atletas de <i>Endurance</i> (resistência).
Remodelamento excêntrico do VE	Aumento de volume do VE sem espessura desproporcional.
Função sistólica do VE	Preservada ou aumentada quando avaliada por métodos específicos, como a deformação longitudinal pelo speckle tracking, isto é evidente mesmo quando a fração de ejeção apresenta-se discretamente reduzida.
Função diastólica	A função diastólica do VE costuma estar preservada ou até otimizada em estados adaptativos, como é o caso do padrão “supernormal” com relação E/A do fluxo mitral >2.
Dilatação atrial	Dilatação biatrial frequente, especialmente em homens.
Raiz aórtica	Dilatação leve da raiz aórtica pode ocorrer dentro de limites fisiológicos.

AE: Átrio esquerdo; VD: Ventriculo direito; VE: ventriculo esquerdo.

Tabela 2 – Red flags ecocardiográficas^{2,4,8-10}

Red Flag Ecocardiográfica	Possível Entidade Associada	Justificativa Clínica
Espessura septal ≥ 15 mm ou Espessura septal entre 13–15 mm e associada a DDVE ≤ 53 mm, diâmetro anteroposterior do AE ≤ 39 mm, disfunção diastólica geometria concêntrica ou assimetria da hipertrofia (relação SIV:PP ≤ 1,3)	Cardiomiopatia hipertrófica	Valores superiores aos limites fisiológicos sugerem patologia estrutural. Os valores que caem na zona cinzenta (13–15 mm) quando associados a câmaras pequenas e/ou assimetria e/ou disfunção diastólica também sugerem cardiomiopatia hipertrófica.
Dilatação ventricular esquerda isolada	Cardiomiopatia dilatada	Dilatação ventricular esquerda isolada não deve ser considerada fisiológica e deve levantar suspeitas imediatas para cardiomiopatia dilatada.
Dilatação atrial esquerda desproporcional ou aumento pronunciado do diâmetro anteroposterior do AE (homem > 50 mm - mulher > 45 mm)	Cardiomiopatia hipertrófica ou disfunção diastólica precoce	Embora possa ocorrer isoladamente, em situações adaptativas fisiológicas tende a coexistir com aumento ventricular, portanto o aumento isolado ou desproporcional do AE deve levantar suspeita de causa patológica.

$E/e' > 14$	Aumento da pressão de enchimento ventricular	Indicador de pressão de enchimento elevada, condição não usual no atleta saudável e que indica presença de doença miocárdica.
$FEVE \leq 47\%$	Cardiomiopatia dilatada	Existe de fato uma queda na FEVE de repouso dos atletas (ficando entre 53-48%), mas valores abaixo desta margem levantam suspeita de cardiomiopatia.
$SGL < -16\%$	Cardiomiopatia hipertrófica (se associado a hipertrofia do VE) ou disfunção subclínica do VE de qualquer etiologia	Alteração funcional precoce, mesmo com Fração de Ejeção Preservada. A hipertrofia adaptativa do VE não reduz o SGL.
$SRAE < 38\%$	Disfunção diastólica ou sobrecarga crônica	Sinal precoce de perda de complacência atrial.
Trabeculações excessivas + disfunção segmentar e/ou afilamento da parede miocárdica (espessura diastólica final < 5 mm)	Miocárdio não compactado	Trabeculações proeminentes podem ocorrer no atleta saudável, porém a concomitância de disfunção segmentar e/ou afilamento de parede miocárdica indica origem patológica.
Dilatação importante do VE + disfunção sistólica	Cardiomiopatia dilatada	Combinação incompatível com adaptação fisiológica isolada.
Dilatação do VD* + anormalidades contráteis ou aneurismas (inclusive no VE)	Cardiomiopatia arritmogênica do VD	Sugere envolvimento estrutural do VD fora do espectro do atleta.
Anomalias da origem das artérias coronárias	Trajetos malignos da artéria coronária suscetível à isquemia	Anormalidades que indiquem trajeto interarterial ou intramural são suscetíveis à obstrução coronária e, portanto, risco de morte súbita. Até mesmo as anomalias não classicamente malignas (trajeto retroaórtico e pré-pulmonar) devem indicar avaliação adicional.

* A presença de disfunção longitudinal do VD ($S' \leq 9$ cm/s e/ou $TAPSE \leq 16$ mm) ou FAC do VD reduzida ($< 31\%$) não é normal em atletas e indica avaliação adicional com ecocardiografia de esforço. AE: Átrio esquerdo; DDVE: Diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; FEVE: Fração de ejeção do ventrículo esquerdo; PP: Parede posterior; SGL: Strain global longitudinal; SIV: Septo interventricular; SRAE: Strain reservatório do átrio esquerdo; VD: Ventrículo direito.

Como Conduzir Achados Suspeitos no Ecocardiograma de Atletas?

A identificação de uma *red flag* ecocardiográfica não deve, por si só, levar ao afastamento imediato do atleta. O achado isolado precisa ser interpretado dentro de um contexto clínico mais amplo, que inclua: sintomas, histórico familiar de morte súbita ou cardiopatia, achados eletrocardiográficos e o tipo de esporte praticado. Nessa abordagem integrada, o papel do ecocardiografista é fundamental, não apenas para descrever alterações estruturais ou funcionais, mas também para reconhecer padrões que exigem investigação complementar. Isso pode envolver exames adicionais como ecocardiografia

tridimensional, ressonância magnética cardíaca, teste ergométrico e testes genéticos.

Conclusão

A ecocardiografia permanece como a principal ferramenta na avaliação estrutural e funcional do coração do atleta. A compreensão de seus limites e possibilidades, associada à experiência do ecocardiografista, é essencial para reconhecer os verdadeiros sinais de alerta e garantir a segurança do indivíduo sem restringir desnecessariamente a prática esportiva.

Referências

- Maron BJ. Structural Features of the Athlete Heart as Defined by Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1986;7(1):190-203. doi: 10.1016/s0735-1097(86)80282-0.
- Flanagan H, Cooper R, George KP, Augustine DX, Malhotra A, Paton MF, et al. The Athlete's Heart: Insights from Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2023;10(1):15. doi: 10.1186/s44156-023-00027-8.

3. Maron BJ, Pelliccia A, Spirito P. Cardiac Disease in Young Trained Athletes. Insights Into Methods for Distinguishing Athlete's Heart from Structural Heart Disease, with Particular Emphasis on Hypertrophic Cardiomyopathy. *Circulation*. 1995;91(5):1596-601. doi: 10.1161/01.cir.91.5.1596.
4. Albaeni A, Davis JW, Ahmad M. Echocardiographic Evaluation of the Athlete's Heart. *Echocardiography*. 2021;38(6):1002-16. doi: 10.1111/echo.15066.
5. Maron BJ, Doerer JJ, Haas TS, Tierney DM, Mueller FO. Sudden Deaths in Young Competitive Athletes: Analysis of 1866 Deaths in the United States, 1980-2006. *Circulation*. 2009;119(8):1085-92. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.108.804617.
6. Niederseer D, Rossi VA, Kissel C, Scherr J, Caselli S, Tanner FC, et al. Role of Echocardiography in Screening and Evaluation of Athletes. *Heart*. 2020;heartjnl-2020-317996. doi: 10.1136/heartjnl-2020-317996.
7. Mont L, Pelliccia A, Sharma S, Biffi A, Borjesson M, Terradellas JB, et al. Pre-Participation Cardiovascular Evaluation for Athletic Participants to Prevent Sudden Death: Position Paper from the EHRA and the EACPR, Branches of the ESC. Endorsed by APHRS, HRS, and SOLAECE. *Europace*. 2017;19(1):139-63. doi: 10.1093/europace/euw243. Epub 2016 Nov 4. PMID: 27815371.
8. Oxborough D, George K, Cooper R, Bhatia R, Ramcharan T, Zaidi A, et al. Echocardiography in the Cardiac Assessment of Young Athletes: A 2025 Guideline from the British Society of Echocardiography (Endorsed by Cardiac Risk in the Young). *Echo Res Pract*. 2025;12(1):7. doi: 10.1186/s44156-025-00069-0.
9. Mancuso FJN. My Approach to "Athlete's Heart": Evaluation of the Different Types of Adaptation to Exercise. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2023;36(1):e20230002. doi:10.36660/abcimg.20230002.
10. Pelliccia A, Maron BJ, Di Paolo FM, Biffi A, Quattrini FM, Pisicchio C, et al. Prevalence and Clinical Significance of Left Atrial Remodeling in Competitive Athletes. *J Am Coll Cardiol*. 2005;46(4):690-6. doi: 10.1016/j.jacc.2005.04.052.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Ecocardiograma Transesofágico Sempre Antes do TAVI?

Transesophageal echocardiogram always before TAVI?

Jairo Alves Pinheiro,^{1,2,3} João Lucas Pinheiro,⁴ Lucas Velloso Dutra,^{1,4,5} Luciano Holanda,^{2,3} Renata de Sá Cassar,^{2,6}

Hospital Sirio-Libanes,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital do Coração,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital Samaritano de São Paulo,³ São Paulo, SP – Brasil

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,⁴ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Edmundo Vasconcelos,⁵ São Paulo, SP – Brasil

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP),⁶ São Paulo, SP – Brasil

A imagem cardiovascular é crucial na seleção e no planejamento das intervenções em Doença Cardíaca Estrutural.¹

O Implante Transcateter da Valva Aórtica (TAVI) transformou o manejo da estenose aórtica (EAO) grave em populações de alto risco cirúrgico e atualmente encontra-se em expansão para populações de risco intermediário e baixo.²

O ecocardiograma transesofágico (ETE) oferece alta resolução espacial e excelente caracterização anatômica da válvula aórtica. No entanto, trata-se de um exame semi-invasivo, que exige preparo, jejum e sedação. Além disso, pode gerar desconforto e apresenta riscos, ainda que baixos, como perfuração esofágica e broncoaspiração.¹

Apesar da importância histórica do ETE no TAVI, seu uso rotineiro antes do procedimento tem sido questionado. Em geral, nesse cenário, o ecocardiograma transtorácico (ETT) é o exame inicial na avaliação da quantificação da gravidade, função ventricular e outras valvulopatias associadas, enquanto a angiotomografia computadorizada (Angio TC) tornou-se o padrão para o planejamento e escolha da prótese.³

As diretrizes atuais da ACC/AHA (2020) e da ESC (2021) não recomendam o uso sistemático do ETE antes do TAVI. Assim, o fluxograma é centrado no ETT e na Angio TC, com o ETE reservado para situações específicas como: imagens subótimas no ETT ou Angio TC inconclusiva, dúvida ou discrepância diagnóstica na gravidade da EAO, presença de refluxo aórtico desproporcional ao grau de calcificação valvar, avaliação de valvulopatias associadas, avaliação da suspeita de endocardite, insuficiência renal grave, alergia ao contraste iodado e presença de fibrilação atrial em que se considera a oclusão do apêndice atrial esquerdo combinado

ao TAVI. Nesses contextos, o ETE acrescenta informação clínica essencial e pode alterar a conduta.^{4,5,6}

Outro ponto relevante é o uso do ETE durante o procedimento, pois ele é útil para avaliar o posicionamento da prótese, o refluxo periprotético residual, a função ventricular e as complicações imediatas (ruptura de anel, dissecação aórtica, disfunção protética precoce).^{1,7}

Todavia, em casos selecionados pelo “Heart Team”, o TAVI “minimalist approach” tem se tornado cada vez mais frequente. Nesses casos, o monitoramento e avaliação são realizados com o ETT, e o ETE fica reservado como apoio na avaliação de complicações como localização e quantificação do refluxo periprotético, dissecação de aorta e defeitos de Gerbode adquiridos.^{1,7}

No contexto do “Heart Team”, o ecocardiografista é parte integrante e deve assumir postura crítica e seletiva, optando pelo ETE antes do TAVI e/ou intraprocedimento apenas quando a sua contribuição for clara.¹

Sendo assim, a resposta à pergunta inicial é NÃO.

O ETE não deve ser obrigatório antes do TAVI, mas sim estar reservado para casos selecionados, nos quais o ETT ou a Angio TC não podem oferecer informações suficientes para um planejamento seguro e eficaz.^{3,6}

Em um ambiente de medicina baseada em valor, a realização de exames deve ser guiada por benefício clínico real, e não por protocolos institucionais automáticos.

O uso racional preserva sua alta utilidade clínica e evita riscos desnecessários aos pacientes.⁶

Palavras-chave

Substituição da Valva Aórtica Transcateter; Ecocardiografia Transesofágica; Estenose da Valva Aórtica; Imageamento por Ressonância Magnética

Correspondência: Jairo Alves Pinheiro •

Hospital Sirio-Libanes – Ecocardiografia. Rua Dona Adma Jafet, 115. CEP: 01308-050, Bela Vista, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: jairoanapinheiro@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250060>

Referências

1. Hahn RT, Little SH, Monaghan MJ, Kodali SK, Williams M, Leon MB, et al. Recommendations for Comprehensive Intraprocedural Echocardiographic Imaging During TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8(3):261-87. doi: 10.1016/j.jcmg.2014.12.014.
2. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, Pibarot P, Hahn RT, Genereux P, et al. Transcatheter aortic-valve replacement in low-risk patients at five years. *N Engl J Med*. 2023;389(21):1949-60. doi:10.1056/NEJMoa2307447.
3. Blanke P, Weir-McCall JR, Achenbach S, Delgado V, Hausleiter J, Jilaihawi H, Marwan M, Nørgaard BL, Piazza N, Schoenhagen P, Leipsic JA. Computed tomography imaging in the context of transcatheter aortic valve implantation/transcatheter aortic valve replacement: An expert consensus document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(1):1-24. doi:10.1016/j.jcmg.2018.06.003.
4. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, 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(4):303-71. doi: 10.1016/j.echo.2017.01.007.
5. Cahill TJ, Baddour LM, Habib G, Hoen B, Salaun E, Pettersson GB, Schäfers HJ, Prendergast BD. Challenges in infective endocarditis. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(3):325-344. doi:10.1016/j.jacc.2016.10.066.
6. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2021;143:e72-e227. doi: 10.1161/CIR.0000000000000923.
7. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
8. Alkhouli M, Hijazi ZM, Holmes DR, Rihal CS, Wiegers SE. Intracardiac echocardiography in structural heart disease interventions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2018;11(21):2135-2148. doi:10.1016/j.jcin.2018.06.056.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Strain de Reservatório do Átrio Esquerdo e Hemodinâmica Cardiovascular: o que as aparências não mostram

Left Atrium Reservoir Strain and Cardiovascular Hemodynamics: the Hidden Truths Reveal Far More Than What is Readily Apparent

Renato A. Hortegal,^{1,2} David Le Bihan,^{1,2} Rodrigo Barretto,¹ Wilson Mathias Jr.^{1,2}

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP),¹ São Paulo, SP – Brasil
Grupo Fleury,² São Paulo, SP – Brasil

*“If it is any point requiring reflection,
we shall examine it to better purpose in the dark.”*

— Edgar Allan Poe, *The Purloined Letter* (1844)

Nos últimos 15 anos, a Ecocardiografia com *Speckle Tracking* tem se consolidado como uma técnica robusta na avaliação da função miocárdica global e regional. Entre suas aplicações em expansão, o Strain do Átrio Esquerdo (AE), principalmente na fase de reservatório, emergiu como um parâmetro clinicamente relevante. Um Strain do reservatório do AE (LASr) reduzido tem sido associado a pressões de enchimento elevadas do Ventrículo Esquerdo (VE), recorrência de fibrilação atrial, internações por insuficiência cardíaca e mortalidade cardiovascular geral.^{1,2} Refletindo esse crescente conjunto de evidências, o LASr foi formalmente incorporado à prática clínica nas “Recomendações para a Avaliação da Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo por Ecocardiografia e para o Diagnóstico de Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção Preservada: Uma Atualização da Sociedade Americana de Ecocardiografia”,³ recentemente publicadas.

Apesar disso, a complexidade da mecânica do AE tem seguido, em grande parte, uma abordagem excessivamente simplificada: frequentemente é tratada como um marcador substituído das pressões de enchimento, avaliada de forma isolada e interpretada com valores de corte fixos, sem integrar o contexto hemodinâmico e mecânico em que o átrio opera. Embora tal abordagem tenha facilitado sua adoção clínica, ela pode obscurecer nuances fisiológicas importantes e levar a interpretações errôneas em cenários complexos.

A parede do Átrio Esquerdo é histologicamente semelhante às veias pulmonares, com espessura média variando de 2,3 a 4,4 mm, o que corresponde a menos de 30% da espessura da parede do VE.⁴ Isso a torna altamente sensível à influência

mecânica de estruturas adjacentes que operam em uma escala de força muito maior. Portanto, do ponto de vista fisiológico, o strain do reservatório do AE é um biomarcador composto, moldado por pelo menos três componentes principais:^{5,6}

1. Relaxamento atrial precoce, refletido na onda S1 do fluxo venoso pulmonar, que indica a fase inicial de sucção da função de reservatório. Isso se torna ainda mais evidente quando as alterações do volume do AE são analisadas juntamente com as formas de onda da pressão do AE e, eventualmente, aparece como um entalhe sutil no início da curva LASr.
2. Função sistólica longitudinal do ventrículo, responsável pelo deslocamento apical do plano Atrioventricular (AV) durante a sístole. Este componente distende a parede do AE e contribui diretamente para a amplitude do strain do reservatório.
3. Pressão atrial esquerda, particularmente a onda V, que modula a tensão da parede atrial e a complacência do AE.

Essas três forças interagem dinamicamente e definem a forma e a magnitude da curva LASr. Corroborando este conceito, estudos fisiológicos mostram que alterações agudas na pós-carga, como aquelas induzidas pela manobra de handgrip, podem impactar significativamente o strain de reservatório do AE.⁷ Nesse contexto, o aumento da pressão do VE resulta em padrões alterados do LASr, mesmo na ausência de alterações intrínsecas da função atrial, destacando a sensibilidade desta métrica às condições de carga (Figura 1).

Essa interação fisiológica pode gerar insights clínicos práticos. Considere pacientes com regurgitação mitral não grave submetidos à Terapia de Ressincronização Cardíaca (TRC). A melhora da regurgitação mitral frequentemente reduz a pré-carga do AE⁸ e, subsequentemente, diminui o LASr, apesar da remodelação favorável do VE e da diminuição do volume sistólico final do VE. Sem uma contextualização hemodinâmica, esse aparente paradoxo pode ser mal interpretado como piora funcional, quando, na realidade, reflete a normalização das condições de carga.

Um segundo cenário, mais complexo, envolve pacientes com estenose aórtica paradoxal de baixo fluxo e baixo gradiente, um subgrupo que frequentemente se associa à fisiologia da ICPEP. Nesses casos, a infusão de nitroprussiato em baixas doses tem sido explorada como uma ferramenta hemodinâmica para avaliar a reserva contrátil e orientar o tratamento. A avaliação simultânea da Pressão Capilar Pulmonar (PCP) e do strain do AE durante a vasodilatação pode oferecer insights adicionais:

Palavras-chave

Ecocardiografia; Hemodinâmica; Átrios do Coração; Função Atrial

Correspondência: David Le Bihan •

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP) – Av. Dr. Enéas Carvalho de Aguiar, 44. CEP: 05403-900, Cerqueira César, São Paulo, SP – Brasil
E-mail: david.bihan@hc.fm.usp.br

DOI: <https://doi.org/10.36660/abc.20250068>

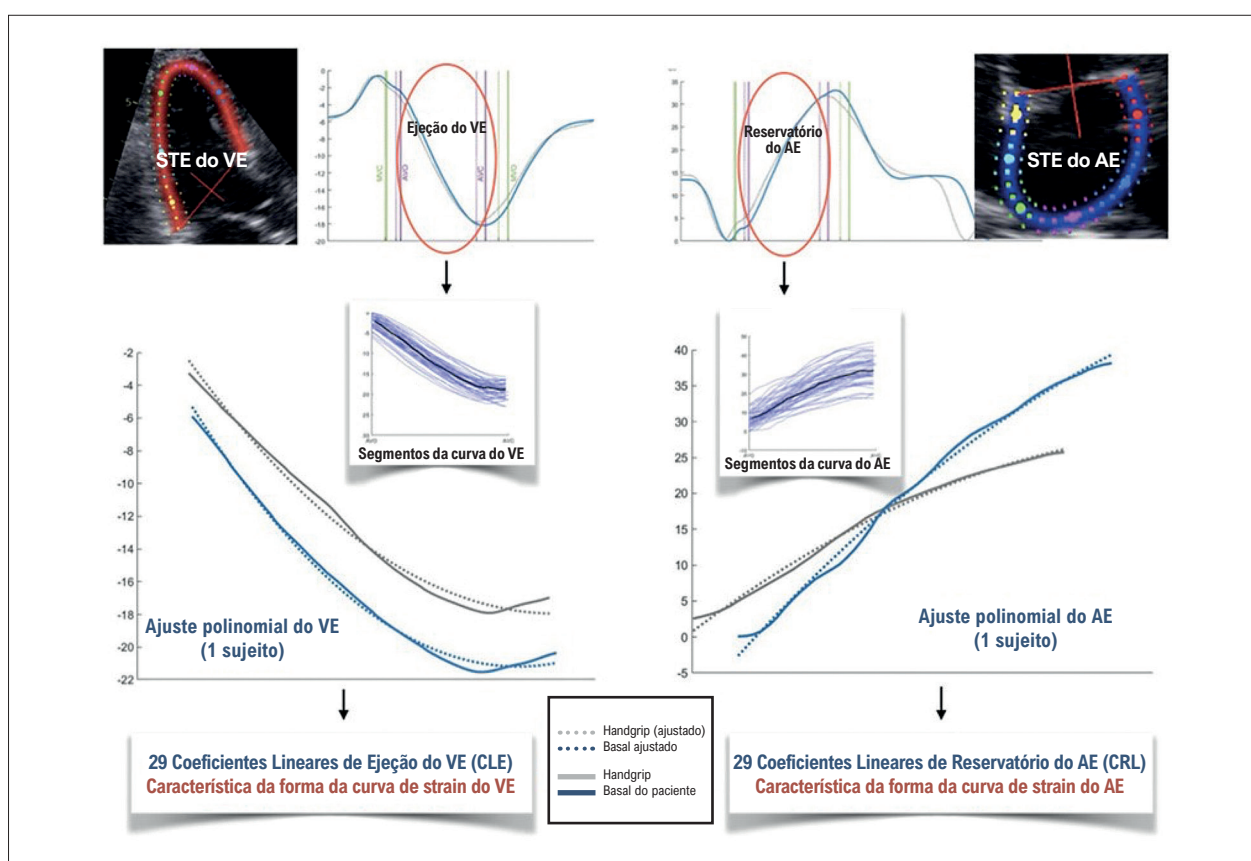


Figura 1 – A Ecocardiografia com Speckle Tracking (STE) foi utilizada para extrair segmentos da curva de strain do Ventrículo Esquerdo (VE) durante a fase de ejeção e do Átrio Esquerdo (AE) durante a fase de reservatório. A regressão polinomial foi aplicada a cada segmento, gerando 29 coeficientes de forma por fase: Coeficientes Lineares de Ejeção do VE (CLE) e Coeficientes Lineares de Reservatório do AE (CRL). As curvas de um indivíduo representativo (em azul) são exibidas juntamente com os ajustes polinomiais do conjunto de curvas para as condições basais e durante a manobra de handgrip (linhas pontilhadas). Essa abordagem foi utilizada para avaliar quantitativamente a mecânica miocárdica ventricular e atrial, para além dos valores de pico de strain. A elevação aguda da pós-carga induzida pela manobra de handgrip mobiliza a reserva contrátil do VE e, em ventrículos com reserva limitada, reduz a velocidade e a magnitude da contração. Esse desbalanço pode resultar em disfunção sistólica do VE mediada por pós-carga e modificar a inclinação da curva de strain de reservatório do AE, alterando consequentemente o seu formato global. Essas alterações são capturadas quantitativamente por meio das mudanças nos coeficientes polinomiais,⁶ fornecendo um marcador quantitativo de acoplamento atrioventricular e de reserva funcional sob estresse.

uma diminuição na PCP e um aumento no LASr em resposta à redução da pressão do AE podem indicar um fenótipo sensível à carga, com aumento da disfunção sistólica e diastólica mediada pela pós-carga, o que corrobora a priorização da terapia medicamentosa orientada por diretrizes para ICDEF e traz cautela e preocupações em relação a tratamentos mais invasivos, como o Implante de Válvula Aórtica Transcaterter (TAVI), que pode levar a um aumento adicional na carga vascular pulsátil e, consequentemente, piorar o acoplamento ventrículo-vascular anormal.⁹ Embora essas estratégias permaneçam exploratórias, elas refletem um reconhecimento crescente de que a avaliação dinâmica da mecânica atrial pode enriquecer o processo diagnóstico e terapêutico.

Outro fato que precisamos considerar é a interação existente entre as diferentes fases da fisiologia Atrial Esquerda. Em algumas circunstâncias, uma diminuição da pressão atrial esquerda pode não ter efeito sobre a fase de reservatório. Isso provavelmente ocorre porque essa fase também reflete

a rigidez do átrio esquerdo, que pode ser impactada pela cronicidade da doença. Nesses casos, a função contrátil ativa do átrio esquerdo pode indicar melhorias na hemodinâmica com mais precisão.¹⁰

Em conclusão, o LASr deve ser interpretado não apenas como um marcador estático da função atrial, mas sim como um sinal dinâmico, modulado pela mecânica ventricular e pelas condições de carga. Não é simplesmente o valor numérico do LASr que é revelado, mas o que pode ser inferido a partir do formato da sua curva, do contexto hemodinâmico e da variação sob estresse, que demanda investigação. Estudos futuros devem buscar refinar sua aplicação por meio de abordagens multiparamétricas integradas, incorporando marcadores de strain e hemodinâmicos. Essas estratégias podem aumentar a precisão diagnóstica da ecocardiografia em condições complexas como ICDEF, doença valvar e cardiomiopatia atrial, nas quais a compreensão do coração como um sistema, e não como câmaras isoladas, é fundamental.

Referências

1. Almeida ALC, Melo MDT, Bihan DCSL, Vieira MLC, Pena JLB, Del Castillo JM, et al. Position Statement on the Use of Myocardial Strain in Cardiology Routines by the Brazilian Society of Cardiology's Department Of Cardiovascular Imaging - 2023. *Arq Bras Cardiol.* 2023;120(12):e20230646. doi: 10.36660/abc.20230646.
2. Thomas L, Marwick TH, Popescu BA, Donal E, Badano LP. Left Atrial Structure and Function, and Left Ventricular Diastolic Dysfunction: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(15):1961-77. doi: 10.1016/j.jacc.2019.01.059.
3. Nagueh SF, Sanborn DY, Oh JK, Anderson B, Billick K, Derumeaux G, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography and for Heart Failure with Preserved Ejection Fraction Diagnosis: An Update from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2025;38(7):537-69. doi: 10.1016/j.echo.2025.03.011.
4. Ho SY, Cabrera JA, Sanchez-Quintana D. Left Atrial Anatomy Revisited. *Circ Arrhythm Electrophysiol.* 2012;5(1):220-8. doi: 10.1161/CIRCEP.111.962720.
5. Hoit BD, Gabel M. Influence of Left Ventricular Dysfunction on the Role of Atrial Contraction: An Echocardiographic-Hemodynamic Study in Dogs. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36(5):1713-9. doi: 10.1016/s0735-1097(00)00922-0.
6. Nishimura RA, Abel MD, Hatle LK, Tajik AJ. Relation of Pulmonary Vein to Mitral Flow Velocities by Transesophageal Doppler Echocardiography. Effect of Different Loading Conditions. *Circulation.* 1990;81(5):1488-97. doi: 10.1161/01.cir.81.5.1488.
7. Uemoto RV, Cancellier R, Hortegal R, Freitas RV, Maduro Y, Paganelli M, et al. The Impact of Isometric Handgrip Testing in Left Atrial Reservoir Function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2022;23(Suppl 1):jeab289.104. doi:10.1093/ehjci/jeab289.104.
8. Russo E, Russo G, Cassese M, Braccio M, Carella M, Compagnucci P, et al. The Role of Cardiac Resynchronization Therapy for the Management of Functional Mitral Regurgitation. *Cells.* 2022;11(15):2407. doi: 10.3390/cells11152407.
9. Reddy YNV, Nishimura RA. Paradox of Low-Gradient Aortic Stenosis. *Circulation.* 2019;139(19):2195-7. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.038252.
10. Le Bihan DC, Togna DJD, Barretto RB, Assef JE, Machado LR, Ramos AI, et al. Early Improvement in Left Atrial Remodeling and Function after Mitral Valve Repair or Replacement in Organic Symptomatic Mitral Regurgitation Assessed by Three-Dimensional Echocardiography. *Echocardiography.* 2015;32(7):1122-30. doi: 10.1111/echo.12817.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Panorama da Atuação Profissional em Tomografia e Ressonância Magnética Cardiovascular no Brasil

Overview of Professional Practice in Computed Tomography and Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Brazil

Isabela Bispo Santos da Silva Costa,¹ Jorge Andion Torreão,² Juliano de Lara Fernandes,³ Henrique Trad,⁴ Gabriela Liberato,⁵ Roberto Sasdelli Neto,⁶ Silvio Henrique Barberato,^{7,8} Ibraim Masciarelli Pinto,⁹ Tiago Senra⁹

Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Santa Izabel,² Salvador, BA – Brasil

Instituto de Ensino e Pesquisa Jose Michel Kalaf,³ Campinas, SP – Brasil

Lotus Radiologia,⁴ Ribeirão Preto, SP – Brasil

Instituto do Coração (Incor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP),⁵ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Israelita Albert Einstein,⁶ Paulo, SP – Brasil

CardioEco Centro de Diagnostico Cardiovascular,⁷ Curitiba, PR – Brasil

Quanta Diagnóstico e Terapia – Ecocardiografia,⁸ Curitiba, PR – Brasil

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,⁹ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

Fundamento: O diagnóstico por imagem não invasivo nas doenças cardiovasculares vem crescendo em números e relevância nos últimos anos, sendo importante para detecção precoce de doenças cardiovasculares. Há escassez de dados brasileiros sobre disponibilidade dos métodos como tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética cardiovascular (RMC).

Objetivo: Este estudo avaliou a distribuição regional da prática profissional e da realização desses exames, correlacionando com dados populacionais e número de profissionais atuantes.

Métodos: Foi feito um levantamento por meio de questionário online aplicado aos profissionais que laudam TC e RMC e comparado aos dados demográficos e número de exames realizados nos sistemas públicos e privados brasileiros.

Resultados: Um total de 219 profissionais responderam ao questionário, sendo 139 (63,8%) do sexo masculino, 161 (73,9%) cardiologistas e 46 (21,1%) radiologistas. De acordo com a região, nota-se: Sudeste com 125 profissionais (57,3%), Nordeste com 35 (16,1%), Sul com 30 (13,8%), Centro-Oeste com 22 (10,1%) e Norte com 6 (2,8%). O perfil desses profissionais nas diferentes regiões do país é semelhante, não se observando diferenças estatísticas com relação à proporção de homens ($p = 0,2451$), cardiologistas ($p = 0,1325$), radiologistas ($p = 0,4564$), tempo de treinamento > 2 anos ($p = 0,8519$). O Sudeste apresentou o maior número absoluto de exames e a região Norte o menor número de exames.

Conclusão: Os dados revelam disparidades estruturais no acesso à imagem cardiovascular no Brasil, no que se refere a números de profissionais e números de exames realizados. As diferentes realidades demográficas e econômicas nas regiões brasileiras estão em consonância com as discrepâncias regionais encontradas neste estudo.

Palavras-chave: Tomografia Computadorizada por Raios X; Imageamento por Ressonância Magnética; Doenças Cardiovasculares; Sistema Único de Saúde; Saúde Suplementar.

Abstract

Background: Non-invasive imaging for cardiovascular disease diagnosis has grown in volume and relevance in recent years, and it is important for early detection of cardiovascular diseases. There is a lack of data from Brazil on the availability of methods such as computed tomography (CT) and cardiac magnetic resonance imaging (CMR).

Objective: This study assessed the regional distribution of professional practice and the exams performed, correlating these factors with population data and the number of active professionals.

Correspondência: Isabela Bispo Santos da Silva Costa •

Universidade de São Paulo Instituto do Câncer do Estado de São Paulo. Av. Dr. Arnaldo, 251. CEP: 01246-000, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: isabelabispo@yahoo.com.br

Manuscrito recebido em 04/08/2025; revisado em 21/08/2025; aprovado em 21/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250053>

Methods: A nationwide survey was conducted by means of an online questionnaire applied to professionals who perform CT and CMR, compared with demographic data and the number of scans performed within Brazilian public and private healthcare systems.

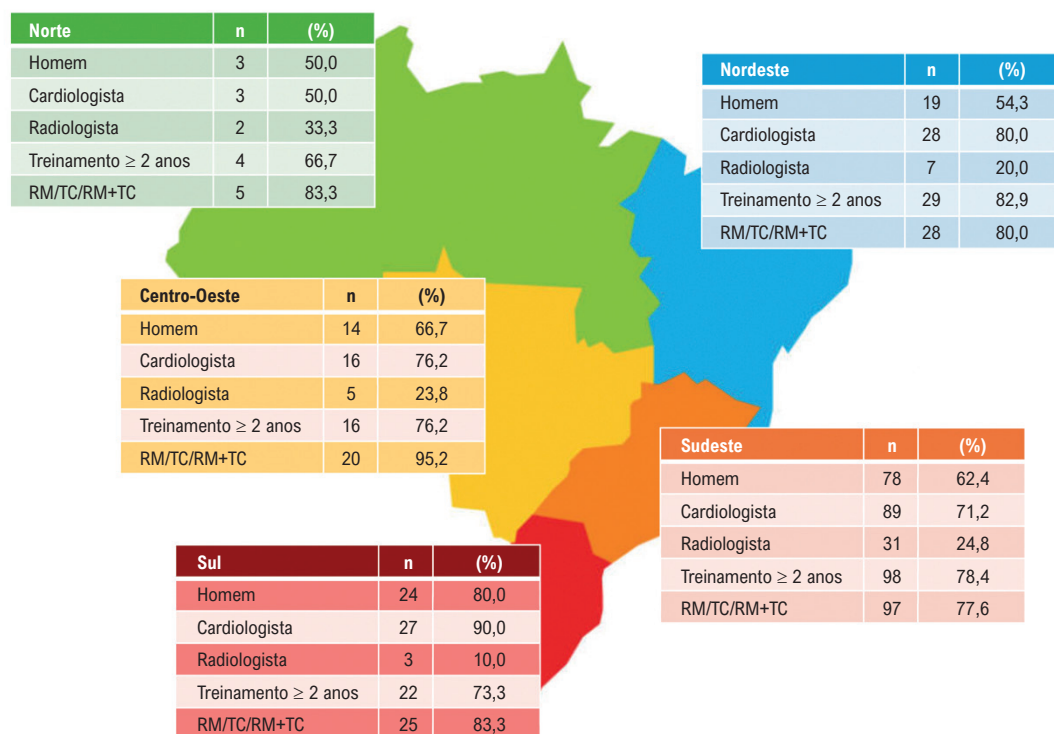
Results: A total of 219 professionals filled out the questionnaire, 139 (63.8%) male, 161 (73.9%) cardiologists, and 46 (21.1%) radiologists. Regarding regional distribution, the Southeast had 125 professionals (57.3%), the Northeast 35 (16.1%), the South 30 (13.8%), the Central-West 22 (10.1%), and the North 6 (2.8%). The profile of these professionals in Brazilian regions was similar, with no statistical differences observed regarding the proportion of men ($p = 0.2451$), cardiologists ($p = 0.1325$), radiologists ($p = 0.4564$), or training time ≥ 2 years ($p = 0.8519$). The Southeast had the highest absolute number of exams, and the North had the lowest.

Conclusion: The data revealed structural disparities in access to cardiovascular imaging throughout Brazil, in terms of both number of professionals and number of exams performed. The regional discrepancies observed in this study reflect distinct demographic and economic circumstances in Brazilian regions.

Keywords: X-Ray Computed Tomography; Magnetic Resonance Imaging; Cardiovascular Diseases; Unified Health System; Supplemental Health.

Full texts in English - <https://www.abcimaging.org/>

Figura Central: Panorama da Atuação Profissional em Tomografia e Ressonância Magnética Cardiovascular no Brasil



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250053

Perfil dos profissionais de acordo com a região do país. RM: ressonância magnética; TC: tomografia cardíaca.

Introdução

A doença cardiovascular segue como principal causa de mortalidade no mundo.^{1,2} Estudo feito nos Estados Unidos com base nos dados do National Center for Health Statistics (NCHS) evidenciou um total de 10.951.403 mortes cardiovasculares em adultos maiores que 35 anos no período de 2010 a 2022.³ No Brasil, os dados são semelhantes e a mortalidade cardiovascular corresponde a aproximadamente 30% de todas as mortes do país.⁴ O diagnóstico precoce

e preciso é parte fundamental da investigação da doença cardiovascular e auxilia na decisão sobre o tratamento mais adequado, evitando assim ocorrências de complicações cardiovasculares como infarto, acidente vascular cerebral, revascularização e mortalidade cardiovascular. Dessa forma, métodos de imagem avançados como a tomografia computadorizada (TC) e ressonância magnética cardiovascular (RMC) ganharam destaque mundial, com crescimento exponencial nos últimos anos.⁵

O aprimoramento de máquinas, de meios de contrastes, organização de serviços, aumento de aplicabilidade clínica dos exames e maior disponibilidade propiciaram um cenário extremamente favorável para o crescimento desta área. No Brasil, temos poucos dados disponíveis sobre esses exames na literatura. Dadas as dimensões continentais do país e de sua população e seu caráter heterogêneo no acesso à saúde tanto no Sistema Único de Saúde (SUS) quanto na saúde suplementar (SS), tornou-se importante compreender as diferentes realidades brasileiras. Para isso, foi idealizado um inquérito de profissionais envolvidos na imagem cardiovascular brasileira.

Com esse inquérito, acreditamos ser possível identificar regiões com carência de profissionais, o que permite direcionar políticas de incentivo à formação e capacitação, além de facilitar o planejamento de investimentos em infraestrutura, como a instalação de equipamentos avançados em áreas com maior demanda. Além disso, o levantamento pode ajudar a identificar lacunas no perfil de formação dos profissionais, indicando a necessidade de aprimorar currículos acadêmicos e programas de treinamento para garantir uma formação mais alinhada com as exigências tecnológicas e clínicas atuais, de acordo com as diretrizes da área, elaborando, dessa forma, um panorama da realidade brasileira.⁶

Metodologia

Objetivou-se com a realização deste levantamento: identificar o perfil dos profissionais médicos que atuam na imagem cardiovascular com foco em TC e RMC em 2024; avaliar sua distribuição geográfica no Brasil; avaliar tempo de treinamento em imagem cardiovascular; correlacionar os dados obtidos com o número de exames realizados no SUS e na medicina suplementar no mesmo ano.

O presente estudo transversal foi feito por meio de um questionário online aplicado aos profissionais de saúde que atuam no laudo de exames de TC e RMC no Brasil. Este levantamento é uma parceria do Departamento de Imagem Cardiovascular (DIC) da Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC) e da Sociedade Paulista de Radiologia (SPR).

O questionário consiste em quatro perguntas:

Qual(is) sua(s) especialidade(s) médica(s) (múltipla escolha):

1. Cardiologista
2. Radiologista
3. Pediatra
4. Cirurgião cardíaco

Onde você atua?

1. Sudeste
2. Nordeste
3. Centro-Oeste
4. Norte
5. Sul

Quantos anos de treinamento em TC/RM cardiovascular?

1. < 1 ano
2. 1 ano
3. 2 anos
4. > 2 anos

Quais métodos você trabalha (múltipla escolha)?

1. Tomografia computadorizada
2. Ressonância magnética
3. Ecocardiografia
4. Medicina nuclear

Este questionário foi divulgado nos sites das sociedades médicas envolvidas, em grupos de mensagens, congressos médicos e webinars com alvo em profissionais de saúde que laudam TC/RMC no Brasil. O questionário esteve disponível de outubro de 2024 a janeiro de 2025 no site: https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSchvk0lti_TbezPstpC9PK3Qz_KuU5zyd79MwYama2M6vbDng/viewform?usp=sf_link.

O levantamento do número total de exames realizados no SUS no ambiente ambulatorial e de pacientes internados por região do Brasil foi feito por meio da consulta ao DATASUS (<https://datasus.saude.gov.br/home/tabnet>) em maio de 2025 em busca do código 0207020019 Ressonância Magnética de coração/aorta c/cine. Não foi possível estimar o número de exames de TC de coração para avaliação do escore de cálcio ou angiotomografia de artérias coronárias (angio-TCC) devido à inexistência de códigos específicos para esses exames no SUS.

O levantamento do número total de exames realizados na medicina suplementar no ambiente ambulatorial e de pacientes internados por região do Brasil foi feito por meio da consulta ao site da Agência de Saúde Suplementar Brasileira (ANS, acessado em: <https://www.gov.br/ans/pt-br/acesso-a-informacao/perfil-do-setor/dados-e-indicadores-do-setor/d-tiss-painel-dos-dados-do-tiss>) em maio de 2025 em busca dos códigos abaixo:

- 41101138 RM - Coração - morfológico e funcional
- 41101146 RM - Coração - morfológico e funcional + perfusão + estresse
- 41101154 RM - Coração - morfológico e funcional + perfusão + viabilidade miocárdica
- 41001087 TC - Coração - para avaliação do escore de cálcio coronariano
- 41001230 TC - Angiotomografia coronariana

Os códigos 41101138, 41101146 e 41101154 foram agrupados sob a classificação RMC.

Não foram incluídos exames particulares no levantamento.

Foi realizado também levantamento sobre dados demográficos brasileiros do último censo, disponíveis em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/todos-os-produtos-estatisticas.html> (ver Material Suplementar).

As informações coletadas pelo questionário foram analisadas em conjunto com os dados sobre número de exames realizados no Brasil por região do país e dados demográficos.

Análise Estatística

As variáveis contínuas foram apresentadas por média e desvio padrão para variáveis com distribuição normal ou mediana e intervalo interquartil para aquelas com distribuição não normal. As variáveis categóricas foram apresentadas em forma de frequências absolutas e relativas (percentuais). As variáveis contínuas foram analisadas com o teste t de Student ou teste U de Mann-Whitney e as variáveis categóricas com teste qui-quadrado ou teste exato de Fisher. Os valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes e o programa SPSS (*Statistical Package for the Social Sciences*), versão 18.0 (SPSS Inc., Chicago, Illinois, EUA) foi utilizado para análise dos dados.

Resultados

Um total de 219 profissionais responderam ao questionário, sendo 139 (63,8%) do sexo masculino e 80 (36,7%) do sexo feminino. Com relação à especialidade médica, 161 (73,9%) são cardiologistas e 46 (21,1%) são radiologistas. A distribuição desses profissionais pelas regiões brasileiras é heterogênea: Sudeste com 125 profissionais (57,3%), Nordeste com 35 (16,1%), Sul com 30 (13,8%), Centro-Oeste com 22 (10,1%) e Norte com 6 (2,8%). A maioria dos profissionais teve 2 ou mais anos de formação em imagem cardiovascular (169 profissionais; 77,5%) e laudam TC (219 profissionais; 100%) e RMC (210 profissionais; 96,3%); a minoria atua ainda na ecocardiografia (39 profissionais; 17,9%) ou medicina nuclear (12 profissionais; 5,5%). A Tabela 1 resume os dados basais descritos.

De acordo com o sexo dos profissionais, nota-se que as mulheres e homens têm semelhanças no que se refere à especialidade médica de origem, mas diferem quanto ao tempo de formação em imagem cardíaca (Tabela 2). A proporção de homens que responderam que tiveram um tempo de treinamento 2 anos ou mais foi menor que entre as mulheres (100 [72,5%] versus 69 [86,3%], respectivamente; $p = 0,029$).

A análise proporcional dos números dos profissionais em relação à distribuição porcentual da população brasileira mostra que nas regiões Norte e Nordeste a proporção de profissionais é menor que a distribuição porcentual da população brasileira, sugerindo uma carência de profissionais naquelas regiões. Já na região Sudeste a concentração de profissionais é maior que a distribuição da população brasileira (Figura 1). O perfil desses profissionais nas diferentes regiões do país é semelhante, não se observando diferenças estatísticas com relação à proporção de homens ($p = 0,2451$), cardiologistas ($p = 0,1325$), radiologistas ($p = 0,4564$), tempo de treinamento maior ou igual a 2 anos ($p = 0,8519$), e métodos de imagem adicional ($p = 0,4361$) (Figura Central).

Com relação ao número de exames no país em 2024, foram realizadas 14.966 ressonâncias no SUS. Na SS, foram 44.382 ressonâncias, 130.189 angio-TCC e 2.629 escores de cálcio. A

distribuição dos exames por região do país está apresentada na Tabela 3. A análise da distribuição dos exames de imagem cardiovascular no Brasil revela disparidades importantes entre regiões e entre os sistemas público e suplementar. Considerando-se os exames realizados por RMC no SUS, observa-se uma concentração expressiva na região Sudeste, com 9.404 exames, seguida pelas regiões Nordeste (2.855), Sul (1.759), Centro-Oeste (849) e Norte (99).

Nos dados da SS, a desigualdade regional persiste, mas com números absolutos consideravelmente maiores em todas as regiões. O Sudeste se destaca novamente com 22.492 exames de ressonância, representando uma disponibilidade maior na saúde privada. Sul (13.955) e Centro-Oeste (3.318) também

Tabela 1 – Perfil dos profissionais que laudam tomografia e ressonância magnética cardiovascular no Brasil

Variáveis	n	%
Sexo		
Masculino	139	63,8
Feminino	80	36,7
Formação médica		
Cardiologista	161	73,9
Radiologista	46	21,1
Cardiopediatria	8	3,7
Cirurgião cardíaco	1	0,5
Cardiologista/radiologista	2	0,9
Região do país		
Norte	6	2,8
Nordeste	35	16,1
Centro-Oeste	22	10,1
Sudeste	125	57,3
Sul	30	13,8
Tempo de treinamento		
< 1 ano	12	5,5
1 ano	37	17,0
2 anos	130	59,6
> 2 anos	39	17,9
Métodos de imagem		
Tomografia computadorizada	219	100
Ressonância magnética	210	96,3
Medicina nuclear	12	5,5
Ecocardiografia	39	17,9

Tabela 2 – Perfil dos profissionais de acordo com o sexo

Categoria	Mulheres (n, %)	Homens (n, %)	Valor p
Cardiologista	58 (72,5%)	104 (75,4%)	0,7601
Radiologista	14 (17,5%)	32 (23,2%)	0,4123
Treinamento ≥ 2 anos	69 (86,3%)	100 (72,5%)	0,0291
RM/TC/RM+TC	63 (78,8%)	110 (79,7%)	1,0

RM: ressonância magnética; TC: tomografia computadorizada.

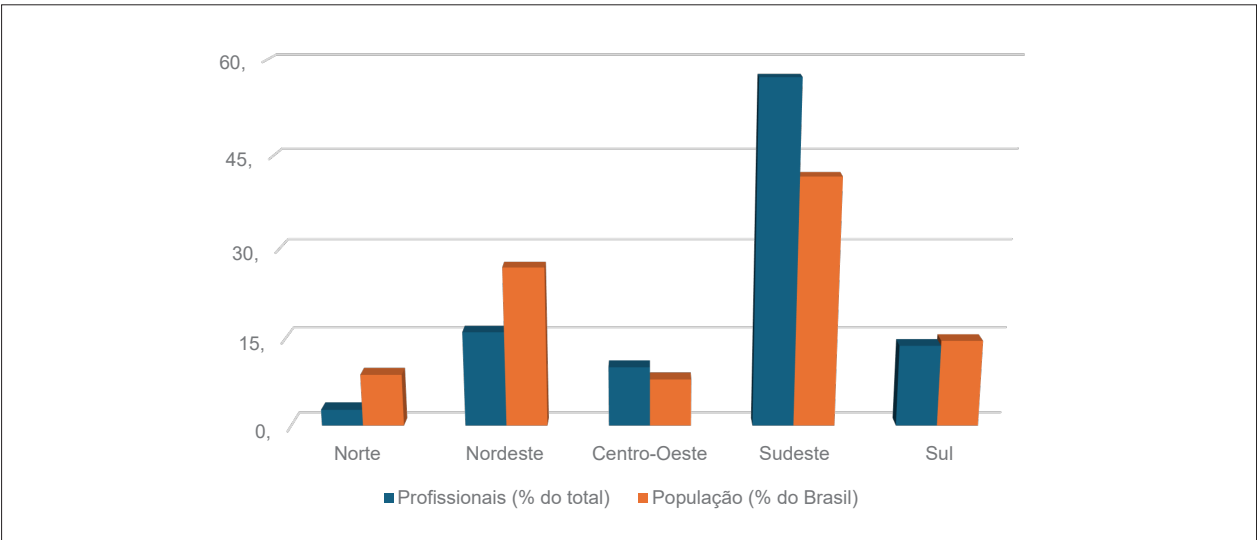


Figura 1 – Proporção dos profissionais da imagem cardiovascular do país com a distribuição percentual da população brasileira.

Tabela 3 – Número de exames de ressonância e tomografia de acordo com a região do país e sistema de saúde

Exames	Número por região do país				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
SUS					
RMC	99	2.855	849	9.404	1.759
Saúde suplementar					
RMC	1.130	3.487	3.318	22.492	13.955
Angio-TCC	3.209	10.902	14.622	66.304	35.152
Escore de cálcio	12	363	118	1.041	1.095

Angio-TCC: angiotomografia de artérias coronárias; RMC: ressonância magnética cardíaca; SUS: Sistema Único de Saúde.

apresentam volumes expressivos, contrastando com o Norte (1.130) e o Nordeste (3.487), que permanecem com menor acesso, ainda que superior ao observado no SUS.

Os exames de angio-TCC também são amplamente concentrados nas regiões Sudeste (66.304) e Sul (35.152), com números bem inferiores no Norte (3.209), Nordeste (10.902) e Centro-Oeste (14.622). Os exames de escore

de cálcio, por sua vez, seguem um padrão semelhante, com destaque para o Sul (1.095) e Sudeste (1.041), evidenciando a maior penetração dessas ferramentas de estratificação de risco cardiovascular em áreas com maior densidade de serviços especializados.

A região Sudeste, com 36% da população usuária do SUS e 59,7% da população da SS, concentra de forma

desproporcional 62,8% das RMC realizadas no SUS e 50,7% das angio-TCC e RMC na SS, além de 57,3% dos profissionais especializados em imagem cardiovascular. Na direção oposta, a região Norte, com 10,4% da população vinculada ao SUS e 3,7% da SS, responde por apenas 0,7% das RMC realizadas no SUS, 2,4% das angio-TCC suplementares e 2,8% dos profissionais da área, configurando um cenário de acentuada carência assistencial. Já o Sul, com cerca de 14% da população em cada sistema, realiza 27,3% das tomografias e 31,4% das ressonâncias na SS, embora concentre apenas 13,8% dos profissionais especializados. Isso sugere uma alta densidade de exames por profissional nessa região. Esses dados estão detalhados na Figura 2.

A Tabela 4 evidencia a relação entre o número total de exames de imagem cardiovascular realizados e variáveis estruturais regionais, como população, produto interno bruto (PIB) e número de profissionais atuantes. Observa-se que a região Sul, com 31,1 milhões de habitantes e PIB de R\$ 1,56 trilhões, apresentou a maior taxa de exames por 100 mil habitantes (167,007) e a maior produtividade relativa ao PIB (33.312 exames por bilhão de reais), mesmo com um número moderado de profissionais (n = 30). O Sudeste, com maior população (88,6 milhões), maior PIB (R\$ 4,71 trilhões) e número absoluto de profissionais (n = 125), apresentou

a segunda maior taxa de exames por 100 mil habitantes (111,988) e elevada eficiência em relação ao PIB (21.056,94 exames/bi). Em contrapartida, a região Norte, com apenas 6 profissionais e o menor PIB regional, realizou o menor número absoluto e proporcional de exames (22,275/100 mil habitantes; 7.889,17 exames/bi), evidenciando importante subutilização dos recursos diagnósticos. As regiões Nordeste e Centro-Oeste apresentaram resultados intermediários, com taxas crescentes de exames por habitante e por bilhão de PIB, compatíveis com a respectiva densidade de profissionais. Esses achados devem, certamente, ser analisados com cautela, mas mostram a influência da infraestrutura econômica sobre o acesso regional aos métodos de imagem cardiovascular no Brasil. A capacidade econômica regional e o tamanho populacional parecem influenciar a disponibilidade e utilização de exames, dados que indiretamente podem ser reflexos do acesso da população à SS, não somente à disponibilidade de profissionais naquela região.

Discussão

O crescimento dos métodos diagnósticos não invasivos na avaliação da cardiologia é uma realidade mundial.⁵ Esse aumento foi resultado do número crescente de evidências

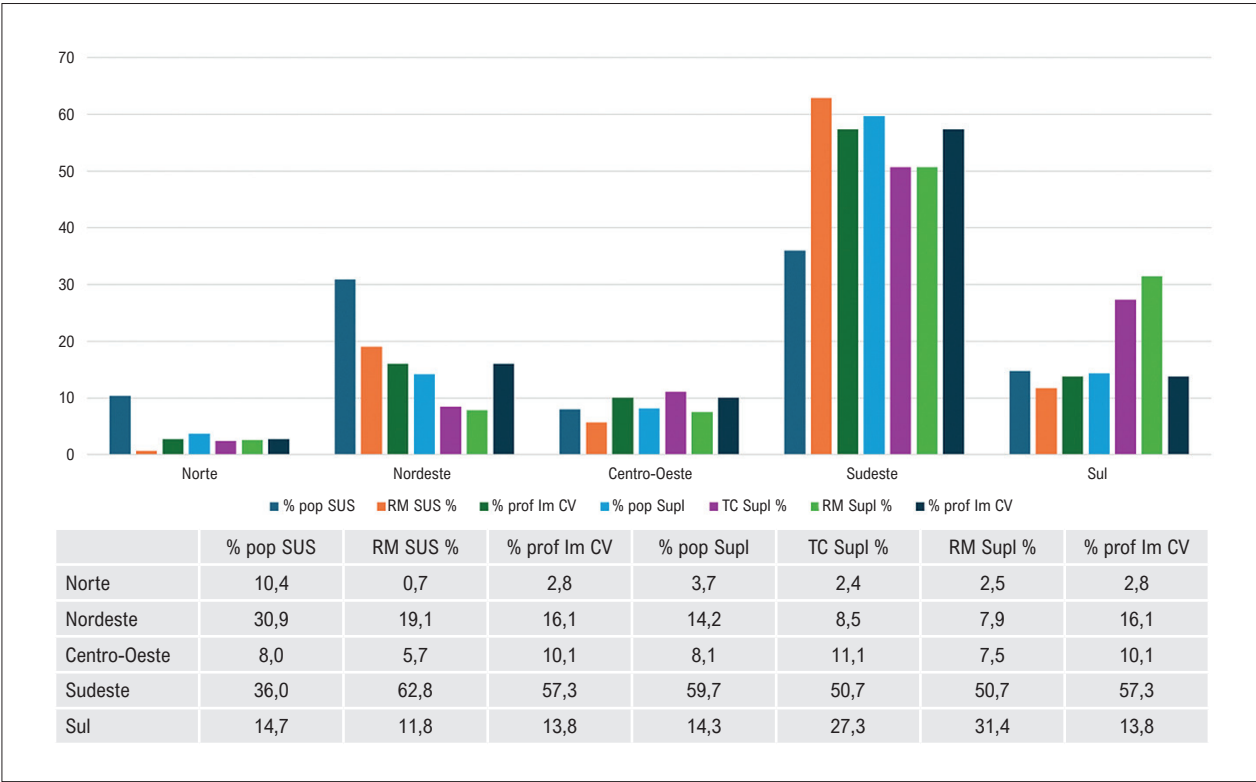


Figura 2 – Distribuição percentual do número de exames, população atendida do Sistema Único de Saúde e saúde suplementar e proporção de profissionais de imagem cardiovascular no país. % pop SUS: percentual da população atendida pelo Sistema Único de Saúde; % prof Im CV: percentual de profissionais de imagem cardiovascular na região; % pop Supl: percentual da população atendida pela saúde suplementar; RM Supl %: percentual de ressonâncias magnéticas realizadas na saúde suplementar; RM SUS %: percentual de ressonâncias magnéticas realizadas no Sistema Único de Saúde; TC Supl %: percentual de tomografias cardíacas realizadas na saúde suplementar.

Tabela 4 – Relação do número de exames realizados de acordo com população local, produto interno bruto e número de profissionais na região

	População	PIB (bi)	Profissionais	Total exames	Exames/ 100 mil hab	Exames/bi PIB
Norte	19.977.877	0,564064	6	4.450	22,275	7.889,17
Nordeste	57.112.096	1,243104	35	17.607	30,829	14.163,74
Centro-Oeste	16.289.538	0,932166	22	18.907	60,769	20.282,86
Sudeste	88.617.693	4,712982	125	99.241	111,988	21.056,94
Sul	31.113.021	1,559828	30	51.961	167,007	33.312,00

bi: bilhões; hab: habitantes; PIB: produto interno bruto.

científicas publicadas na literatura que reforçam a importância dos métodos no diagnóstico da doença cardiovascular.⁷ As principais diretrizes nacionais e internacionais sobre o tema destacam o papel da angio-TCC, escore de cálcio e RMC no diagnóstico das doenças cardiovasculares e do acometimento cardiovascular em doenças sistêmicas.^{6,8-10}

A incorporação da angio-TCC como abordagem inicial para investigação de pacientes com doença arterial coronariana no Reino Unido trouxe resultados expressivos após mais de meia década de implementação. O National Institute for Health and Care Excellence (NICE), órgão responsável por qualidade e decisões baseadas em evidências no Serviço Nacional de Saúde (NHS), recomendou o uso da angio-TCC como teste diagnóstico preferencial para avaliação de dor torácica.¹¹ Este estudo revelou que, nas regiões que adotaram plenamente a recomendação, houve uma redução significativa na realização de cintilografias miocárdicas. A mudança na estratégia de investigação também se associou à redução discreta da angiografia coronariana invasiva, assim como à redução da mortalidade cardiovascular. Além disso, identificou-se uma tendência de diminuição na mortalidade por todas as causas, reforçando a eficácia do modelo proposto. Esses dados confirmam o papel central da angio-TCC, não apenas na melhoria de desfechos clínicos, mas também seu potencial de otimizar recursos no sistema de saúde público do Reino Unido.¹¹

No Brasil, a realidade não é a mesma. No SUS brasileiro este exame não é amplamente disponível. Mesmo quando disponível, não temos como quantificar sua utilização dada a falta de codificação. Na SS, frequentemente é solicitada avaliação prévia por testes de isquemia positivos, além de critérios que muitas vezes limitam seu emprego, o que deveria ser revisto. Os dados apresentados revelam importante desigualdade na oferta e utilização de exames avançados de imagem cardiovascular no Brasil, tanto entre as diferentes regiões do país quanto entre o SUS e a SS. A concentração de exames nas regiões Sudeste e Sul, especialmente no setor privado, contrasta com a baixa oferta observada no Norte, Nordeste e Centro-Oeste, evidenciando limitações estruturais e assistenciais nessas localidades.

Essas desigualdades regionais no acesso aos exames de imagem cardiovascular apontam para limitações estruturais

e assimetrias históricas na distribuição de recursos no sistema de saúde brasileiro. Apesar da maior parte dos exames se concentrar nas regiões mais desenvolvidas economicamente, a alta produtividade relativa observada no Sul sugere uma possível otimização do uso da infraestrutura existente, ou ainda, um mercado privado mais consolidado, com maior acesso à SS. Por outro lado, o desempenho limitado do Norte, mesmo quando ajustado por PIB e número de habitantes, evidencia barreiras adicionais, como carência de equipamentos, baixa cobertura de SS e escassez de profissionais capacitados. A discrepância entre as regiões reforça a necessidade de políticas públicas específicas que promovam a interiorização da formação profissional, o investimento em infraestrutura diagnóstica no SUS e a regulação mais equitativa do acesso aos métodos de imagem, de modo a garantir cobertura mínima e justa em todas as regiões do país.

Os achados da presente análise dialogam com os resultados apresentados por Monti et al.,¹² em levantamento conduzido pelo grupo de trabalho em RMC da Sociedade Italiana de Cardiologia. O estudo identificou barreiras estruturais e operacionais semelhantes às observadas no Brasil, incluindo limitações no acesso à RMC, disparidades regionais e subutilização da técnica mesmo em centros com capacidade instalada. Além disso, destacou-se a escassez de profissionais com treinamento específico como um dos principais entraves à ampliação do uso clínico da RMC. Tais desafios, compartilhados em diferentes sistemas de saúde, reforçam a importância de estratégias coordenadas para expandir a formação de especialistas, otimizar o uso de recursos disponíveis e integrar a RMC às diretrizes assistenciais de forma mais ampla e equitativa.

Dados provenientes do programa nacional de certificação da Alemanha e do registro da European Society of Cardiovascular Radiology (ESCR) evidenciam uma expressiva heterogeneidade na oferta e utilização da imagem cardiovascular, tanto entre instituições quanto entre especialidades médicas. O estudo destacou a necessidade de padronização nos processos de formação, certificação e controle de qualidade, apontando que, mesmo em um país com ampla disponibilidade tecnológica, a ausência de uniformidade na qualificação profissional

e na incorporação da imagem aos fluxos clínicos limita seu uso sistemático.¹³ De forma semelhante, uma análise recente sobre o uso da angio-TCC em diferentes regiões dos Estados Unidos e do Reino Unido revelou desigualdades relevantes no acesso e na adoção do exame, associadas à disponibilidade de equipamentos, presença de especialistas treinados e variações nas diretrizes clínicas regionais.¹⁴ Esses achados reforçam que, mesmo em sistemas de saúde avançados, a consolidação da imagem cardiovascular como ferramenta diagnóstica de rotina exige políticas estruturadas de formação, acreditação profissional e governança técnica — desafios que são particularmente críticos no cenário brasileiro, marcado por desigualdades regionais ainda mais acentuadas.

Com base nos achados apresentados, é possível propor estratégias para mitigar as desigualdades regionais no acesso à imagem cardiovascular no Brasil. A criação de centros regionais de formação e capacitação em angio-TCC e RMC, especialmente nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, pode promover a interiorização da expertise e contribuir para a fixação de profissionais. Nesse sentido, a oferta de bolsas de fixação vinculadas a programas de residência médica, mestrado ou doutorado, com financiamento por agências como a CAPES e o CNPq, deve ser orientada por dados epidemiológicos e estruturais obtidos por meio de censos nacionais da área. Adicionalmente, parcerias público-privadas para aquisição e manutenção de equipamentos de imagem avançada podem ser estratégias para regiões com baixa cobertura tecnológica, desde que acompanhadas por protocolos regulatórios claros que garantam o uso prioritário pelo SUS. Essas medidas integradas podem contribuir para uma maior equidade na oferta de exames, ampliando o impacto clínico e social da imagem cardiovascular no país.

Os nossos dados apresentam limitações importantes. Acreditamos que o número de profissionais de imagem nesse levantamento esteja subestimado, especialmente com relação à participação de médicos radiologistas. Dados internacionais mostram que a participação de médicos radiologistas é maior.⁵ Estas limitações ocorreram pela participação voluntária dos profissionais envolvidos, bem como pela participação da representação de radiologista ser vinculada em sua maioria à SPR, que tem sua atuação em São Paulo. A ausência de codificação no SUS não permitiu que tivéssemos acesso ao número de angio-TCC e escore de cálcio. A ausência de dados referentes a exames particulares realizados no país foi uma limitação, com provável impacto não significativo no levantamento, dada sua baixa proporção na realidade brasileira.

Por fim, os nossos resultados demonstram uma acentuada desigualdade na oferta e utilização dos exames de imagem cardiovascular no Brasil, com maior concentração de recursos e procedimentos nas regiões Sudeste e Sul, e marcada escassez nas demais regiões. Essa assimetria não se limita à infraestrutura tecnológica e econômica, mas também reflete uma deficiência de profissionais qualificados na área, especialmente em regiões mais vulneráveis. Diante desse cenário, torna-se evidente a necessidade de estratégias voltadas à formação, capacitação contínua e

fixação de especialistas em imagem cardiovascular, como componente essencial para ampliar o acesso e garantir uma assistência mais equitativa. Investir no desenvolvimento de capital humano é um passo indispensável para consolidar a imagem cardiovascular como ferramenta diagnóstica de rotina e melhorar a qualidade do cuidado em todo o território nacional.

Agradecimentos

A todos os profissionais que responderam ao questionário e às equipes do DIC e da SPR que apoiaram a iniciativa.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Costa IBSS, Torreão JA, Fernandes JL, Trad H, Liberato G, Sasdelli Neto R, Pinto IM, Senra T. Obtenção de dados: Costa IBSS, Torreão JA, Fernandes JL, Trad H, Liberato G, Sasdelli Neto R, Senra T. Análise e interpretação dos dados: Costa IBSS, Pinto IM, Senra T. Análise estatística: Costa IBSS, Senra T. Redação do manuscrito: Costa IBSS, Torreão JA, Fernandes JL, Trad H, Liberato G, Sasdelli Neto R, Senra T. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Barberato SH, Pinto IM, Senra T.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto Dante Pazzanese sob o número de protocolo CAAE 85943025.6.0000.5462. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Ahmad FB, Anderson RN. The Leading Causes of Death in the US for 2020. *JAMA*. 2021;325(18):1829-30. doi: 10.1001/jama.2021.5469.
2. Rache B, Rocha R, Medeiros LA, Okada LM, Ferrari G, Zeng H, et al. Transition Towards Cancer Mortality Predominance Over Cardiovascular Disease Mortality in Brazil, 2000-2019: A Population-Based Study. *Lancet Reg Health Am*. 2024;39:100904. doi: 10.1016/j.lana.2024.100904.
3. Woodruff RC, Tong X, Khan SS, Shah NS, Jackson SL, Loustalot F, et al. Trends in Cardiovascular Disease Mortality Rates and Excess Deaths, 2010-2022. *Am J Prev Med*. 2024;66(4):582-9. doi: 10.1016/j.amepre.2023.11.009.
4. Oliveira GMM, Brant LCC, Polanczyk CA, Malta DC, Biolo A, Nascimento BR, et al. Cardiovascular Statistics - Brazil 2023. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(2):e20240079. doi: 10.36660/abc.20240079.
5. Catapano F, Moser LJ, Francone M, Catalano C, Vliegenthart R, Budde RPJ, et al. Competence of Radiologists in Cardiac CT and MR Imaging in Europe: Insights from the ESCR Registry. *Eur Radiol*. 2024;34(9):5666-77. doi: 10.1007/s00330-024-10644-4.
6. Magalhães TA, Carneiro ACC, Moreira VM, Trad HS, Lopes MMU, Cerci RJ, et al. Cardiovascular Computed Tomography and Magnetic Resonance Imaging Guideline of the Brazilian Society of Cardiology and the Brazilian College of Radiology - 2024. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(9):e20240608. doi: 10.36660/abc.20240608.
7. Dewey M. Competence and Contributions of Radiologists to Cardiac CT and MR Imaging Across Europe. *Eur Radiol*. 2024;34(10):6578-80. doi: 10.1007/s00330-024-10741-4.
8. Nieman K, García-García HM, Hideo-Kajita A, Collet C, Dey D, Pugliese F, et al. Standards for Quantitative Assessments by Coronary Computed Tomography Angiography (CCTA): An Expert Consensus Document of the Society of Cardiovascular Computed Tomography (SCCT). *J Cardiovasc Comput Tomogr*. 2024;18(5):429-43. doi: 10.1016/j.jcct.2024.05.232.
9. Ommen SR, Ho CY, Asif IM, Balaji S, Burke MA, Day SM, et al. 2024 AHA/ACC/AMSSM/HRS/PACES/SCMR Guideline for the Management of Hypertrophic Cardiomyopathy: A Report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2024;149(23):e1239-311. doi: 10.1161/CIR.0000000000001250.
10. Leiner T, Bogaert J, Friedrich MG, Mohiaddin R, Muthurangu V, Myerson S, et al. SCMR Position Paper (2020) on Clinical Indications for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):76. doi: 10.1186/s12968-020-00682-4.
11. Moss AJ, Williams MC, Newby DE, Nicol ED. The Updated NICE Guidelines: Cardiac CT as the First-Line Test for Coronary Artery Disease. *Curr Cardiovasc Imaging Rep*. 2017;10(5):15. doi: 10.1007/s12410-017-9412-6.
12. Monti L, Ricci F, Baggiano A, Barison A, Carrabba N, Figliozzi S, et al. Current Trends and Challenges in the Clinical Use of Cardiovascular Magnetic Resonance: A Survey from the Italian Society of Cardiology. *Eur Heart J Imaging Methods Pract*. 2025;3(1):qyaf046. doi: 10.1093/ehjimp/qyaf046.
13. Sieren MM, Maintz D, Gutberlet M, Krombach GA, Bamberg F, Hunold P, et al. Current Status of Cardiovascular Imaging in Germany: Structured Data from the National Certification Program, ESCR Registry, and Survey among Radiologists. *Rofo*. 2022;194(2):181-91. doi: 10.1055/a-1554-9236.
14. Banashefski B, Ji R, Dhruva SS, Neuhaus J, Redberg RF. Cardiac Coronary Tomography Angiography (CCTA) Use Across Geographical Regions in the USA and the UK: A Cross-Sectional Study. *BMJ Surg Interv Health Technol*. 2023;5(1):e000201. doi: 10.1136/bmjst-2023-000201.

*Material suplementar

Para informação adicional, por favor, clique aqui.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Segurança da Ecocardiografia de Estresse com Dobutamina Usando um Protocolo Modificado em uma População Não Seleccionada

Safety of dobutamine stress echocardiography using a modified protocol in a large unselected population

José Sebastião de Abreu,¹ Tereza Cristina Pinheiro Diógenes,¹ Marília Esther Benevides Abreu,¹ Isadora Sucupira Machado Chagas,¹ Sarah Gomes Diógenes,¹ Ana Gardenia Liberato Ponte Farias,¹ Marcia Maria Carneiro¹

Universidade Estadual do Ceará,¹ Fortaleza, CE – Brasil

Resumo

Fundamento: A Ecocardiografia de Estresse com Dobutamina (EED) utilizando o Protocolo Convencional (PC-EED) pode causar efeitos adversos graves.

Objetivo: Este estudo teve como objetivo avaliar a segurança da EED utilizando um Protocolo Modificado (PM-EED).

Métodos: Os dados foram coletados do banco de dados da nossa instituição para comparação entre o PM-EED e o PC-EED. No PC-EED, a atropina podia ser administrada durante o quarto estágio ou sua extensão. No PM-EED, a atropina foi iniciada no início do terceiro estágio, sem extensão de estágio. Após a conclusão da EED ou para controle de arritmias, o metoprolol foi administrado no PC-EED e o esmolol, no PM-EED. Em caso de angina típica, a nitroglicerina era administrada a critério do examinador no PC-EED, enquanto no PM-EED seu uso era pré-determinado. Um valor de $p < 0,05$ foi considerado estatisticamente significativo.

Resultados: Dos 17 811 testes realizados, 9 121 foram conduzidos utilizando o protocolo PM-EED. Durante a EED, o consumo de oxigênio miocárdico – representado pelo produto pressão-frequência – foi significativamente maior no grupo PM-EED (22.530 ± 4.575 vs 23.037 ± 4.072 bpm·mmHg; $p < 0,001$). Pico hipertensivo (1% vs. 0,4%; $p = 0,0001$) e taquicardia ventricular não sustentada (0,6% vs. 0,1%; $p = 0,0001$) foram mais frequentes no grupo PC-EED, enquanto taquiarritmia supraventricular (2,1% vs 3,78%; $p = 0,0001$) e fibrilação atrial (0,8% vs. 1,3%; $p = 0,003$) foram mais comuns no grupo PM-EED. Essas arritmias se resolveram espontaneamente ou com intervenção medicamentosa. No grupo PC-EED, dois pacientes apresentaram fibrilação ventricular e um desenvolveu síndrome coronariana aguda.

Conclusão: Em nosso estudo, o protocolo modificado para EED mostrou-se uma opção segura, sem ocorrência de efeitos adversos graves, mesmo na presença de um produto pressão-frequência elevado.

Palavras-chaves: Ecocardiografia sob Estresse; Segurança; Efeitos Colaterais e Reações Adversas Relacionados a Medicamentos.

Abstract

Background: Dobutamine stress echocardiography (DSE) using the conventional protocol (CP-DSE) may lead to important adverse effects.

Objective: This study was aimed at assessing the safety of DSE using a modified protocol (MP-DSE).

Methods: Data were collected from our institutional database to compare MP-DSE with the CP-DSE. In the CP-DSE, atropine could be administered during the fourth stage or its extension. In the MP-DSE, atropine was initiated at the beginning of the third stage, and there was no stage extension. Upon completion of DSE or for arrhythmia control, metoprolol was administered in the CP-DSE and esmolol in the MP-DSE. In cases of typical angina, nitroglycerin was administered at the examiner's discretion in the CP-DSE, whereas its use was predetermined in the MP-DSE. A p -value < 0.05 was considered statistically significant.

Results: Of 17,811 tests performed, 9,121 were conducted using the MP-DSE. During DSE, myocardial oxygen consumption, represented by the rate-pressure product, was significantly higher in the MP-DSE group ($22,530 \pm 4,575$ vs $23,037 \pm 4,072$ bpm·mmHg; $p < 0.001$). Hypertensive peak (1% vs 0.4%; $p = 0.0001$) and nonsustained ventricular tachycardia (0.6% vs 0.1%; $p = 0.0001$) were more frequent in the CP-DSE, while supraventricular tachyarrhythmia (2.1% vs 3.78%; $p = 0.0001$) and atrial fibrillation (0.8% vs 1.3%; $p = 0.003$) were more common in the MP-DSE. These arrhythmias resolved spontaneously or with medication. In the CP-DSE, two patients had ventricular fibrillation and one, acute coronary syndrome.

Correspondência: José Sebastião de Abreu •

Clinicárdio de Fortaleza e Cardioexata. Rua Doutor Jose Lourenço, 500. CEP: 60115-280, Fortaleza, CE – Brasil

E-mail: jsabreu10@yahoo.com.br

Artigo recebido em 04/08/2025; revisado recebido em 08/09/2025; aceito em 08/09/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

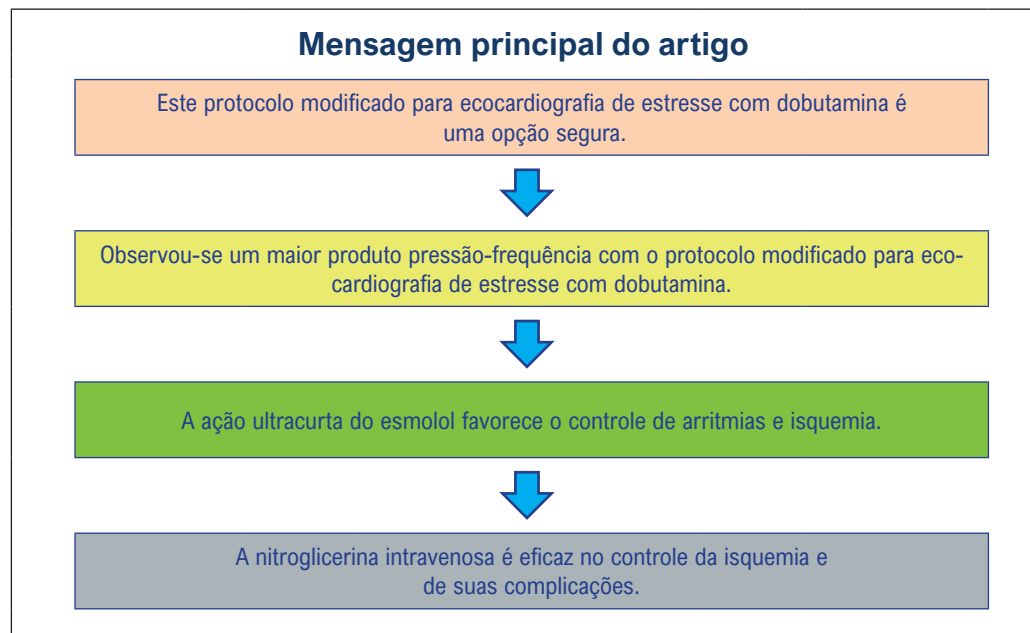
DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250054>

Conclusion: In our study, the modified protocol for DSE proved to be a safe option, with no severe adverse effects observed, despite the presence of an elevated rate-pressure product.

Keywords: Stress Echocardiography; Safety; Drug-Related Side Effects and Adverse Reactions.

Full texts in English - <https://www.abcmimaging.org/>

Figura Central: Segurança da Ecocardiografia de Estresse com Dobutamina Usando um Protocolo Modificado em uma População Não Seleccionada



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250054

Introdução

Os protocolos de Ecocardiografia sob Estresse com Dobutamina (EED) usualmente envolvem a exposição a altas doses de dobutamina e uma incidência significativa de efeitos adversos. No entanto, o desenvolvimento de novos protocolos para esse método diagnóstico tem reduzido progressivamente esses riscos.¹⁻⁶

A introdução da atropina em estágios mais precoces dos protocolos de EED aumentou a sensibilidade do teste sem comprometer sua especificidade ou segurança. Como resultado, as diretrizes atuais limitam a dose máxima de dobutamina e recomendam iniciar a atropina antes ou até mesmo durante a última fase da infusão de dobutamina.^{6,7} A administração intravenosa de um betabloqueador de ação ultracurta ao final da EED é essencial para controlar a Frequência Cardíaca (FC), arritmias ou isquemia miocárdica, podendo inclusive aumentar a precisão do teste.^{2,3-8} No entanto, a literatura não indica preferência entre o uso de esmolol ou metoprolol. A ocorrência de isquemia durante a EED pode exigir o uso de um vasodilatador coronariano por

via oral ou intravenosa, mas as diretrizes não especificam a apresentação do medicamento nem a via de administração.³⁻⁶

A notificação de efeitos adversos associados à EED tem sido fundamental para estabelecer contraindicações ao exame, destacando o risco mais elevado da EED em comparação com a ecocardiografia realizada com outros agentes estressores, como exercício, dipiridamol ou adenosina.⁹⁻¹¹ Assim, a vigilância constante e a busca por novos protocolos são necessárias para reduzir as complicações da EED, especialmente considerando que a dobutamina é o agente farmacológico mais amplamente disponível para ecocardiografia sob estresse. Portanto, este estudo teve como objetivo avaliar a segurança da EED por meio da aplicação de um protocolo modificado em uma população ampla e não selecionada.

Métodos

Este estudo retrospectivo comparou o Protocolo Convencional de EED (PC-EED) com um Protocolo Modificado (PM-EED), utilizando dados coletados do banco de dados

institucional sobre pacientes encaminhados para EED com o objetivo de avaliar isquemia miocárdica e que apresentavam janela ecocardiográfica adequada. Os pacientes submetidos ao PC-EED, formando o grupo PC-EED, foram incluídos entre 1997 e 2007, enquanto os pacientes submetidos ao PM-EED, formando o grupo PM-EED, foram incluídos entre 2008 e 2021.

Por meio da anamnese, exames clínicos e laboratoriais, foram avaliados os dados demográficos dos pacientes, fatores de risco para doença arterial coronariana e histórico de revascularização miocárdica. Todos os pacientes foram informados sobre os objetivos e os riscos potenciais do EED e concordaram em realizar o exame. Pacientes encaminhados para avaliação de viabilidade miocárdica foram excluídos da análise.

O protocolo deste estudo está em conformidade com os princípios éticos da Declaração de Helsinque de 1975 e foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da nossa instituição.

Em ambos os grupos, a dobutamina foi infundida continuamente em até quatro estágios, com doses incrementais de 10, 20, 30 e 40 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$. Quando indicado, a atropina foi administrada em *bolus* de 0,25 a 0,50 mg, até a dose cumulativa máxima de 2 mg.^{2-4,12} Na presença de desaceleração sinusal paradoxal – caracterizada por uma redução de 5 a 10 batimentos na frequência cardíaca – a atropina podia ser administrada nos estágios iniciais, a critério do examinador. Ao final do teste, um betabloqueador intravenoso ou um vasodilatador coronariano foi utilizado conforme o protocolo de cada grupo. No entanto, quando havia suspeita de espasmo coronariano, a administração do vasodilatador era priorizada.

Contraindicações absolutas ao uso de dobutamina incluíram angina instável, infarto agudo do miocárdio recente, estenose aórtica grave e sintomática, dissecção aguda da aorta, insuficiência cardíaca descompensada, pseudoaneurisma ventricular e cardiomiopatia hipertrófica obstrutiva. A atropina foi contraindicada nos casos de miastenia gravis, estenose pilórica, doenças prostáticas que causam retenção urinária e glaucoma de ângulo estreito.^{9,11}

Para aumentar o número de testes concluídos, a suspensão de betabloqueadores foi recomendada de dois a três dias antes do exame para os pacientes do grupo PC-EED e 5 dias antes para os do grupo PM-EED. Um monitor com exibição em quatro telas foi utilizado para a análise comparativa, com os equipamentos CX 200 (Apogee) e Vingmed System Five (General Electric) no grupo PC-EED, e Vivid 7 e Vivid E9 (General Electric) no grupo PM-EED.

Com relação aos efeitos adversos importantes, o pico hipertensivo foi definido como pressão arterial superior a 230/120 mmHg, enquanto a hipotensão foi definida como Pressão Arterial Sistólica (PAS) inferior a 100 mmHg. Foram pesquisadas no banco de dados as seguintes arritmias: taquiarritmia supraventricular (juncional ou atrial), fibrilação atrial, taquicardia ventricular sustentada (duração > 30 segundos), taquicardia ventricular não sustentada e fibrilação ventricular. Eventos adicionais registrados incluíram desaceleração sinusal paradoxal, síndrome coronariana aguda,

infarto agudo do miocárdio, ruptura ventricular, assistolia e óbito. A EED deve ser interrompida em casos de risco potencial à vida ou intolerância aos medicamentos utilizados no teste.

A pressão arterial foi medida no início de cada estágio e durante a fase de recuperação. O monitoramento eletrocardiográfico foi contínuo, e o eletrocardiograma de 12 derivações foi realizado antes e durante todo o procedimento. A EED foi considerada concluída quando pelo menos 85% da frequência cardíaca máxima prevista para a idade (220 menos a idade em anos) foi atingida e/ou ocorreu isquemia miocárdica. A isquemia foi definida como o aparecimento de anormalidades contráteis da parede em pelo menos dois segmentos miocárdicos contíguos previamente normais, ou o agravamento de uma anormalidade preexistente – exceto nos casos em que um segmento acinético se transformou em discinético.

Na versão inicial do PC-EED, a dobutamina era infundida em estágios de três minutos, e a atropina era iniciada ao final do quarto estágio (40 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ de dobutamina), que então era prolongado para permitir a administração de *bolus* de atropina. No entanto, o protocolo PC-EED evoluiu ao longo do tempo e, em sua versão mais recente, a atropina passou a ser administrada a partir do quarto estágio.¹³

Um *bolus* intravenoso de metoprolol (5 a 10 mg) foi administrado ao final da EED, independentemente do resultado positivo ou negativo para isquemia miocárdica, ou da ocorrência de taquiarritmias. *Bolus* adicionais podiam ser administrados caso as arritmias ou a angina persistissem. Se a angina continuasse, a administração de nitroglicerina poderia ser feita na forma de spray ou comprimido sublingual, ou solução para infusão intravenosa, a critério do examinador.

No protocolo PM-EED, todos os estágios tiveram duração máxima de três minutos, e a infusão de atropina foi efetuada concomitante ao início do terceiro estágio juntamente com a administração de dobutamina – exceto nos casos em que o examinador identificasse uma resposta cronotrópica exacerbada à dobutamina.¹³

Ao término da EED, esmolol foi administrado por via intravenosa em *bolus* de 30 mg, independentemente do resultado positivo ou negativo para isquemia miocárdica. Caso ocorressem arritmias ou angina típica, *bolus* adicionais podiam ser repetidos em intervalos de três minutos. Quando a angina típica não cessava dentro de seis minutos, a solução de nitroglicerina (100 $\mu\text{g}/\text{mL}$) era administrada por via intravenosa em *bolus* de 3 mL, seguida de infusão intravenosa (1 mL/minuto), que era mantida enquanto a angina persistisse, desde que a PAS fosse superior a 110 mmHg.^{14,15}

Para a análise estatística, as variáveis categóricas foram apresentadas em tabelas como estimativas pontuais de prevalência, e as variáveis quantitativas foram expressas como média $\pm$ desvio padrão, além dos valores mínimo e máximo. As variáveis “efeitos adversos”, “fatores de risco” e “tipo de terapia” foram organizadas em tabelas de contingência de acordo com os grupos de protocolo, os resultados dos testes (negativo ou positivo para isquemia miocárdica) e as faixas etárias. As associações entre os grupos de protocolo e essas variáveis foram analisadas utilizando

o teste do qui-quadrado de Pearson ou o teste exato de Fisher, conforme apropriado. Para as variáveis quantitativas, a distribuição normal foi avaliada por meio do teste de Shapiro-Wilk e, em seguida, a análise bivariada foi realizada utilizando o teste de Mann-Whitney. Foi adotado um nível de significância de 5% para todos os testes estatísticos, e as análises foram realizadas utilizando o programa estatístico SPSS versão 20.

Resultados

Este estudo avaliou 17 811 exames de EED concluídos, de um total de 18 531 testes realizados. A amostra foi distribuída da seguinte forma: 8 690 testes no grupo PC-EED e 9 121 no grupo PM-EED. O sexo feminino e pacientes jovens predominaram em ambos os grupos. No grupo PM-EED, homens mais velhos (≥ 65 anos), uso de medicamentos anti-hipertensivos, hipolipemiantes e hipoglicemiantes, bem como doença arterial coronariana conhecida, foram mais comuns do que no grupo PC-EED. A suspensão do uso de betabloqueadores orais antes do teste foi mais frequente no grupo PM-EED, enquanto os pacientes do grupo PC-EED se apresentaram com mais frequência para o exame ainda em uso de betabloqueadores (Tabela 1). No grupo PC-EED, 14,4% dos testes ($n = 1\,251$) foram concluídos antes do

quarto estágio, enquanto no grupo PM-EED, 66% dos testes ($n = 5994$) foram concluídos antes do quarto estágio. Houve 434 (4,99%) testes inconclusivos no grupo PC-EED e 286 (3,1%) no grupo PM-EED. Nenhum dos testes inconclusivos atingiu a frequência cardíaca alvo nem preencheu os critérios para isquemia miocárdica (Figura 1).

Na amostra total, considerando os resultados positivos e negativos da EED para isquemia miocárdica, a FC foi maior no grupo PC-EED no basal, porém, durante o estresse, não houve diferença de FC entre os grupos. No basal, a PAS e o produto pressão-frequência ($FC \times PAS$) dos resultados negativos e positivos da EED para isquemia miocárdica foram mais elevados no grupo PC-EED. No entanto, durante o estresse, tanto a PAS quanto o produto pressão-frequência foram mais altos no grupo PM-EED, tanto nos testes negativos quanto nos positivos para isquemia miocárdica (Tabela 2).

No grupo PC-EED, em comparação com o grupo PM-EED, o pico hipertensivo, a angina típica e a taquicardia ventricular não sustentada foram mais frequentemente observados em testes positivos e negativos para isquemia miocárdica. Extrassístoles ventriculares isoladas, taquiarritmias supraventriculares e fibrilação atrial foram mais frequentemente encontradas nos testes positivos do grupo PC-EED e nos testes negativos do grupo PM-EED (Tabela 3).

Tabela 1 – Características iniciais: dados demográficos, fatores de risco e tipo de terapia

Variáveis	PC-EED	PM-EED	p
Número de testes	8.690 (100%)	9.121 (100%)	
Idade média (anos)	61 $\pm$ 11,73	62,71 $\pm$ 2,05	< 0,001
Número de testes em pacientes com idade ≤ 65 anos	5.487 (66,1%)	5.182 (56,8%)	< 0,001
Número de testes em pacientes com idade >65 anos	3.203 (33,9%)	3.939 (43,2%)	
Homens	3.723 (42,8%)	4.150 (45,5%)	< 0,001
Mulheres	4.967 (57,2%)	4.971 (54,5%)	
Hipertensão	4.608 (53%)	6.243 (68,4%)	< 0,001
Dislipidemia	3.755 (43,2%)	5.228 (57,3%)	< 0,001
Diabetes	1.415 (16,3%)	2.476 (27,1%)	< 0,001
Doença arterial coronariana conhecida	1.635 (18,8%)	1.838 (20,2%)	< 0,001
Revascularização miocárdica prévia			
Stent	438 (5,0%)	1.167 (12,8%)	< 0,001
Enxerto de revascularização mamária ou safena	1.108 (12,8%)	538 (5,9%)	< 0,001
Enxerto de revascularização mamária	830 (9,6%)	426 (4,7%)	< 0,001
Betabloqueador oral			
Em uso	408 (4,7%)	197 (2,2%)	< 0,001
Suspensão	1.420 (16,3%)	2.770 (30,4%)	< 0,001

Dados expressos como média $\pm$ desvio padrão, números absolutos e porcentagens; PM-EED: protocolo modificado para ecocardiografia de estresse com dobutamina; PC-EED: protocolo convencional para ecocardiografia.

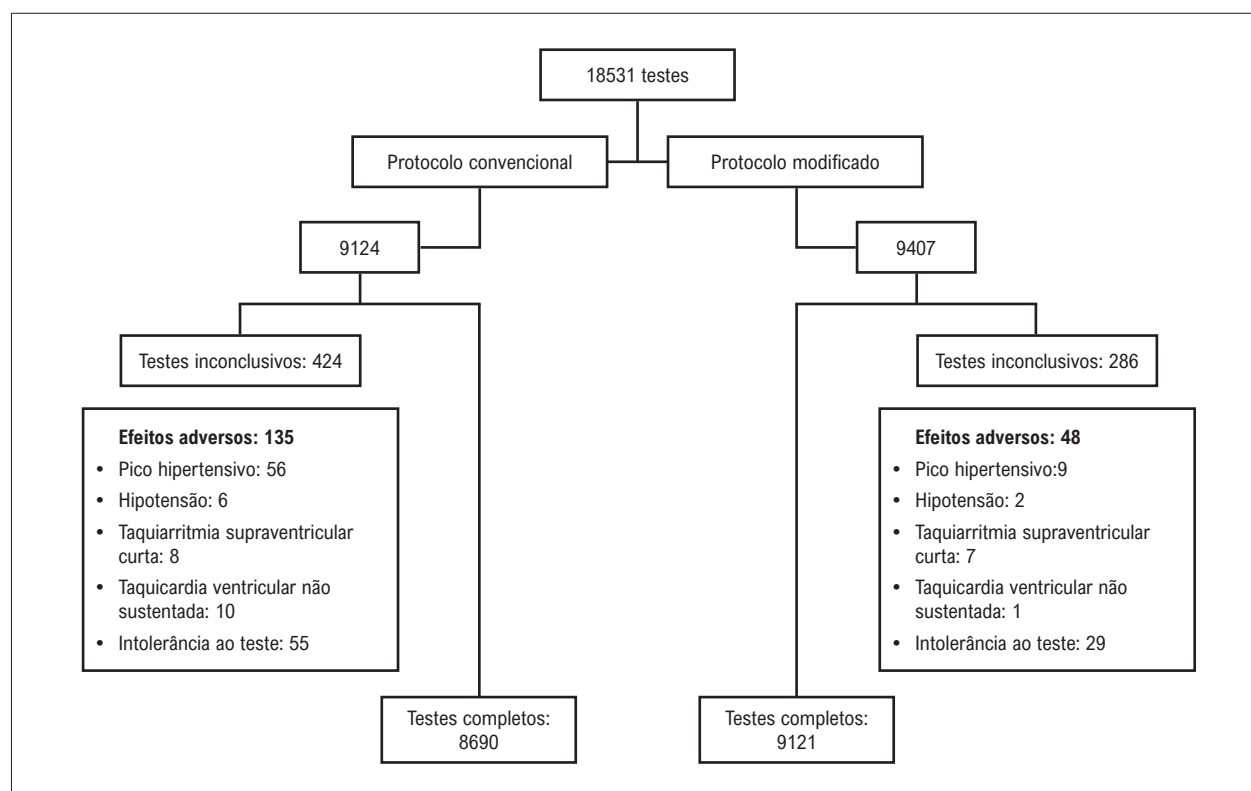


Figura 1 – Fluxograma dos pacientes; nenhum dos testes inconclusivos atingiu a frequência cardíaca alvo ou preencheu os critérios para isquemia miocárdica.

Os efeitos adversos mais graves ocorreram em pacientes do grupo PC-EED com testes positivos para isquemia e consistiram em fibrilação ventricular (2 pacientes) e síndrome coronariana aguda (1 paciente). Esses pacientes foram internados para estudo hemodinâmico e posteriormente submetidos à revascularização miocárdica cirúrgica, evoluindo sem complicações (Tabela 3). No grupo PM-EED, a solução de nitroglicerina foi administrada a 76 pacientes com angina típica.

A atropina foi administrada a 83% dos pacientes do grupo PC-EED e a 92,6% dos pacientes do grupo PM-EED. A dose média de atropina foi maior no grupo PM-EED, inclusive em pacientes com resultados negativos para isquemia, independentemente da idade, e nos não idosos com resultados positivos para isquemia. No entanto, a dose média de atropina não diferiu entre os grupos nos pacientes idosos com resultados positivos para isquemia. Doses menores de atropina foram administradas aos idosos, independentemente do resultado para isquemia (Tabela 4). A atropina foi administrada precocemente para reverter a desaceleração sinusal paradoxal em 16 pacientes do grupo PC-EED e em 64 pacientes do grupo PM-EED.

Discussão

Neste estudo envolvendo duas grandes populações não selecionadas, avaliamos a segurança de dois protocolos de EED. No protocolo modificado, uma dose menor de dobutamina foi administrada, e o esmolol foi estabelecido como

betabloqueador de ação ultracurta para controle de arritmias ou isquemia. Em pacientes com angina persistente, o controle dos sintomas foi alcançado com doses predeterminadas de nitroglicerina, conforme ilustrado na Figura Central.

Ao longo das últimas quatro décadas, a duração e a dosagem da infusão de dobutamina variaram. O uso frequente de doses elevadas resultou em maior exposição à dobutamina e em efeitos adversos significativos. Protocolos subsequentes mantiveram os intervalos de 3 minutos por estágio, e a administração de atropina pôde ser iniciada juntamente com a infusão de dobutamina nas doses de 20, 30 ou 40 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$.^{1,3,4,6,7,12,16} No grupo PC-EED, os pacientes tiveram maior exposição à dobutamina, com 85,6% dos testes concluídos a partir do quarto estágio. Em contraste, no grupo PM-EED, apenas 44% dos testes precisaram avançar até o quarto estágio para serem concluídos.

Segundo Attenhofer et al.,¹³ a desaceleração sinusal paradoxal durante a EED pode representar o reflexo de Bezold-Jarisch, causado pela estimulação parassimpática na parede posterior do ventrículo esquerdo ou pela ativação de barorreceptores. Essa desaceleração pode ocorrer de forma gradual ou de maneira súbita e abrupta. De acordo com os dados obtidos do banco de dados, esse reflexo foi observado no grupo PC-EED e seguido da administração de atropina, a critério do examinador, para reverter a desaceleração. No entanto, apenas 16 casos foram registrados, o que sugere subnotificação ou um critério diagnóstico menos rigoroso.

Tabela 2 – Valores das variáveis hemodinâmicas nos protocolos de ecocardiografia de estresse utilizados e número de testes realizados (N) de acordo com os resultados negativos ou positivos para isquemia miocárdica

Resultados	Variáveis	Protocolo	N	Média ± DP	p
Frequência cardíaca basal (bpm)					
Negativo		PC-EED	7.313	76,55 ± 15,614	< 0,001
		PM-EED	8.375	75,35 ± 15,614	
Positivo		PC-EED	1.380	73,66 ± 15,614	0,820
		PM-EED	753	73,75 ± 15,614	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	76,09 ± 14,078	< 0,001
		PM-EED	9.121	75,21 ± 14,280	
Frequência cardíaca sob estresse (bpm)					
Negativo		PC-EED	7.313	149,94 ± 15,635	< 0,001
		PM-EED	8.375	149,62 ± 14,153	
Positivo		PC-EED	1.380	144,69 ± 21,402	0,097
		PM-EED	753	144,39 ± 18,726	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	149,11 ± 16,793	0,155
		PM-EED	9.121	149,18 ± 14,654	
Pressão arterial sistólica basal (mm Hg)					
Negativo		PC-EED	7.313	134,93 ± 20,085	< 0,001
		PM-EED	8.374	129,18 ± 15,614	
Positivo		PC-EED	7.313	136,43 ± 22,889	< 0,001
		PM-EED	8.375	132,72± 16,204	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	135,17 ± 20,562	< 0,001
		PM-EED	9.121	129,48 ± 15,693	
Pressão arterial diastólica basal (mm Hg)					
Negativo		PC-EED	7.313	150,20 ± 25,758	< 0,001
		PM-EED	8.375	153,67 ± 22,665	
Positivo		PC-EED	1.380	152,24 ± 29,472	< 0,001
		PM-EED	753	159,63 ± 22,980	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	150,53 ± 26,391	< 0,001
		PM-EED	9.121	154,16 ± 22,749	
Frequência cardíaca basal x Pressão arterial sistólica basal (bpm . mm Hg)					
Negativo		PC-EED	7.313	10.394 ± 2.599	< 0,001
		PM-EED	8.376	9.766 ± 2.259	
Positivo		PC-EED	1.380	10.142 ± 2.615	0,006
		PM-EED	753	9.801 ± 2.109	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	10.354 ± 2.603	< 0,001
		PM-EED	9.121	9.769 ± 2.247	
Frequência cardíaca sob estresse x Pressão arterial sistólica sob estresse (bpm . mm Hg)					
Negativo		PC-EED	7.313	22.596 ± 4.445	< 0,001
		PM-EED	8.376	23.034 ± 4.031	
Positivo		PC-EED	1.380	22.177 ± 5.194	< 0,001
		PM-EED	753	23.077 ± 4.504	
Negativo e positivo		PC-EED	8.690	22.530 ± 4.575	< 0,001
		PM-EED	9.121	23.037 ± 4.072	

Dados expressos como média ± desvio padrão e números absolutos; DP: desvio padrão; PM-EED: protocolo modificado para ecocardiografia de estresse com dobutamina; PC-EED: protocolo convencional para ecocardiografia; bpm: batimentos por minuto.

Artigo Original

Tabela 3 – Efeitos adversos da ecocardiografia de estresse com dobutamina de acordo com os protocolos utilizados e os resultados (negativos ou positivos) para isquemia miocárdica

Resultados	Variáveis	PC-EED	PM-EED	p
Amostra total		8690 (100%)	9121 (100%)	
Pico hipertensivo				
Negativo		62 (0,71%)	32 (0,35%)	< 0,001
Positivo		29 (0,33%)	2 (0,02%)	< 0,001
Total		91 (1,04%)	34 (0,37%)	< 0,001
Angina típica				
Negativo		301 (3,46%)	128 (1,4%)	< 0,001
Positivo		532 (6,12%)	336 (3,7%)	< 0,001
Total		833 (9,58%)	464 (5,1%)	< 0,001
Ectopias ventriculares isoladas				
Negativo		2.243 (25,8%)	2.721 (29,8%)	< 0,001
Positivo		472 (5,43%)	289 (3,17%)	< 0,001
Total		2.715 (31%)	3.010 (33%)	< 0,001
Taquiarritmia supraventricular				
Negativo		124 (1,43%)	239 (2,62%)	< 0,001
Positivo		38 (0,43%)	34 (0,37%)	< 0,001
Total		162 (2,11%)	273 (3,78%)	< 0,001
Fibrilação atrial				
Negativo		54 (0,62%)	107 (1,17%)	< 0,001
Positivo		17 (0,2%)	9 (0,1%)	0,001
Total		71 (0,82%)	116 (1,27%)	< 0,001
Taquicardia ventricular não sustentada				
Negativo		20 (0,23%)	8 (0,1%)	< 0,001
Positivo		28 (0,32%)	3 (0,03%)	< 0,001
Total		48 (0,55%)	11 (0,13%)	< 0,001
Síndrome coronariana aguda				
Positivo		1 (0,01%)	-	
Fibrilação Ventricular				
Positivo		2 (0,02%)	-	

Dados expressos como números absolutos e porcentagens. PM-EED: protocolo modificado para ecocardiografia de estresse com dobutamina; PC-EED: protocolo convencional para ecocardiografia.

Para prevenir bloqueio atrioventricular ou assistolia no grupo PM-EED, a administração precoce e imediata de atropina foi rigorosamente aplicada em 64 pacientes.

A administração venosa de um betabloqueador de ação ultracurta ao final da EED é essencial para controlar ou prevenir arritmias e manifestações isquêmicas, além de permitir o retorno mais rápido à frequência cardíaca basal. Tanto o esmolol quanto o metoprolol podem ser utilizados, embora as diretrizes atuais não especifiquem qual deles deve ser preferido.^{2,6}

No grupo PC-EED, foi utilizado o metoprolol, cuja eficácia no controle de arritmias, manifestações isquêmicas e redução da FC foi confirmada.^{1,7,17} No entanto, observamos que, além de favorecer o controle das manifestações isquêmicas e das arritmias no grupo PM-EED, o esmolol pareceu reduzir a FC mais rapidamente. Vale destacar que, no controle de arritmias supraventriculares, o esmolol pode agir de forma mais rápida e eficaz em comparação com a amiodarona em casos de fibrilação atrial aguda.^{3,18,19}

A administração de metoprolol ao final do teste aumenta a sensibilidade da EED para o diagnóstico de isquemia miocárdica, sem perda de especificidade.^{8,20} Em nosso estudo, o esmolol revelou anormalidades na contração segmentar da parede compatíveis com o diagnóstico de isquemia na fase de recuperação (Vídeo 1), o que pode sugerir um efeito de classe dos betabloqueadores de ação ultracurta.

Quando a isquemia miocárdica se manifesta com elevação do segmento ST ou não é rapidamente controlada com um betabloqueador, o uso de nitrato torna-se fundamental.²¹ No grupo PC-EED, foi utilizado nitrato sublingual; no entanto, seu efeito nem sempre foi suficientemente rápido devido à dificuldade de absorção causada pela secura bucal – um achado frequente após a administração de atropina, especialmente em pacientes idosos. Por isso, optou-se pelo uso de nitrato em spray lingual ou mononitrato de isossorbida intravenoso. Quando essas opções não estavam disponíveis, a nitroglicerina foi administrada por via intravenosa a critério do examinador. No grupo PM-EED, a rotina incluiu infusão de nitroglicerina com tempo e dosagem preestabelecidos, o que pode ter contribuído para a prevenção de possíveis complicações isquêmicas.^{14,15,22}

Em nosso estudo, durante o estresse, o produto pressão-frequência foi mais elevado no grupo PM-EED, tanto nos resultados positivos quanto negativos para isquemia. Isso pode ter sido influenciado pelo maior número de pacientes hipertensos, menor proporção de pacientes em uso de betabloqueadores orais e pela administração mais precoce de atropina nesse grupo. O produto pressão-frequência é conhecido por se correlacionar com o consumo de oxigênio miocárdico; portanto, quando esse parâmetro está elevado, há maior probabilidade de ocorrência de isquemia. No grupo PM-EED, o produto pressão-frequência mais alto indicou maior demanda de oxigênio. Evidências sugerem que o melhor indicador da adequação do estresse com dobutamina é o produto pressão-frequência, e não apenas o alcance da FC alvo.²³

Vale destacar que, apesar da maior PAS durante o estresse no grupo PM-EED, os picos hipertensivos foram mais frequentes no grupo PC-EED, o que pode estar relacionado

Tabela 4 – Dose de atropina administrada de acordo com protocolo, grupo etário e resultados para isquemia miocárdica (negativos ou positivos)

Variáveis	Protocolo	Média	DP	Mínimo	Máximo	p
Dose média (mg)	PC-EED	0,540	0,433	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,602	0,488	0	2 mg	
Idade < 65 anos	PC-EED	0,642	0,441	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,740	0,513	0	2 mg	
Idade ≥ 65 anos	PC-EED	0,360	0,356	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,417	0,380	0	2 mg	
Negativo para isquemia	PC-EED	0,547	0,437	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,607	0,488	0	2 mg	
Positivo para isquemia	PC-EED	0,495	0,411	0	2 mg	0,070
	PM-EED	0,552	0,476	0	2 mg	
Negativo < 65 anos	PC-EED	0,655	0,442	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,745	0,513	0	2 mg	
Negativo ≥ 65 anos	PC-EED	0,360	0,357	0	2 mg	< 0,001
	PM-EED	0,420	0,381	0	2 mg	
Positivo < 65 anos	PC-EED	0,580	0,427	0	2 mg	0,014
	PM-EED	0,682	0,515	0	2 mg	
Positivo ≥ 65 anos	PC-EED	0,367	0,349	0	2 mg	0,216
	PM-EED	0,405	0,377	0	2 mg	

DP: desvio padrão; PM-EED: protocolo modificado para ecocardiografia de estresse com dobutamina; PC-EED: protocolo convencional para ecocardiografia.

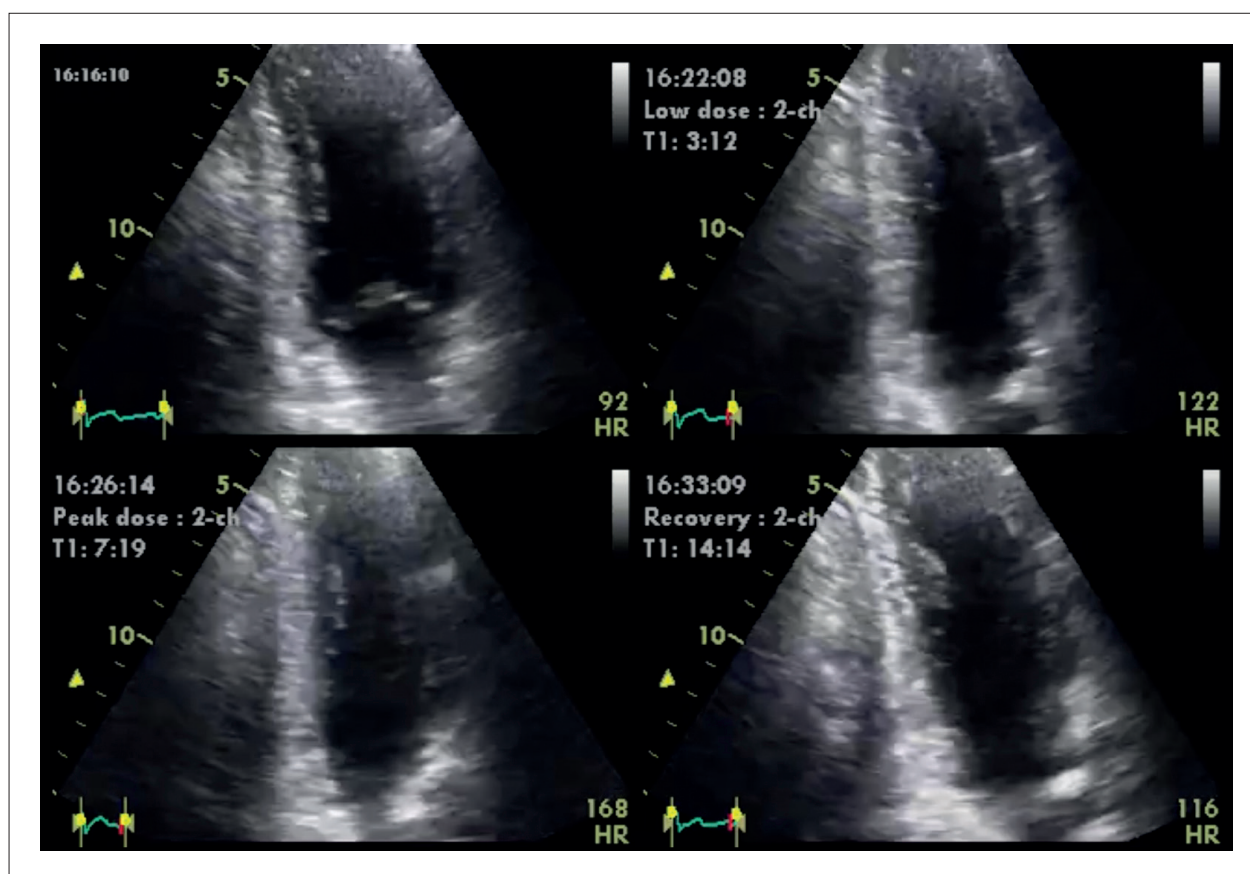
ao estímulo alfa-adrenérgico secundário à maior exposição à dobutamina. Esse achado também foi observado por Lee et al.²⁴ em seu estudo com 3129 pacientes, nos quais a atropina foi administrada em estágio mais tardio.

A angina típica é uma manifestação tardia e menos frequente do que as anormalidades na contração segmentar da parede no contexto da cascata isquêmica.³ Embora o grupo PM-EED apresentasse uma porcentagem maior de pacientes com fatores de risco para doença arterial coronariana provável ou conhecida, a angina típica foi mais frequente no grupo PC-EED, o que pode ser compatível com a maior incidência de resultados positivos para isquemia observada nesse grupo.

Batimentos ectópicos isolados são comuns durante a DSE e tornam-se clinicamente relevantes quando ocorrem em salvas, como taquiarritmias ou fibrilação. No entanto, a maioria pode ser suprimida após a conclusão do exame e a administração de um *bolus* de betabloqueador. Batimentos ectópicos supraventriculares em salvas recorrentes, taquiarritmias não sustentadas e fibrilação atrial foram observados com maior frequência no grupo PM - EED, especialmente em testes com resultado negativo para isquemia.

A incidência de fibrilação atrial durante a EED tem variado, em média, de 1% a 4%, sendo relatada como 0,86% entre 4.818 pacientes na meta-análise de Mansencal et al.²⁵ e como 2% entre 3.800 pacientes estudados por Carasso et al.²⁶ Algumas publicações não associaram o uso de atropina a uma maior incidência de arritmias.¹ Tsutsui et al.¹⁶ não encontraram diferença significativa na incidência de fibrilação atrial durante a EED com ou sem o uso precoce de atropina (0,8% vs. 1,2%; p = NS). Esses percentuais são muito semelhantes aos observados em nosso estudo (0,82% vs. 1,27%; p < 0,001), embora tenhamos identificado uma diferença estatisticamente significativa no grupo PM-EED, que utilizou doses menores de dobutamina e fez uso mais frequente de atropina. Esse achado não permite descartar uma possível associação entre o uso de atropina e a fibrilação atrial, o que requer estudos adicionais para confirmação.

Considerando a maior dose média de atropina e o maior número de pacientes que suspenderam o uso de betabloqueadores orais antes do teste, conforme recomendação prévia, o maior percentual de testes concluídos no grupo PM-EED era esperado. Em conformidade com um estudo anterior envolvendo octogenários, nossos



Vídeo 1 – Na visualização apical de duas câmaras, durante o pico da ecocardiografia de estresse com dobutamina (168 bpm), é possível observar uma sutil anormalidade na contratilidade. Após a infusão intravenosa de um bolus de esmolol, durante a fase de recuperação (116 bpm), a área de alteração da movimentação da parede se estende para as paredes anterior e inferior, indicando uma isquemia intensa e inequívoca. Disponível em: http://abcimaging.org/supplementary-material/2025/3803/ABCImag-2025-0054_AO_video_1.mp4

resultados mostraram que os pacientes idosos requereram menores doses de atropina.¹⁰ Além disso, corroborando dados já publicados, o menor uso de atropina em idosos foi observado tanto nos resultados positivos quanto negativos para isquemia.

A taquicardia ventricular não sustentada foi observada com maior frequência no grupo PC-EED, independentemente do resultado positivo ou negativo para isquemia, sugerindo um efeito relacionado às doses mais elevadas de dobutamina. A critério do examinador, o teste foi interrompido e um bolus de betabloqueador foi administrado, prevenindo assim a ocorrência de taquicardia ventricular sustentada.

As complicações mais graves ocorreram exclusivamente no grupo PC-EED. Um paciente apresentou síndrome coronariana aguda durante a EED, necessitando de infusão intravenosa de nitroglicerina por um período prolongado. Posteriormente, esse paciente foi submetido à angiografia coronariana, que revelou doença arterial coronariana grave. A fibrilação ventricular foi observada em outros dois pacientes – um durante o quarto estágio e outro na fase de recuperação – ambos com teste positivo para isquemia miocárdica e doença coronariana grave. A desfibrilação foi realizada com sucesso em ambos os casos, sem sequelas, e a revascularização

miocárdica cirúrgica foi realizada posteriormente. Nenhum caso de cardioversão ou desfibrilação elétrica foi registrado no grupo PM-EED.

Neste estudo, nenhuma das seguintes complicações foi observada: síndrome de Takotsubo, infarto agudo do miocárdio, dissociação atrioventricular, assistolia, ruptura cardíaca, óbito ou taquicardia ventricular sustentada. Geleijnse et al.¹¹ relataram que, na ausência de taquicardia ventricular sustentada, o risco de complicações graves durante o teste de estresse – seja com vasodilatador, dobutamina ou exercício – é semelhante.

O estudo de Rozanski et al.²⁷ utilizando imagem por medicina nuclear, demonstrou que, ao longo de duas décadas, o percentual de testes com resultado positivo para isquemia caiu para 5%. Outros estudos mostraram que, ao longo de quatro décadas, a taxa de isquemia miocárdica induzível durante a ecocardiografia de estresse caiu de 60% para menos de 10%, provavelmente devido a mudanças no perfil dos pacientes e melhorias na terapia anti-isquêmica.^{28,29} Isso pode explicar o menor percentual de testes positivos para isquemia no grupo PM-EED em nosso estudo. Além disso, vale destacar o maior produto pressão-frequência observado nesse grupo durante o estresse. A queda na taxa de resultados positivos tem

motivado a incorporação de novas ferramentas para aumentar a precisão diagnóstica da ecocardiografia de estresse.

A ocorrência potencial de efeitos adversos significativos nunca deve ser subestimada. Com base nos achados do nosso estudo, acreditamos que a implementação de um protocolo bem definido e ações rápidas para o manejo de eventos adversos são essenciais para garantir a segurança da EED. Medidas-chave de segurança incluem atenção rigorosa às contraindicações da EED, redução da exposição à dobutamina, reversão imediata da desaceleração sinusal paradoxal, uso de esmolol como betabloqueador de ação ultracurta e administração intravenosa de nitroglicerina quando necessário.

Nosso estudo apresenta várias limitações. Trata-se de uma análise retrospectiva, e nem a probabilidade pré-teste de doença arterial coronariana nem sua influência nos resultados do exame foram calculadas.²⁷⁻³⁰ Em relação ao uso de betabloqueadores e vasodilatadores coronarianos, a gravidade da isquemia não foi quantificada na comparação entre os grupos. Não houve padronização no uso de vasodilatadores coronarianos, embora essa limitação tenha sido atenuada no grupo PM-EED. Não foi realizada avaliação hemodinâmica para verificar a acurácia da EED, e os pacientes não foram acompanhados longitudinalmente para comparar o valor prognóstico entre PC-EED e PM-EED; no entanto, esses aspectos estavam fora do escopo deste estudo. Embora, na prática, a redução da frequência cardíaca tenha ocorrido mais rapidamente com esmolol do que com metoprolol, um estudo comparativo é necessário para confirmar essa observação. A ecocardiografia com contraste miocárdico poderia aumentar o número de exames diagnósticos, mas, devido ao seu custo, permanece incomum em nosso meio.

Em conclusão, o protocolo modificado de EED, com administração precoce de atropina e uso intravenoso de esmolol e nitroglicerina, mostrou-se uma abordagem segura, sem registro de efeitos adversos graves. Esse protocolo resultou em menor exposição à dobutamina e em um maior produto pressão-frequência, contribuindo tanto para a segurança quanto para a eficácia diagnóstica.

Referências

1. Poldermans D, Fioretti PM, Boersma E, Forster T, van Urk H, Cornel JH, et al. Safety of Dobutamine-Atropine Stress Echocardiography in Patients with Suspected or Proven Coronary Artery Disease. *Am J Cardiol*. 1994;73(7):456-9. doi: 10.1016/0002-9149(94)90675-0.
2. Pellikka PA, Roger VL, Oh JK, Miller FA, Seward JB, Tajik AJ. Stress Echocardiography. Part II. Dobutamine Stress Echocardiography: Techniques, Implementation, Clinical Applications, and Correlations. *Mayo Clin Proc*. 1995;70(1):16-27. doi: 10.1016/S0025-6196(11)64660-0.
3. Krahwinkel W, Ketteler T, Gödke J, Wolfertz J, Ulbricht LJ, Krakau I, et al. Dobutamine Stress Echocardiography. *Eur Heart J*. 1997;18(Suppl D):D9-15. doi: 10.1093/eurheartj/18.suppl_d.9.
4. Pellikka PA, Nagueh SF, Elhendy AA, Kuehl CA, Sawada SG; American Society of Echocardiography. American Society of Echocardiography Recommendations for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(9):1021-41. doi: 10.1016/j.echo.2007.07.003.
5. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement--Executive Summary: European Association of Echocardiography (EAE) (a Registered Branch of the ESC). *Eur Heart J*. 2009;30(3):278-89. doi: 10.1093/eurheartj/ehn492.
6. Pellikka PA, Arruda-Olson A, Chaudhry FA, Chen MH, Marshall JE, Porter TR, et al. Guidelines for Performance, Interpretation, and Application of Stress Echocardiography in Ischemic Heart Disease: From the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(1):1-41.e8. doi: 10.1016/j.echo.2019.07.001.
7. Steeds RP, Wheeler R, Bhattacharyya S, Reiken J, Nihoyannopoulos P, Senior R, et al. Stress Echocardiography in Coronary Artery Disease: A Practical Guideline from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*. 2019;6(2):G17-G33. doi: 10.1530/ERP-18-0068.
8. Mathias W Jr, Tsutsui JM, Andrade JL, Kowatsch I, Lemos PA, Leal SM, et al. Value of Rapid Beta-Blocker Injection at Peak Dobutamine-Atropine Stress Echocardiography for Detection of Coronary Artery Disease. *J Am Coll Cardiol*. 2003;41(9):1583-9. doi: 10.1016/s0735-1097(03)00242-0.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Abreu JS, Diógenes TC, Abreu MEB. Obtenção de dados: Abreu JS, Diógenes TC, Abreu MEB. Análise e interpretação dos dados: Abreu JS, Abreu MEB, Diógenes SC, Carneiro MM. Análise estatística: Abreu JS. Redação do manuscrito: Abreu JS, Farias AGLP, Carneiro MM. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Abreu JS, Machado IS, Farias AGLP.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Estadual do Ceará sob o número de protocolo CAAE: 70990923.6.0000.5534, parecer número 6.312.526. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

9. Varga A, Garcia MA, Picano E; International Stress Echo Complication Registry. Safety of Stress Echocardiography (from the International Stress Echo Complication Registry). *Am J Cardiol.* 2006;98(4):541-3. doi: 10.1016/j.amjcard.2006.02.064.
10. Abreu JS, Diógenes TC, Farias AG, Morais JM, Paes JN Jr. Safety and Feasibility of Dobutamine-Atropine Stress Echocardiography in Octogenarian Patients. *Arq Bras Cardiol.* 2005;85(3):198-204. doi: 10.1590/s0066-782x2005001600009.
11. Geleijnse ML, Krenning BJ, Nemes A, van Dalen BM, Soliman OI, Ten Cate FJ, et al. Incidence, Pathophysiology, and Treatment of Complications during Dobutamine-Atropine Stress Echocardiography. *Circulation.* 2010;121(15):1756-67. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.109.859264.
12. Geleijnse ML, Fioretti PM, Roelandt JR. Methodology, Feasibility, Safety and Diagnostic Accuracy of Dobutamine Stress Echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 1997;30(3):595-606. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00206-4.
13. Attenhofer CH, Pellikka PA, McCully RB, Roger VL, Seward JB. Paradoxical Sinus Deceleration during Dobutamine Stress Echocardiography: Description and Angiographic Correlation. *J Am Coll Cardiol.* 1997;29(5):994-9. doi: 10.1016/s0735-1097(97)00030-2.
14. Abrams J. A Reappraisal of Nitrate Therapy. *JAMA.* 1988;259(3):396-401.
15. Curry SH, Lopez LM, Lambert CR, Kwon HR, Stack RK. Plasma Concentrations and Hemodynamic effects of Intravenous, Sublingual, and Aerosolized Nitroglycerin in Patients Undergoing Cardiac Catheterization. *Biopharm Drug Dispos.* 1993;14(2):107-18. doi: 10.1002/bdd.2510140203.
16. Tsutsui JM, Osório AF, Lario FA, Fernandes DR, Sodre G, Andrade JL, et al. Comparison of Safety and Efficacy of the Early Injection of Atropine during Dobutamine Stress Echocardiography with the Conventional Protocol. *Am J Cardiol.* 2004;94(11):1367-72. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.07.141.
17. Mathias W Jr, Arruda A, Santos FC, Arruda AL, Mattos E, Osório A, et al. Safety of Dobutamine-Atropine Stress Echocardiography: A Prospective Experience of 4,033 Consecutive Studies. *J Am Soc Echocardiogr.* 1999;12(10):785-91. doi: 10.1016/s0894-7317(99)70182-3.
18. Maurovich-Horvat P, Károlyi M, Horváth T, Szilveszter B, Bartykowszki A, Jermendy ÁL, et al. Esmolol is Noninferior to Metoprolol in Achieving a Target Heart Rate of 65 Beats/Min in Patients Referred to Coronary CT Angiography: A Randomized Controlled Clinical Trial. *J Cardiovasc Comput Tomogr.* 2015;9(2):139-45. doi: 10.1016/j.jcct.2015.02.001.
19. Milojevic K, Beltramini A, Nagash M, Muret A, Richard O, Lambert Y. Esmolol Compared with Amiodarone in the Treatment of Recent-Onset Atrial Fibrillation (RAF): An Emergency Medicine External Validity Study. *J Emerg Med.* 2019;56(3):308-18. doi: 10.1016/j.jemermed.2018.12.010.
20. Karagiannis SE, Bax JJ, Elhendy A, Feringa HH, Cokkinos DV, van Domburg R, et al. Enhanced Sensitivity of Dobutamine Stress Echocardiography by Observing Wall Motion Abnormalities during the Recovery Phase after Acute Beta-Blocker Administration. *Am J Cardiol.* 2006;97(4):462-5. doi: 10.1016/j.amjcard.2005.09.075.
21. Haouzi AJ, Schwartz S, Liszka E. Coronary Artery Spasm Following Dobutamine Stress Echocardiogram. *BMJ Case Rep.* 2020;13(8):e235206. doi: 10.1136/bcr-2020-235206.
22. Kim C, Ha M, Kim W, Park SJ, Hwang SH, Yong HS, et al. Nitrates Administered by Spray versus Tablet: Comparison of Coronary Vasodilation on CT Angiography. *Eur Radiol.* 2021;31(1):515-24. doi: 10.1007/s00330-020-07104-0.
23. Sawada SG. A Reappraisal of Dobutamine Echocardiography for Risk Stratification before Noncardiac Surgery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020;33(4):433-7. doi: 10.1016/j.echo.2020.01.017.
24. Lee CY, Pellikka PA, Shub C, Sinak LJ, Seward JB. Hypertensive Response during Dobutamine Stress Echocardiography. *Am J Cardiol.* 1997;80(7):970-1. doi: 10.1016/s0002-9149(97)00561-4.
25. Mansencal N, Mustafic H, Hauguel-Moreau M, Lannou S, Szymanski C, Dubourg O. Occurrence of Atrial Fibrillation during Dobutamine Stress Echocardiography. *Am J Cardiol.* 2019;123(8):1277-82. doi: 10.1016/j.amjcard.2019.01.022.
26. Carasso S, Sandach A, Kuperstein R, Schwammenthal E, Glikson M, Luria D, et al. Atrial Fibrillation in Dobutamine Stress Echocardiography. *Int J Cardiol.* 2006;111(1):53-8. doi: 10.1016/j.ijcard.2005.07.001.
27. Rozanski A, Gransar H, Hayes SW, Min J, Friedman JD, Thomson LE, et al. Temporal Trends in the Frequency of Inducible Myocardial Ischemia during Cardiac Stress Testing: 1991 to 2009. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(10):1054-65. doi: 10.1016/j.jacc.2012.11.056.
28. Carpeggiani C, Landi P, Michelassi C, Sicari R, Picano E. The Declining Frequency of Inducible Myocardial Ischemia during Stress Echocardiography Over 27 Consecutive Years (1983-2009). *Int J Cardiol.* 2016;224:57-61. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.08.313.
29. Picano E, Pierard L, Peteiro J, Djordjevic-Dikic A, Sade LE, Cortigiani L, et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Chronic Coronary Syndromes and Beyond Coronary Artery Disease: A Clinical Consensus Statement from the European Association of Cardiovascular Imaging of the ESC. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2024;25(2):e65-e90. doi: 10.1093/ehjci/jead250.
30. Cortigiani L, Bigi R, Bovenzi F, Molinaro S, Picano E, Sicari R. Prognostic Implication of Appropriateness Criteria for Pharmacologic Stress Echocardiography Performed in an Outpatient Clinic. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5(3):298-305. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.111.971242.



Como Eu Faço Ecocardiograma Tridimensional na Estenose Mitral: Como e Quando

My Approach to Three-Dimensional Echocardiography in Mitral Stenosis: How and When?

Alexandre Costa Souza,^{1,2}  Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho,¹  Marco André Moraes Sales¹ 

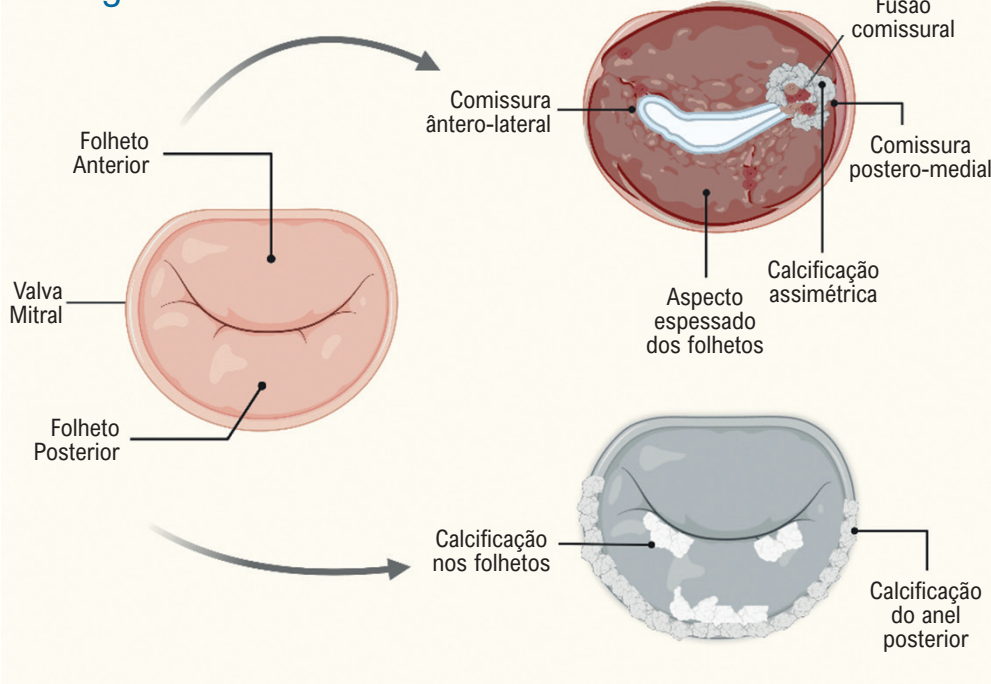
Hospital São Rafael,¹ Salvador, BA – Brasil

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR),² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Figura Central: Como Eu Faço Ecocardiograma Tridimensional na Estenose Mitral: Como e Quando



Etiologia da Estenose Mitral



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250057

Ilustração esquemática das manifestações anatômicas da estenose mitral de acordo com a etiologia. À esquerda, valva mitral sem alterações. No quadrante superior direito, padrão reumático evidenciando espessamento difuso dos folhetos com fusão e calcificação assimétrica de uma das comissuras. No quadrante inferior direito, padrão degenerativo calcífico, com deposição extensa de cálcio no anel posterior e nas bases dos folhetos.

Palavras-chave

Ecocardiografia Tridimensional; Estenose da Valva Mitral; Imageamento Tridimensional

Correspondência: Alexandre Costa Souza •

Hospital São Rafael – Ecocardiografia. Avenida São Rafael, 2152. CEP: 41253-190, Salvador, BA – Brasil

E-mail: alexandrecoastahr@gmail.com

Artigo recebido em 13/08/2025; revisado em 29/08/2025; aceito em 29/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250057>

Resumo

A ecocardiografia tridimensional (3D) tornou-se ferramenta essencial na avaliação da estenose mitral, permitindo análises anatômicas detalhadas e mensurações confiáveis, mesmo em anatomias complexas ou com calcificação extensa. Este artigo apresenta um guia prático baseado na experiência clínica diária no laboratório de imagem para aquisição e otimização de imagens, reconstrução multiplanar e planimetria 3D, destacando ajustes técnicos, uso de ferramentas como rotação e *crop* e estratégias para integrar o método ao fluxo de trabalho rotineiro em centros de imagem cardiovascular.

Introdução

A estenose mitral permanece uma condição clinicamente relevante em todo o mundo, associada a morbidade significativa e impacto na qualidade de vida e sobrevida dos pacientes. Além disso, em populações mais idosas de países desenvolvidos, a etiologia degenerativa tem se tornado progressivamente mais frequente, refletindo o envelhecimento populacional e a maior expectativa de vida.¹ As diretrizes internacionais destacam que a estenose mitral, independentemente da etiologia, está associada a complicações graves, como hipertensão pulmonar, fibrilação atrial e insuficiência cardíaca, justificando estratégias diagnósticas e terapêuticas precisas para detalhar a progressão da doença e melhorar o prognóstico.¹

A ecocardiografia bidimensional (2D) continua sendo o primeiro método para quantificar a área valvar na estenose mitral; contudo, a planimetria 2D é altamente dependente de um corte ortogonal exato sobre as pontas dos folhetos e pequenos desvios no plano ou a presença de sombreamento acústico por calcificação podem superestimar a área e até inviabilizar a mensuração.²

Reconhecendo essas limitações, as diretrizes europeias recomendam o uso complementar da planimetria tridimensional (3D), que melhora a definição do menor orifício funcional quando a imagem 2D é subótima.³ Além disso, o cálculo da área pela metodologia do *pressure half-time* (PHT) sofre influência direta da complacência atrial e ventricular, de condições hemodinâmicas transitórias (p. ex., insuficiência aórtica, disfunção diastólica) e de lesões associadas, como regurgitação mitral, que encurtam ou prolongam o PHT e levam a erros na estimativa da área valvar. Esses fatores explicam por que, em cenários clínicos complexos, a integração de parâmetros adicionais, como a planimetria 3D pode ser relevante para uma classificação precisa da gravidade da estenose mitral.^{2,3}

“Como eu Faço” na Prática

Diante dessas limitações e da necessidade de mensurações mais precisas, a ecocardiografia 3D passou a integrar de forma crescente a avaliação da estenose mitral, não apenas como

complemento, mas como ferramenta central em cenários complexos, em especial por permitir alinhamento do feixe piramidal de forma ortogonal ao plano valvar e pela sua alta resolução espacial. A seguir, descreve-se como realizamos essa avaliação na prática diária.

O primeiro passo é sempre otimizar a aquisição 2D. Uma imagem 2D inadequada compromete diretamente a qualidade da reconstrução 3D. Ajustes como ganho, compressão e alinhamento devem ser feitos antes da ativação do modo 3D. Não existe exame 3D de qualidade sem uma base 2D estável e bem orientada.

Após otimizada a imagem, utilizamos o modo multiplano 2D para alinhar os eixos ortogonais e identificar corretamente o plano das pontas dos folhetos. Em seguida, ativamos o modo 3D zoom para obter uma visão *en face* do orifício valvar, posicionando o plano de corte no menor diâmetro durante a diástole. Quando necessário, aplica-se o Doppler colorido integrado à reconstrução para avaliar fluxo residual ou regurgitação associada. A mobilidade dos folhetos, a simetria de fusão comissural e a presença de calcificação ou alterações subvalvares são avaliadas por meio de reconstruções multiplanares e visões *en face* obtidas com o modo 3D, permitindo a análise detalhada do aparato mitral em diferentes planos ortogonais.⁴

O Papel da Ecocardiografia Transtorácica 3D

A etapa transtorácica da ecocardiografia tridimensional (ETT-3D) representa uma fase inicial estratégica na avaliação da estenose mitral, sobretudo por oferecer imagens em tempo real com boa resolução espacial em pacientes com janela acústica favorável.⁴ Sua principal contribuição está na obtenção rápida e não invasiva da valva mitral. Além disso, a ETT-3D facilita a caracterização morfológica da valva quanto à simetria da fusão comissural, espessamento dos folhetos e extensão de calcificações, informações relevantes para o diagnóstico etiológico e para a seleção de candidatos à valvotomia percutânea. Embora tenha limitações em anatomias complexas ou em pacientes com janela inadequada, essa etapa pode antecipar dados relevantes e direcionar de forma mais eficiente o planejamento do estudo transesofágico.⁴ Na Figura 1, observa-se um exemplo de ETT-3D em estenose

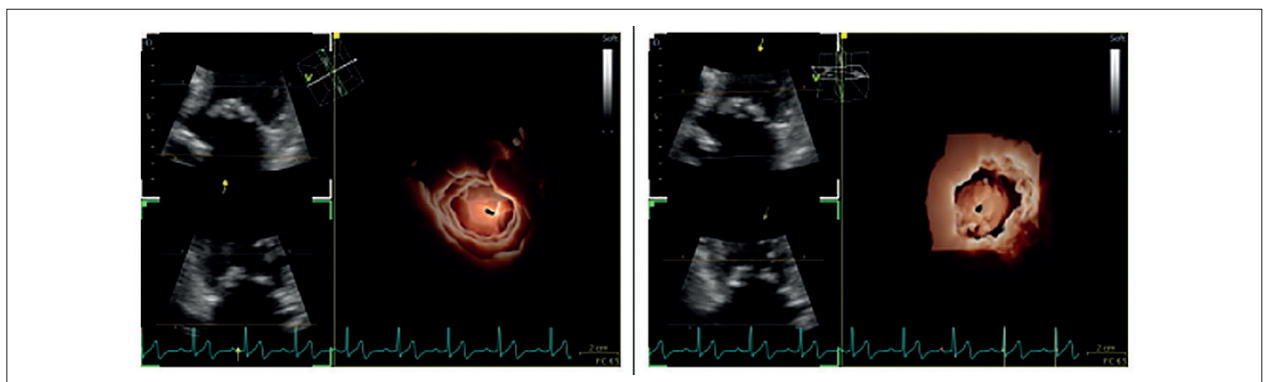


Figura 1 – Ecocardiografia transtorácica tridimensional da valva mitral em estenose mitral reumática grave com tunelização. À esquerda, vista atrial com o orifício valvar tunelizado, típico de anatomias reumáticas graves. À direita, vista ventricular evidenciando o trajeto alongado e estreito do orifício funcional, com fusão comissural e restrição subvalvar associada.

Artigo de Revisão

mitral reumática grave com tunelização, evidenciando nas vistas atrial e ventricular as alterações morfológicas típicas dessa etiologia.

Em estudo prospectivo envolvendo 105 pacientes com estenose mitral grave, demonstrou-se que, apesar da menor resolução de imagem da ETT-3D em relação à ecocardiografia transesofágica 3D, ambas as técnicas exibem excelente concordância (correlação significativa; viés médio $< 0,01 \text{ cm}^2$), confirmando a confiabilidade da ETT-3D para quantificação da área valvar.⁵

Embora o papel da ETT-3D seja relevante e possa fornecer dados confiáveis, especialmente em janelas acústicas favoráveis, a etapa transesofágica permanece indispensável para avaliação detalhada. É nessa fase que se aplicam de forma sistemática os parâmetros de aquisição e otimização discutidos a seguir.

Parâmetros de Avaliação e Otimização da Imagem

Planimetria 3D

A planimetria 3D é atualmente considerada o método mais preciso para determinação da área valvar mitral na estenose mitral, por reduzir erros relacionados ao corte oblíquo e à dependência de janelas acústicas que limitam a planimetria 2D. Utilizando reconstruções multiplanares e visualização *en face* no modo 3D transesofágico, é possível identificar com precisão o menor orifício na diástole, mesmo em anatomias complexas, com calcificação ou fusão comissural assimétrica.^{2,3}

Além de maior acurácia na mensuração da área valvar, a planimetria 3D tem se mostrado relevante na estratificação prognóstica. Em estudo comparativo, o método forneceu áreas valvares consistentemente menores que o PHT e a planimetria 2D, reclassificando a gravidade da estenose mitral em quase 20% dos casos.⁶ Mais importante, apenas as classificações de estenose grave obtidas pelo 3D foram significativamente associadas a desfechos clínicos, como necessidade de valvotomia, cirurgia valvar ou hospitalização por insuficiência cardíaca, além de apresentar melhor correlação com marcadores hemodinâmicos, como pressão sistólica ventricular direita e volume atrial esquerdo.^{7,8} Esses achados reforçam o valor do 3D não apenas na avaliação anatômica, mas também na identificação dos pacientes com maior risco de eventos clínicos.⁶

A Figura 2 ilustra um exemplo de planimetria 3D obtida por ecocardiografia transesofágica 3D, destacando a reconstrução multiplanar e a visualização *en face* para posicionamento preciso do plano no menor orifício funcional durante a diástole. Foi utilizada a ferramenta FlexiSlice® (GE Healthcare) para o alinhamento preciso dos planos e otimização da visualização.

Comparação com PHT e Planimetria 2D

Quando comparada aos métodos tradicionais, a planimetria 3D apresenta menor variabilidade interobservador e evita vieses associados à metodologia do PHT e à planimetria 2D.^{2,4} Enquanto o PHT sofre influência direta da complacência atrial

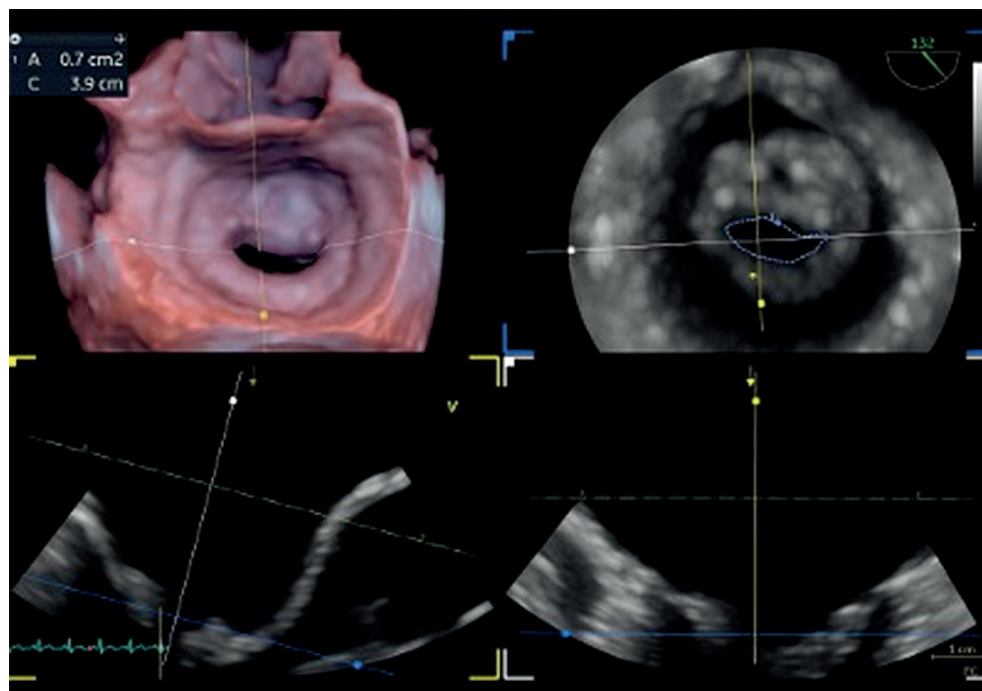


Figura 2 – Reconstrução multiplanar por ecocardiografia transesofágica tridimensional em estenose mitral, permitindo posicionar precisamente o plano na porção mais estreita do orifício valvar durante a diástole, facilitando mensuração anatômica confiável da área funcional.

e ventricular, da presença de regurgitações associadas e de condições hemodinâmicas transitórias, comprometendo a acurácia da estimativa da área valvar, a planimetria 2D pode superestimar ou subestimar a gravidade da estenose quando há cortes não ortogonais ou sombreamento acústico.^{2,3} Assim, a integração da planimetria 3D ao fluxo diagnóstico tem impacto clínico relevante, permitindo estratificação mais acurada da gravidade da doença e auxiliando na seleção e no planejamento de intervenções, como valvotomia percutânea ou cirurgia.²⁻⁴

Alinhamento Multiplanar na Aquisição Volumétrica

Antes da captura do volume 3D, seja no modo zoom ou *full-volume*, a utilização do modo multiplanar 2D é fundamental para alinhar corretamente os eixos ortogonais ao plano valvar mitral. Esse alinhamento durante a fase de aquisição é especialmente importante em casos de estenose mitral, onde a anatomia frequentemente é assimétrica e a mínima área funcional pode não coincidir com o plano anatômico padrão. Ao ajustar os planos lateral-medial e ântero-posterior sobre as extremidades dos folhetos, garante-se o registro do plano de máxima abertura diastólica, reduzindo erros e facilitando o pós-processamento.

Para valvas reumáticas, recomenda-se alinhar o plano coronal entre as comissuras (ântero-lateral e pósterio-medial), respeitando eventuais assimetrias. A verificação do plano axial (transversal) deve ser feita para assegurar centralização do orifício funcional e evitar cortes tangenciais. Quando há calcificação assimétrica ou distorção anatômica, pequenos ajustes na inclinação da sonda podem reposicionar o feixe de forma mais favorável. A presença de ritmo irregular, como na fibrilação atrial, justifica a preferência pelo modo 3D zoom com aquisição em batimento único, evitando artefatos de costura (*stitch artifacts*) comuns em volumes compostos (*full-volume*).

Durante a aquisição com 3D zoom, é importante manter um *frame rate* razoável, idealmente acima de 20 volumes por segundo (VPS) para preservar a nitidez temporal. Modos de captura em batimento único podem atingir até 25 VPS, melhorando a definição em pacientes com ritmo irregular, enquanto múltiplos batimentos podem elevar o *frame rate* para valores ainda mais altos (como 80 VPS), mas exigem ritmo regular e trazem risco de artefatos. Taxas muito baixas podem dificultar a identificação do menor diâmetro funcional, especialmente em anatomias complexas.

A adoção sistemática dessas estratégias durante a aquisição proporciona volumes mais representativos da anatomia funcional, reduz a necessidade de correções extensas no pós-processamento e aumenta a acurácia da mensuração da área valvar por planimetria 3D.

Pós-processamento e Otimização de Imagens 3D

A obtenção de imagens 3D de alta qualidade para avaliação da estenose mitral depende diretamente de ajustes adequados de ganho, brilho e compressão durante a aquisição e no pós-processamento. O ganho deve ser ajustado de forma a realçar a ecogenicidade dos folhetos e comissuras sem saturar a

imagem ou introduzir artefatos. Um ganho excessivo amplifica ecos de baixa intensidade e pode gerar sombras artificiais, enquanto um ganho insuficiente compromete a visualização das bordas valvares e do orifício valvar. O equilíbrio adequado garante que os limites anatômicos sejam nítidos, facilitando a reconstrução multiplanar e a planimetria 3D.⁴

O brilho e a compressão (ajuste de contraste) também exercem papel fundamental. Na análise da estenose mitral, recomenda-se compressão de baixa a média intensidade, preservando o contraste necessário para diferenciar com clareza as bordas do orifício funcional e das comissuras, sem saturar áreas ecogênicas. Compressões muito altas reduzem o intervalo de tons de cinza e podem mascarar calcificações finas ou fusões parciais; compressões muito baixas aumentam excessivamente o intervalo dinâmico, resultando em menor definição das margens. O ajuste deve ser realizado de forma progressiva durante o pós-processamento, verificando, em reconstruções multiplanares, a nitidez e a continuidade anatômica antes da planimetria, de modo a realçar o aparato valvar sem distorcer a morfologia.⁴

Outro recurso disponível é a suavização (*smoothing*), que atua reduzindo a granulação da superfície reconstruída. Embora útil para gerar uma aparência mais homogênea da valva e facilitar a análise visual, o uso excessivo dessa ferramenta pode distorcer superfícies irregulares e atenuar a percepção de estruturas críticas, como calcificações pontuais ou áreas de fusão. Em estenose mitral, o *smoothing* deve ser aplicado de forma criteriosa, apenas para melhorar a uniformidade da imagem sem comprometer a acurácia anatômica. Da mesma forma, uma imagem 2D bem otimizada antes da captura do volume é indispensável, pois eventuais artefatos originados na aquisição se propagam para o conjunto de dados 3D, comprometendo a análise multiplanar e a mensuração da área valvar posteriormente.^{7,8}

O ajuste de Gamma também pode ser utilizado para equilibrar a distribuição dos tons de cinza na imagem 3D. Valores mais baixos aumentam o contraste nas áreas mais escuras, realçando bordas e calcificações finas, enquanto valores mais altos facilitam a visualização de estruturas pouco ecogênicas. O ajuste deve ser feito de forma moderada para evitar perda de detalhes ou distorção da percepção anatômica.

Na análise 3D da estenose mitral, recursos como o Clarity podem ser empregados para realçar bordas e reduzir ruídos, melhorando a definição do contorno valvar e facilitando a planimetria, sobretudo em anatomias complexas ou com calcificação. O ajuste deve ser moderado para evitar artefatos ou realces artificiais. De forma complementar e opcional, o HD Live pode ser utilizado para renderização volumétrica com simulação de iluminação, alterando a percepção de profundidade e o realismo 3D. Embora esse recurso não influencie diretamente a acurácia da mensuração, pode auxiliar na compreensão espacial e na comunicação visual de achados anatômicos.

Correção de Artefatos e Ruídos

A obtenção de imagens 3D de alta qualidade para avaliação da estenose mitral depende de ajustes adequados não apenas de ganho, brilho e compressão como citado anteriormente,

Artigo de Revisão

mas também de estratégias para reduzir artefatos e ruídos que podem comprometer a mensuração da área valvar. Um desafio frequente é a sombra acústica provocada por calcificações extensas, que gera perda de definição nos folhetos e na região subvalvar. Para atenuá-la, recomenda-se:

- Reduzir levemente o ganho e ajustar a compressão para realçar bordas valvares sem saturar áreas calcificadas.
- Experimentar pequenas mudanças de ângulo da sonda, buscando janelas com menor interferência acústica.
- Em casos persistentes, usar o modo 3D zoom com foco restrito na valva, minimizando a necessidade de reconstruções extensas e áreas afetadas pela sombra.

Outro ponto é o ruído granular do volume (*speckle noise*), que pode dificultar a identificação precisa do contorno da valva. Filtros de supressão de ruído ou suavização (*smoothing*) podem ser aplicados, desde que com moderação, pois o uso excessivo tende a distorcer a geometria real, principalmente em áreas com calcificação ou fusão comissural.

Artefatos de movimento, como os *stitch artifacts*, em aquisições *full-volume*, são comuns em pacientes com fibrilação atrial ou taquicardia. Nestes casos, o uso de volumes menores ou aquisição em *single beat* é preferível para evitar a perda de continuidade anatômica, ainda que com menor resolução espacial.

A aplicação criteriosa dessas técnicas, associada ao alinhamento adequado dos planos ortogonais e ao uso racional das ferramentas de rotação e corte, é fundamental para garantir que o conjunto de dados final represente fielmente a anatomia, permitindo planimetrias confiáveis e reproduzíveis.

Por fim, é importante lembrar que toda análise 3D depende da qualidade da imagem 2D original. Artefatos adquiridos na base 2D se propagam para o volume reconstruído, impactando a acurácia da planimetria. Uma aquisição estável, bem centralizada e livre de distorções é o primeiro passo para um pós-processamento eficaz.

Funções de Rotação e Corte (*crop*) no Pós-processamento

Durante a análise 3D na estenose mitral, a manipulação do volume com as funções de rotação e corte (*crop*) é utilizada para otimizar a visualização do orifício valvar e do aparato mitral. A rotação do bloco volumétrico em eixos ortogonais permite alinhar precisamente o plano de visão com as pontas dos folhetos, facilitando a obtenção de uma visão *en face* da abertura valvar na diástole. Essa etapa é particularmente importante em anatomias complexas, onde fusões comissurais assimétricas ou calcificações podem distorcer a orientação padrão, dificultando a mensuração da área funcional.^{6,8}

O recurso de corte (*crop*) possibilita remover porções do volume 3D que não contribuem para a análise, como cavidades adjacentes ou porções redundantes do átrio esquerdo, permitindo focar exclusivamente na valva mitral e no seu orifício. Esse processo de limpeza melhora a clareza da imagem e a definição das estruturas, além de facilitar a reconstrução multiplanar e a planimetria.⁴ A utilização criteriosa da função *crop* também reduz artefatos e evita sobreposição de estruturas, especialmente em casos com

dilatação atrial importante ou múltiplos planos de fluxo que podem interferir na interpretação.⁸

A combinação dessas técnicas, aliada aos ajustes de ganho, brilho, compressão e suavização previamente aplicados, resulta em uma reconstrução mais estável e fiel à anatomia real. Dessa forma, o uso sistemático das ferramentas de rotação e corte não apenas melhora a qualidade visual, mas também aumenta a acurácia da mensuração da área valvar e da caracterização anatômica, contribuindo para uma análise diagnóstica mais confiável em estenose valvar mitral.

A aplicação sistemática de estratégias adequadas de aquisição, associada a técnicas de otimização de imagem no pós-processamento e à manipulação criteriosa do volume com ferramentas como rotação e *crop*, eleva a qualidade da reconstrução 3D e a confiabilidade diagnóstica na estenose mitral. A Tabela 1 resume as principais recomendações para redução de artefatos e obtenção de mensurações precisas. Com a etapa técnica otimizada, é possível avançar para a avaliação individualizada da estenose mitral segundo sua etiologia.

Avaliação Individualizada Conforme a Etiologia

Estenose Mitrал – Etiologia Reumática

A estenose mitral de etiologia reumática caracteriza-se por fusão comissural, espessamento dos folhetos que se inicia nas extremidades e se estende em direção à base, e fusão do aparato subvalvar, resultando em orifício em formato de “boca de peixe” e domo diastólico do folheto anterior^{2,8} (Figura 3). A avaliação ecocardiográfica deve documentar não apenas a extensão da fusão comissural, mas também a presença e a distribuição do cálcio nas comissuras, parâmetros fundamentais para determinar a viabilidade e a segurança da valvotomia percutânea com balão (VPB).^{8,9} O comprometimento comissural assimétrico ou a presença de calcificação extensa nas comissuras estão associados a menor

Tabela 1 – Estratégias práticas para minimizar artefatos na aquisição e pós-processamento de volumes 3D na avaliação da estenose mitral

Reduza o ganho e ajuste o contraste em regiões com calcificação para evitar saturação e sombra acústica.

Ajuste o ângulo da sonda discretamente, se houver perda de definição por sombra acústica.

Prefira o modo 3D zoom quando o *full-volume* gerar artefatos, principalmente em ritmo irregular.

Utilize a suavização (*smoothing*) com moderação, apenas para homogeneizar a imagem sem perder definição anatômica.

Em fibrilação atrial, evite a aquisição em *multi-beat*; utilize preferencialmente o modo *single-beat* com volumes reduzidos.

Garanta uma boa imagem 2D antes de capturar o volume, pois artefatos iniciais comprometem toda a reconstrução.

2D: *bidimensional*; 3D: *tridimensional*.

sucesso hemodinâmico da VPB e maior risco de regurgitação mitral significativa pós-procedimento^{6,8} (Figura 4).

Estudos recentes mostram que escores 3D, como o de Anwar, capturam melhor a severidade da calcificação comissural e do comprometimento subvalvar, elementos diretamente relacionados à ocorrência de resultados subótimos, como área valvar final < 1,5 cm² ou regurgitação mitral significativa pós-procedimento.¹⁰ No estudo de Farrag et al., o 3D-Anwar score apresentou superioridade ao Wilkins tradicional (2D) na predição de desfechos adversos, com correlação negativa mais robusta entre o escore e a área valvar obtida.⁹ A avaliação 3D das comissuras, portanto, não apenas aprimora a acurácia da planimetria e a caracterização anatômica, mas também fornece parâmetros prognósticos fundamentais para a seleção de candidatos e o planejamento de intervenções percutâneas, reduzindo o risco de complicações como regurgitação mitral residual (Figura 5).

Estenose Mitral – Etiologia Degenerativa

A estenose mitral de etiologia degenerativa ocorre predominantemente em idosos e resulta da calcificação progressiva do anel mitral, com extensão frequente para a base dos folhetos. Essa configuração leva à formação de um orifício tubular ou em túnel, geralmente sem fusão comissural significativa, e costuma gerar gradientes transmitrais mais baixos para uma mesma área valvar, quando comparada à forma reumática.^{11,12} Essas particularidades anatômicas tornam a avaliação convencional por ecocardiografia 2D desafiadora, uma vez que a presença de cálcio extenso frequentemente produz sombreamento acústico, dificultando ou inviabilizando a planimetria 2D precisa.¹¹

Nesse cenário, a ecocardiografia 3D desempenha papel importante também na etiologia degenerativa calcífica, pois

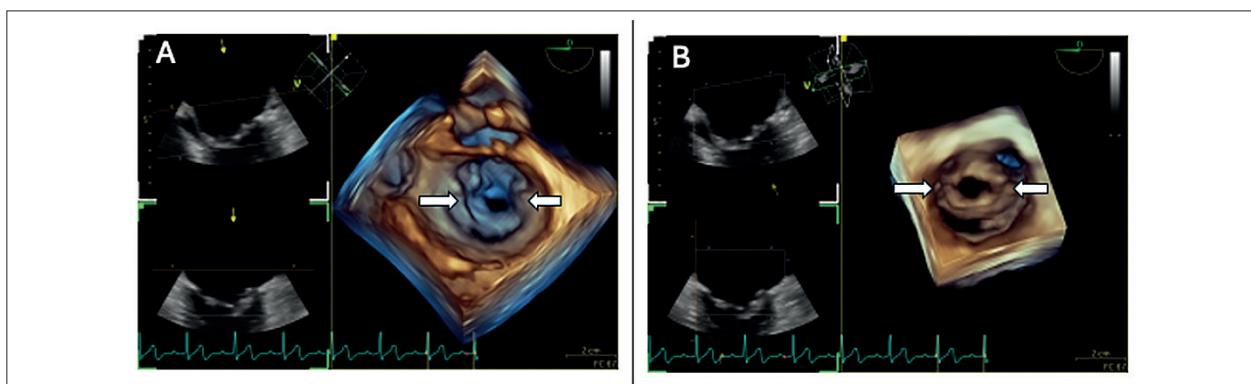


Figura 3 – Imagens tridimensionais obtidas por ecocardiografia transesofágica demonstrando fusão comissural, característica da estenose mitral reumática. Vista atrial (A) e vista ventricular (B).

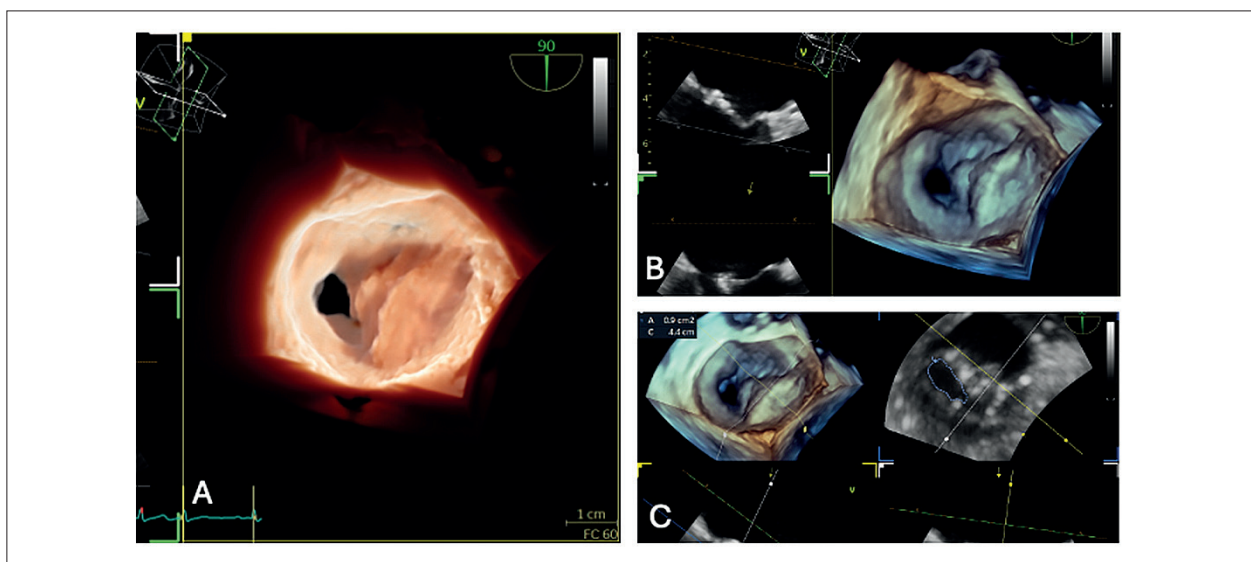


Figura 4 – Imagens obtidas por ecocardiografia transesofágica tridimensional evidenciando fusões comissurais parciais e calcificação assimétrica em estenose mitral reumática. (A) Recurso de transluminescência, ressaltando a calcificação extensa e a fusão assimétrica da comissura póster-medial. (B) Visão em face tridimensional da valva mitral, destacando a fusão e a distribuição assimétrica do cálcio entre as comissuras. (C) Planimetria tridimensional transesofágica com estenose grave.

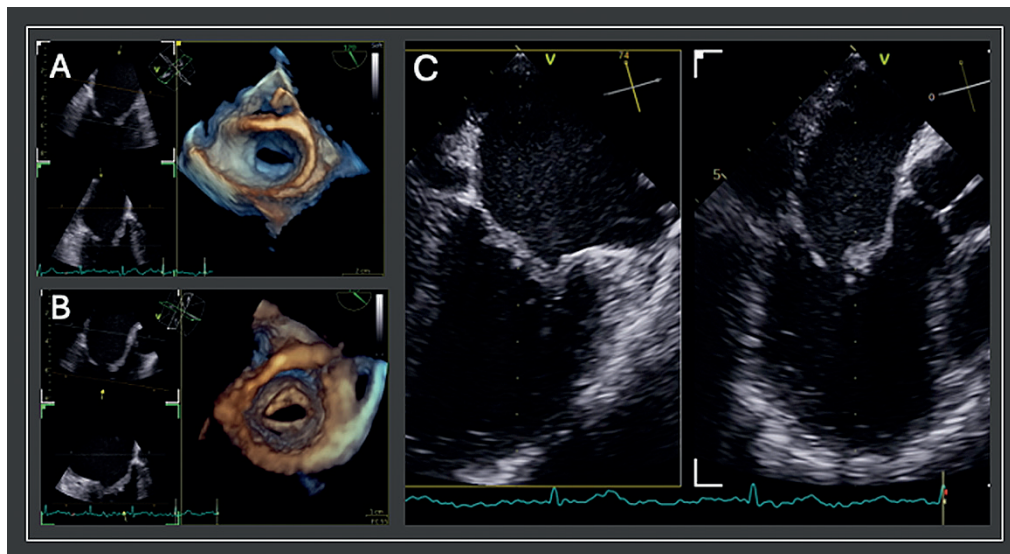


Figura 5 – Imagem obtida através de ecocardiografia transesofágica tridimensional, representando uma valva mitral com anatomia reumática favorável para valvotomia percutânea com balão. (A) Vista em face tridimensional atrial evidenciando fusão comissural simétrica, com área valvar reduzida. (B) Vista em face tridimensional ventricular, com típica restrição de mobilidade posterior e ausência de calcificação subvalvar significativa. (C) Reconstrução multiplanar (Multi-D) integrando cortes ortogonais para avaliação complementar da valva mitral.

permite reconstruções multiplanares e visualização *en face* do orifício valvar, superando limitações impostas pelas sombras acústicas e fornecendo mensurações mais reprodutíveis e precisas da área valvar mitral.^{1,2}

Além da mensuração precisa da área valvar, a ecocardiografia 3D permite caracterizar a distribuição e a extensão da calcificação, detalhando o envolvimento anular e a penetração do cálcio na base dos folhetos.^{11,12} Essa análise é particularmente relevante porque a geometria tubular, típica dessa etiologia, tende a gerar gradientes menores para uma mesma área valvar, podendo mascarar a gravidade da obstrução quando apenas parâmetros hemodinâmicos são considerados.¹¹ O uso do 3D ajuda a diferenciar entre gradientes baixos por fluxo reduzido e aqueles relacionados à anatomia valvar, evitando subdiagnóstico da estenose significativa.¹⁰ Nos casos com calcificação extensa ou deformidade anatômica complexa, a integração da avaliação 3D com tomografia computadorizada tem sido recomendada para complementar a definição anatômica e guiar o planejamento terapêutico.¹²

Um resumo comparativo das principais características anatômicas com implicações terapêuticas das formas reumática e degenerativa de estenose mitral encontra-se esquematizado na Figura Central.

Conclusão

A planimetria 3D é atualmente o método mais confiável para estimar a área da valva mitral, sobretudo em cenários com anatomia complexa, fusão comissural assimétrica ou calcificação extensa. Embora a ecocardiografia 2D siga

desempenhando papel central na avaliação inicial, a utilização sistemática do 3D deve ser recomendada tanto na fase pré-procedimento quanto no seguimento de pacientes com estenose mitral significativa, contribuindo para maior precisão diagnóstica e melhor orientação terapêutica.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Costa A; Obtenção de dados: Costa A, Sales MAM. Análise e interpretação dos dados: Carvalho MVSF; Redação do manuscrito: Costa A, Sales MAM, Carvalho MVSF; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Costa A.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Coisne A, Lancellotti P, Habib G, Garbi M, Dahl JS, Barbanti M, et al. ACC/AHA and ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Diseases: JACC Guideline Comparison. *J Am Coll Cardiol*. 2023;82(8):721-34. doi: 10.1016/j.jacc.2023.05.061.
2. Silbiger JJ. Advances in Rheumatic Mitral Stenosis: Echocardiographic, Pathophysiologic, and Hemodynamic Considerations. *J Am Soc Echocardiogr*. 2021;34(7):709-22.e1. doi: 10.1016/j.echo.2021.02.015.
3. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
4. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE Recommendations for Image Acquisition and Display Using Three-Dimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(1):3-46. doi: 10.1016/j.echo.2011.11.010.
5. Fard MS, Rezaeian N, Pourafkari L, Erami S, Nader ND. Level of Agreement in Three-Dimensional Planimetric Measurement of Mitral Valve Area between Transthoracic and Transesophageal Echocardiography. *Echocardiography*. 2019;36(8):1501-8. doi: 10.1111/echo.14431.
6. Bleakley C, Eskandari M, Aldalati O, Moschonas K, Huang M, Whittaker A, et al. Impact of 3D Echocardiography on Grading of Mitral Stenosis and Prediction of Clinical Events. *Echo Res Pract*. 2018;5(4):105-11. doi: 10.1530/ERP-18-0031.
7. Vegas A. Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography: Principles and Clinical Applications. *Ann Card Anaesth*. 2016;19(Suppl 1):S35-S43. doi: 10.4103/0971-9784.192622.
8. Faletra FF, Agricola E, Flachskampf FA, Hahn R, Pepi M, Marsan NA, et al. Three-Dimensional Transoesophageal Echocardiography: How to Use and When to Use-a Clinical Consensus Statement from the European Association of Cardiovascular Imaging of the European Society of Cardiology. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023;24(8):e119-97. doi: 10.1093/ehjci/jead090.
9. Wunderlich NC, Beigel R, Siegel RJ. Management of Mitral Stenosis Using 2D and 3D Echo-Doppler Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013;6(11):1191-205. doi: 10.1016/j.jcmg.2013.07.008.
10. Farrag HMA, Setouhi AM, El-Mokadem MO, El-Swasany MA, Mahmoud KS, Mahmoud HB, et al. Additive Value of 3D-Echo in Prediction of Immediate Outcome after Percutaneous Balloon Mitral Valvuloplasty. *Egypt Heart J*. 2019;71(1):19. doi: 10.1186/s43044-019-0019-x.
11. Ruiz JMM, Gómez JLZ. The Role of 2D and 3D Echo in Mitral Stenosis. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021;8(12):171. doi: 10.3390/jcdd8120171.
12. Kato N, Watanabe H, Pellikka PA, Guerrero M. Clinical Challenges in Calcific Mitral Stenosis from Diagnosis to Management. *J Cardiol*. 2025;S0914-5087(25)00167-4. doi: 10.1016/j.jjcc.2025.06.014.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Como eu Faço para Otimizar meu Equipamento para o Uso dos Agentes de Realce Ultrassonográfico

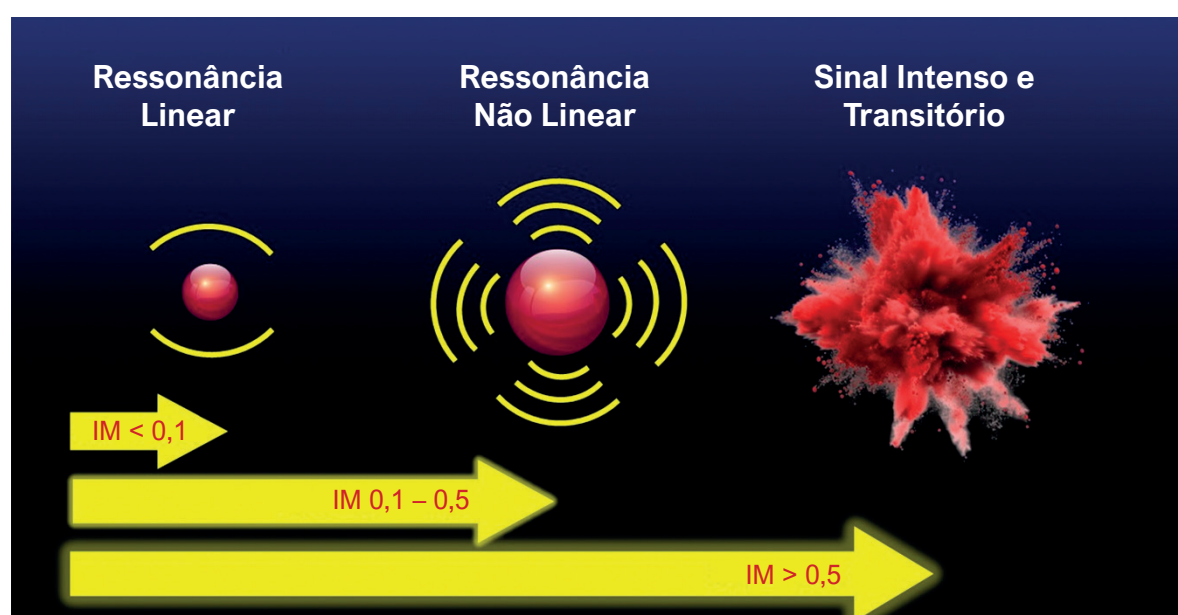
My approach to optimize my equipment for the use of ultrasound contrast agents

Marcio S. M. Lima^{1,2} 

Instituto do Coração (InCor), Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo,¹ São Paulo, SP – Brasil

Grupo Fleury,² São Paulo, SP – Brasil

Figura Central: Como eu Faço para Otimizar meu Equipamento para o Uso dos Agentes de Realce Ultrassonográfico



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250061

Ressonância das microbolhas em resposta à energia transmitida pelo transdutor do equipamento de ecocardiograma. IM: índice mecânico.

Resumo

A ecocardiografia contrastada, fundamentada nos agentes de realce ultrassonográfico à base de microbolhas, tem sido cada vez mais incorporada aos serviços de ecocardiografia.

Palavras-chave

Ecocardiografia Contrastada; Agentes de Reace Ultrassonográfico

Correspondência: Marcio S. M. Lima •

Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP). Av. Dr. Eneas de Carvalho Aguiar, 44. CEP: 05403-000, São Paulo, SP – Brasil
E-mail: marcio.lima@incor.usp.br

Artigo recebido em 17/08/2025; revisado em 29/08/2025;
aceito em 29/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250061>

Essa técnica consiste na infusão de compostos que realçam as diversas estruturas cardíacas e vasculares. Os múltiplos ajustes necessários geralmente fazem parte de pacotes pré-configurados (*presets*) instalados nos equipamentos pelos fabricantes. Contudo, é possível, e às vezes necessário, realizar modificações para otimizar a geração das imagens e, conforme o objetivo do estudo ecocardiográfico, obter o máximo desempenho que essa técnica pode oferecer.

Introdução

A Ecocardiografia Contrastada (EC) baseia-se no uso de agentes de realce ultrassonográfico (ARUs), ou contraste ecocardiográfico, para fins de opacificação de estruturas. Trata-se de uma técnica segura, custo-efetiva, que auxilia de forma significativa o processo diagnóstico e, em consequência, a condução do tratamento, melhorando a evolução dos pacientes nos diversos cenários clínicos.¹⁻⁴

Nesta técnica avançada da ecocardiografia, são utilizados compostos a base de microbolhas, que se tratam de microesferas constituídas por gás de alto peso molecular (perfluorocarbono ou hexafluoreto de enxofre) encapsuladas por um invólucro de albumina ou lipídio. Além das microbolhas possuírem um tamanho inferior em comparação às hemácias, essa composição lhe confere alguns aspectos peculiares. Por exemplo, uma menor solubilidade e difusibilidade no sangue, ou seja, maior estabilidade do composto, o que permite atravessar a barreira capilar pulmonar.⁵ Um outro aspecto muito importante é a reologia da microbolha quando em interação com as ondas de ultrassom (USG). A depender da quantidade de energia transmitida, haverá desde oscilação radial linear, não linear, até a destruição da microbolha. Desta forma, este ajuste é crucial na EC (Figura Central).

A opacificação das estruturas ocorre pela interação das ondas de USG com as microbolhas, gerando um potente sinal refletido (de aproximadamente 135 vezes) a ser captado pelo equipamento de ecocardiograma. Neste ponto, com a finalidade de se obter o máximo desta técnica, é de suma importância um ajuste otimizado do aparelho utilizado. Os múltiplos ajustes necessários geralmente fazem parte de pacotes já montados pelos fabricantes (*presets*), e a principal variável é a energia transmitida, medida pelo chamado Índice Mecânico (IM). Esse ajuste deve ser balizado principalmente pelo objetivo do exame ecocardiográfico que está sendo realizado.

Agentes de realce ultrassonográfico e ecocardiografia contrastada

As principais e mais frequentes indicações para o uso dos ARUs são:

- Imagem acústica com qualidade ruim. O uso dos ARUs pode “salvar” exames que teoricamente poderiam levar a novas solicitações de outros métodos mais complexos e onerosos (Figura 1);⁶⁻⁸

- Quantificação de volumes e avaliação da função sistólica do Ventrículo Esquerdo (VE). Esta estimativa tem excelente correlação com a ressonância magnética cardíaca, aumentando a reprodutibilidade interobservador (Figura 2);^{9,10}
- Otimização do sinal Doppler para avaliação de gradientes valvares e estimativa da pressão sistólica na artéria pulmonar;
- Ecocardiografia sob estresse: otimiza a análise da motilidade segmentar e permite avaliar a perfusão miocárdica (Figura 3);
- Pesquisa de trombos e avaliação de massas cardíacas;
- Pesquisa de rotura do VE;
- Delimitação de área na alcoolização septal da cardiomiopatia hipertrófica.

São muitos os benefícios do uso dos ARUs no exame ecocardiográfico. Seguem alguns listados abaixo:

- São seguros e custo-efetivos;
- Têm administração relativamente simples e rápida;
- Não são nefrotóxicos;
- Não depositam nos diversos tecidos;
- Estão associados a uma melhor definição diagnóstica em múltiplos cenários e a melhor evolução em pacientes críticos.

Embora relativamente simples, alguns passos são essenciais para a administração dos ARUs. Os principais são aqui mencionados:

1. Deve ser obtido um acesso venoso periférico de preferência na fossa antecubital, com calibre de pelo menos 20G, associado à instalação de uma torneira de três vias. Esse acesso deve ter a sua patência testada para garantir uma boa infusão;

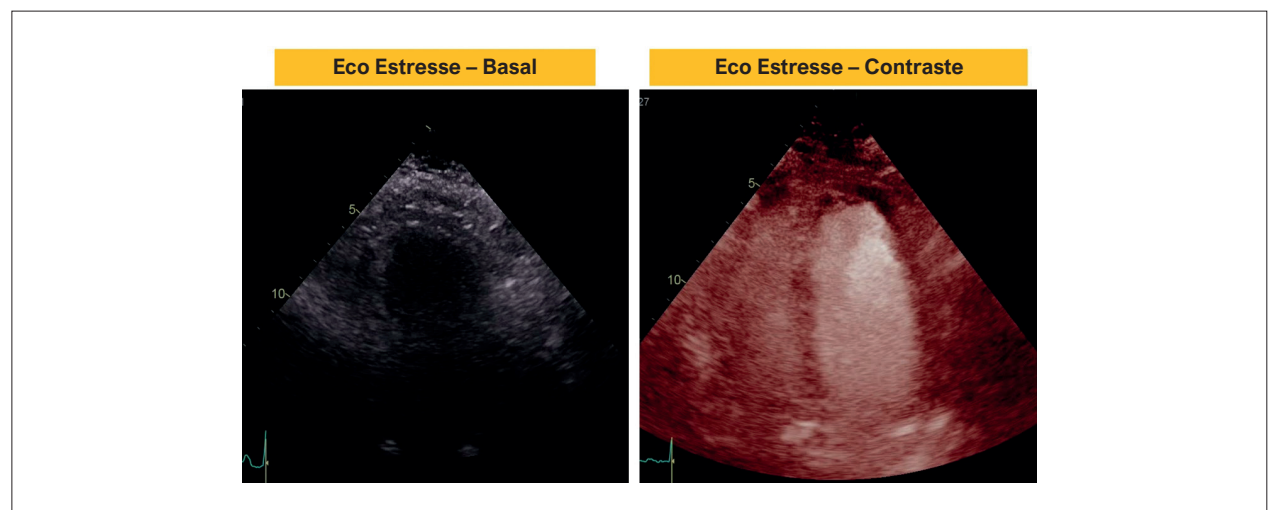


Figura 1 – Paciente portador de doença pulmonar obstrutiva crônica e obesidade com solicitação de ecocardiograma farmacológico sob estresse pela dobutamina. Imagem basal com qualidade reduzida. Houve melhora com o uso do agente de realce de ultrassom possibilitando a realização do exame.

Artigo de Revisão

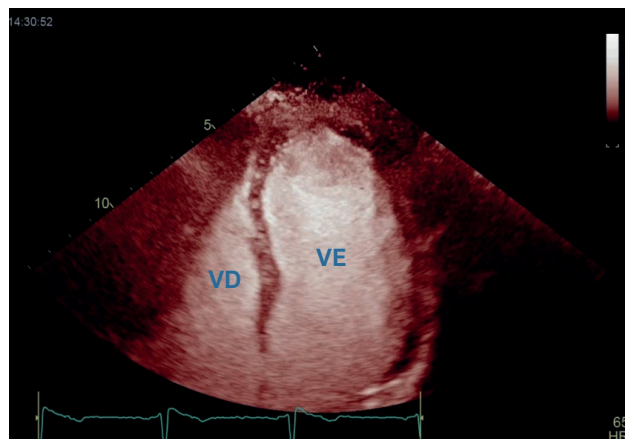


Figura 2 – A visibilização mais nítida dos bordos possibilita uma medida mais acurada dos volumes do ventrículo esquerdo e cálculo da fração de ejeção, reduzindo a variabilidade interobservador. VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito.

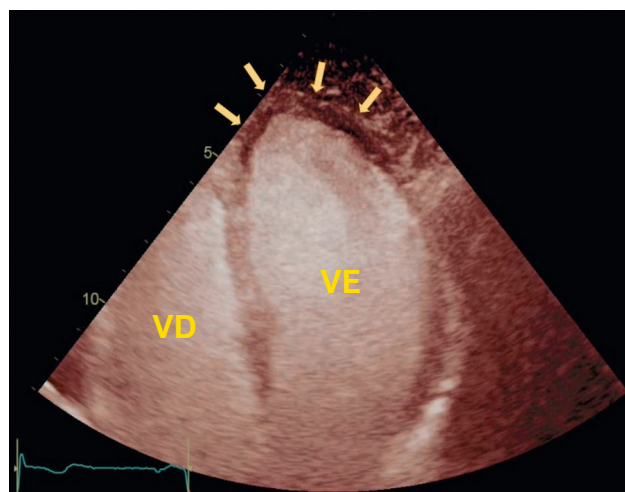


Figura 3 – Mulher de 60 anos submetida à ecocardiografia contrastada sob estresse farmacológico pela dobutamina. Apresentou desconforto torácico e infradesnivelamento do segmento ST em derivações precordiais no traçado eletrocardiográfico. Observou-se área com déficit de perfusão miocárdica no ápice do ventrículo esquerdo associada à hipocinesia local (setas). Teste positivo para presença de isquemia miocárdica. VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito.

2. Preparo do ARU conforme especificação do fabricante. O Sonovue, agente aprovado pela ANVISA e liberado para uso rotineiro no Brasil, consiste em um kit contendo basicamente um frasco-ampola com as microbolhas liofilizadas de hexafluoreto de enxofre numa concentração de 8 μ L/mL e uma seringa com diluente de solução de cloreto de sódio a 0,9%. Após a diluição, o composto deve ser homogeneizado manualmente e de forma suave;
3. O Sonovue pode ser usado em pequenos bolus ou, muito menos frequentemente, em infusão contínua. Os bolus de infusão do Sonovue variam entre 0,5 e 1,0 mL,

seguidos de um *flush* de 5 mL de SF 0,9% infundido em 5 a 10 segundos, ou pela elevação do membro. Recomenda-se usar o menor bolus possível que garanta uma boa opacificação, assim economizando para realização de todo o estudo ecocardiográfico. Um contraste ótimo do VE seria uma adequada opacificação da cavidade com nítida determinação da interface endocárdio-cavidade (bordo endocárdico). O uso de uma dose excessiva do ARU pode levar à formação do artefato de “*blooming*”, um grande brilho apical com distorção das estruturas adjacentes, e de sombra acústica com atenuação da imagem nos segmentos basais.

Já a infusão de uma dose menor pode ocasionar um contraste inferior da porção apical, com aspecto “em redemoinho” (*swirling*), além de atenuação miocárdica que pode ser generalizada ou segmentar, mimetizando déficits de perfusão.

Otimizando o meu equipamento para a ecocardiografia contrastada

A reologia das microbolhas e a elevada capacidade refletiva das ondas de USG são o cerne da técnica de opacificação de imagem na EC. A composição estrutural da microesfera leva a diferentes comportamentos da bolha quando em interação com feixes de USG com diferentes níveis de energia transmitida.

O IM é uma medida que expressa a energia transmitida aos tecidos, ou seja, a potência acústica. Conceitualmente, corresponde à pressão negativa máxima da onda de USG dividida pela raiz quadrada da frequência central ($P_-/\sqrt{f}$), sendo superior a 0,8 na maioria das imagens sem contraste. Este é o principal parâmetro a ser ajustado na EC. Um IM muito baixo ($< 0,2$) ocasiona uma oscilação radial assimétrica e não linear das microbolhas, caracterizada por uma expansão na fase de rarefação da onda de USG superior à compressão no pico de pressão acústica. Isso é muito importante na EC, pois além de refletir a frequência fundamental do feixe de USG transmitida pelo transdutor, gera múltiplas frequências harmônicas, em especial a segunda harmônica.⁵ O sinal gerado é intenso, sendo a base da opacificação da EC. Ao mesmo tempo, os equipamentos na EC são dotados de algoritmos específicos de cancelamento de imagem, que filtram os sinais recebidos. Duas das tecnologias mais usadas para esse fim são a modulação de amplitude de pulso e a inversão de pulso, exemplificada na Figura 4.

Outro ponto relevante é que, com a baixa quantidade de energia transmitida, ocorre pouca destruição das microbolhas dentro da microvascularização miocárdica. Isso permite, além de realçar a cavidade do VE, avaliar a perfusão miocárdica (PM). Seguindo a recomendação de usar a imagem no modo fundamental (embora o modo harmônico também possa ser usado), com IM muito baixo ($< 0,2$), obtém-se uma ótima relação sinal-ruído do contraste, com excelente delineamento da interface entre o miocárdio e a cavidade do VE (bordos endocárdicos), além da possibilidade de avaliar a PM. Assim, o ajuste para um IM muito baixo ($< 0,20$) associado à tecnologia de algoritmos de cancelamento de imagem, são os parâmetros ótimos para se avaliar volumes, fração de ejeção, contração segmentar e PM, inclusive em tempo real, tanto no repouso quanto sob estresse.^{4,11-13}

Especificamente para a avaliação da PM recomenda-se o uso de “*flashes*” de pulsos de alta energia (IM: 0,8-1,2; 5-15 quadros) com a finalidade de destruir as microbolhas no interior do miocárdio (preservando a opacificação dentro da cavidade cardíaca) e observar o tempo de preenchimento que deve ser inferior a cinco segundos no repouso e a dois segundos no estresse. Normalmente, esse comando já está inserido no *preset* do equipamento, sendo facilmente acionado.

Níveis intermediários de IM (0,2-0,5) podem ser utilizados. Com isso, obtém-se maior resolução de imagem, porém à custa de maior destruição das microbolhas. Valores de IM acima de 0,5 não devem ser usados na EC. Exemplos de situações em esse nível de energia pode ser empregado são: pesquisa de trombos e massas, e no diagnóstico da miocardiopatia não compactada.

Com relação à tecnologia de geração de imagens, embora atualmente seja possível utilizar a harmônica nos transdutores durante a ecocardiografia contrastada (EC), recomenda-se o uso da frequência fundamental não linear. Essa abordagem garante uma melhor relação sinal-ruído do contraste na imagem, com a taxa de enquadramento (*frame rate*) ajustada para aproximadamente 25-35 Hz e frequência de transmissão do transdutor inferior a 2,0 MHz.

Em pacientes com maior superfície corpórea, pode ser necessário ajustar para uma frequência de transmissão ainda menor, a fim de permitir maior penetração do feixe de ultrassom nos tecidos. É possível utilizar tanto a imagem em escala de cinza quanto aplicar coloração (“*croma*”), como o vermelho rubi, nas imagens geradas.

A profundidade deve ser ajustada de acordo com o objetivo do exame. Caso o foco seja a opacificação do VE para quantificar volumes e avaliar a função sistólica e o delineamento de bordas endocárdicas para análise de contração segmentar, deve-se ajustar a profundidade da imagem para se visualizar a valva mitral e cerca de 1 a 2 cm do átrio esquerdo.

A atenuação da imagem nos segmentos basais do VE pode ocorrer, sobretudo quando se usa uma quantidade de ARU acima do necessário. Isso pode levar a um diagnóstico errôneo de déficit de perfusão nesses locais. Algumas estratégias podem ser adotadas para melhorar essa definição, como centralizar os segmentos basais na imagem — já que a resolução axial é superior à lateral no campo ultrassonográfico —, posicionar o foco no nível da valva mitral e aumentar o ganho nessa área por meio do ajuste do ganho setorial. Um exemplo desses ajustes está ilustrado na Figura 5.

Por outro lado, se o objetivo for a pesquisa de um possível trombo apical, miocardiopatia não compactada ou avaliação de aneurisma apical (Figura 6), é necessário reduzir a profundidade da imagem e ajustar o foco para essa região específica. O ajuste do Índice Mecânico (IM) para um nível intermediário (2,0-3,0) pode contribuir para melhorar a resolução espacial, embora isso ocorra à custa de maior destruição das microbolhas.

Atenuação também pode ocorrer no miocárdio da região apical do VE, devido à maior potência acústica nessa área e, eventualmente, à maior taxa de enquadramento, o que leva à destruição acentuada das microbolhas. Ajustes recomendados para otimizar a imagem nesses casos incluem a redução da taxa de enquadramento e o ajuste do ganho local.⁴

Por fim, é possível se usar os ARUs para auxiliar na estimativa de gradientes valvares e da pressão sistólica na artéria pulmonar. Neste caso, o sinal (e ruído) gerado pode ser intenso. A recomendação é reduzir o ganho até que se obtenha obter curvas espectrais com envelopes nítidos.⁴

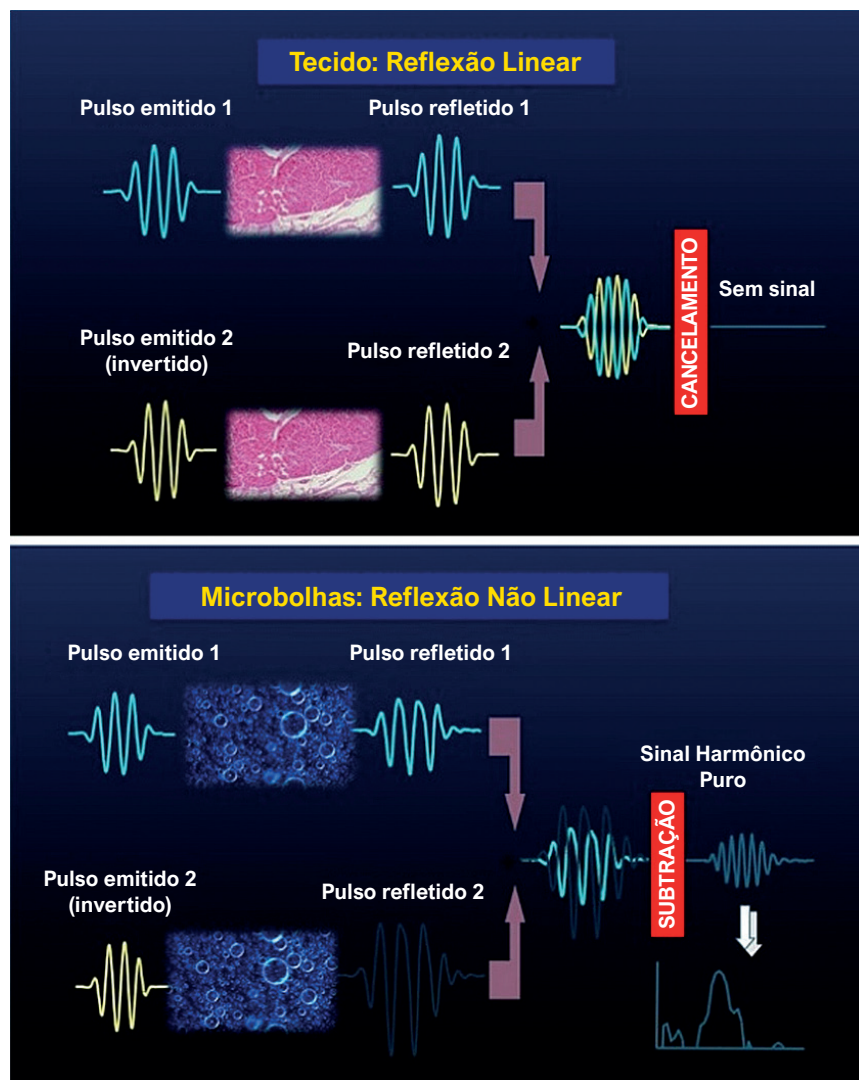


Figura 4 – Algoritmo de pulso invertido para cancelamento de imagem. Dois pulsos de ultrassom são emitidos na frequência fundamental, um normal e outro invertido. Acima: nos tecidos eles serão refletidos de forma semelhante (reflexão linear). A subtração destes pulsos recebidos tem a resultante nula (sem sinal), levando ao cancelamento (imagem com menor brilho no setor). Abaixo: os pulsos são refletidos pelas microbolhas na frequência fundamental e em harmônicas. A subtração destes pulsos refletidos levará a “retirada da frequência fundamental” tendo como resultante um sinal harmônico “puro”, disposto na intensidade brilhante na imagem.

Conclusão

A EC, fundamentada na opacificação das estruturas cardíacas por meio do uso dos ARU por microbolhas, tem sido cada vez mais incorporada nos diversos serviços de ecocardiografia. São muitos os benefícios desse procedimento, mas para se obter o máximo que essa técnica pode oferecer, alguns ajustes do equipamento são necessários. Habitualmente, os pacotes (presets) de ajustes já vêm montados e instalados pelos fabricantes nos equipamentos, sendo recomendado utilizá-los. O principal ajuste é o nível de energia transmitida pelo transdutor, representado pelo IM, importante para reduzir a destruição das microbolhas. Isto

possibilita uma adequada opacificação do VE e a avaliação da PM. Outros ajustes incluem o posicionamento do foco para o nível da valva mitral, a modificação do ganho geral e/ou setorial para melhorar a visualização dos segmentos apicais e basais, a redução da taxa de enquadramento, o ajuste da profundidade do feixe de ultrassom e o uso do modo fundamental ou harmônico para geração da imagem.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa; Obtenção de dados; Análise e interpretação dos dados; Análise estatística; Redação

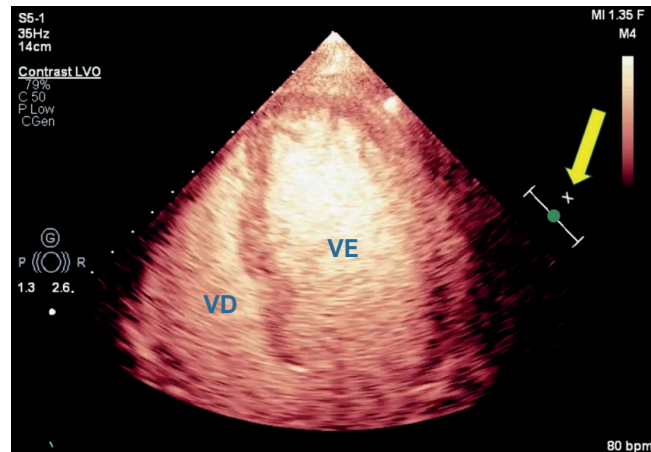


Figura 5 – Ecocardiograma contrastado. Ajustes recomendados para otimizar essa imagem: posicionamento do foco (seta amarela) no nível da valva mitral para melhor resolução acústica dos segmentos basais e redução do ganho para melhor delimitação das bordas endocárdicas. VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito.

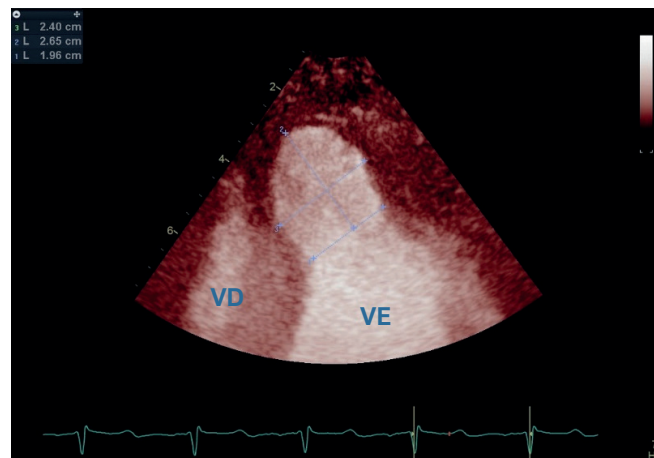


Figura 6 – Imagem de aneurisma apical melhor visualizado com o uso do agente de realce ultrassonográfico, permitindo nítida definição dos bordos endocárdicos e mensuração mais acurada. VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito.

do manuscrito; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Lima MSM.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Porter TR, Mulvagh SL, Abdelmoneim SS, Becher H, Belcik JT, Bierig M, et al. Clinical Applications of Ultrasonic Enhancing Agents in Echocardiography: 2018 American Society of Echocardiography Guidelines Update. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(3):241-74. doi: 10.1016/j.echo.2017.11.013.
2. Porter TR, Feinstein SB, Senior R, Mulvagh SL, Nihoyannopoulos P, Strom JB, et al. CEUS Cardiac Exam Protocols International Contrast Ultrasound Society (ICUS) Recommendations. *Echo Res Pract*. 2022;9(1):7. doi: 10.1186/s44156-022-00008-3.
3. Senior R, Becher H, Monaghan M, Agati L, Zamorano J, Vanoverschelde JL, et al. Clinical Practice of Contrast Echocardiography: Recommendation by the European Association of Cardiovascular Imaging (EACVI) 2017. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(11):1205-1205af. doi: 10.1093/ehjci/jex182.
4. Porter TR, Abdelmoneim S, Belcik JT, McCulloch ML, Mulvagh SL, Olson JJ, et al. Guidelines for the Cardiac Sonographer in the Performance of Contrast Echocardiography: A Focused Update from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(8):797-810. doi: 10.1016/j.echo.2014.05.011.
5. Burns PN. Harmonic Imaging with Ultrasound Contrast Agents. *Clin Radiol*. 1996;51(Suppl 1):50-5.
6. Costa JM, Tsutsui JM, Nozawa E, Morhy SS, Andrade JL, Ramires JF, et al. Contrast Echocardiography Can Save Nondiagnostic Exams in Mechanically Ventilated Patients. *Echocardiography*. 2005;22(5):389-94. doi: 10.1111/j.1540-8175.2005.03176.x.
7. Makaryus AN, Zubrow ME, Gillam LD, Michelakis N, Phillips L, Ahmed S, et al. Contrast Echocardiography Improves the Diagnostic Yield of Transthoracic Studies Performed in the Intensive Care setting by Novice Sonographers. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18(5):475-80. doi: 10.1016/j.echo.2004.10.004.
8. Kurt M, Shaikh KA, Peterson L, Kurrelmeyer KM, Shah C, Nagueh SF, et al. Impact of Contrast Echocardiography on Evaluation of Ventricular Function and Clinical Management in a Large Prospective Cohort. *J Am Coll Cardiol*. 2009;53(9):802-10. doi: 10.1016/j.jacc.2009.01.005.
9. Saloux E, Labombarda F, Pellissier A, Anthune B, Dugué AE, Provost N, et al. Diagnostic Value of Three-Dimensional Contrast-Enhanced Echocardiography for Left Ventricular Volume and Ejection Fraction Measurement in Patients with Poor Acoustic Windows: A Comparison of Echocardiography and Magnetic Resonance Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(10):1029-40. doi: 10.1016/j.echo.2014.06.006.
10. Hoffmann R, von Bardeleben S, ten Cate F, Borges AC, Kasprzak J, Firsche C, et al. Assessment of Systolic Left Ventricular Function: A Multi-Centre Comparison of Cineventriculography, Cardiac Magnetic Resonance Imaging, Unenhanced and Contrast-Enhanced Echocardiography. *Eur Heart J*. 2005;26(6):607-16. doi: 10.1093/eurheartj/ehi083.
11. Sieswerda GT, Yang L, Boo MB, Kamp O. Real-Time Perfusion Imaging: A New Echocardiographic Technique for Simultaneous Evaluation of Myocardial Perfusion and Contraction. *Echocardiography*. 2003;20(6):545-55. doi: 10.1046/j.1540-8175.2003.03093.x.
12. Muskula PR, Main ML. Safety with Echocardiographic Contrast Agents. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10(4):e005459. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005459.
13. Kaufmann BA, Wei K, Lindner JR. Contrast Echocardiography. *Curr Probl Cardiol*. 2007;32(2):51-96. doi: 10.1016/j.cpcardiol.2006.10.004.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Avaliação da Dor Torácica Aguda no Pronto-Socorro: Como o Ultrassom *Point-of-Care* Pode Auxiliar o Cardiologista

Assessment of Acute Chest Pain in the Emergency Department: How Point-of-Care Ultrasound Can Assist the Cardiologist

Alexandre de Matos Soeiro,^{1,2,3} Lucas Lentini Herling de Oliveira,¹ Rômulo Fonseca de Moraes,¹ Tatiana de Carvalho Andreucci Torres Leal¹

Universidade de São Paulo, Instituto do Coração,¹ São Paulo, SP – Brasil

HCOR,² São Paulo, SP – Brasil

BP Mirante,³ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

O uso da ultrassonografia *point-of-care* (POCUS) nas unidades de emergência já está consolidado como parte da avaliação inicial de pacientes críticos. Em casos de dor torácica aguda, o POCUS contribui significativamente para o diagnóstico diferencial, reduzindo a taxa de erros diagnósticos e, sobretudo, evitando a alta hospitalar de pacientes com doenças potencialmente fatais. Nessa situação, os principais diagnósticos são a síndrome coronariana aguda (SCA), a pericardite, a tromboembolia pulmonar (TEP) e as síndromes aórticas agudas (SAA). Em todos esses cenários, o POCUS já demonstrou sua eficácia e pode ser amplamente aplicado com o treinamento adequado, tanto por médicos iniciantes quanto por ecocardiografistas experientes. Este artigo tem como objetivo discutir os principais aspectos em que o POCUS pode auxiliar, de forma direcionada, no diagnóstico diferencial da dor torácica.

Introdução

O uso da ultrassonografia *point-of-care* (POCUS) nas unidades de emergência já está consolidado como parte integrante da avaliação inicial de pacientes críticos. Em casos de dor torácica aguda, o POCUS tem se mostrado uma ferramenta útil no diagnóstico diferencial, contribuindo para a redução de erros diagnósticos e, principalmente, evitando a alta hospitalar de pacientes com doenças potencialmente fatais.^{1,2} Entre os principais diagnósticos nessa situação, destacam-se a síndrome coronariana aguda (SCA), a pericardite, a tromboembolia pulmonar (TEP) e as síndromes aórticas agudas (SAA).

Palavras-chave

Emergência; Síndrome Coronariana Aguda; Embolia Pulmonar; Dissecção Aórtica

Correspondência: Alexandre de Matos Soeiro •

Universidade de São Paulo, Instituto do Coração. Av. Dr Eneas de Carvalho

Aguiar, 44. CEP: 05403-000. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: alexandre.soeiro@bol.com.br

Artigo recebido em 25/05/2025; revisado em 29/05/2025;

aceito em 02/06/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250045>

a) SCA

O diagnóstico da SCA baseia-se principalmente na história clínica, na eletrocardiografia (ECG) e na dosagem de troponinas. Embora essas ferramentas sejam simples e amplamente utilizadas, o crescente uso do POCUS levanta questões sobre sua capacidade de aumentar a acurácia diagnóstica, reduzir o tempo até o diagnóstico, auxiliar na estratificação de risco e detectar complicações associadas à SCA.^{1,2}

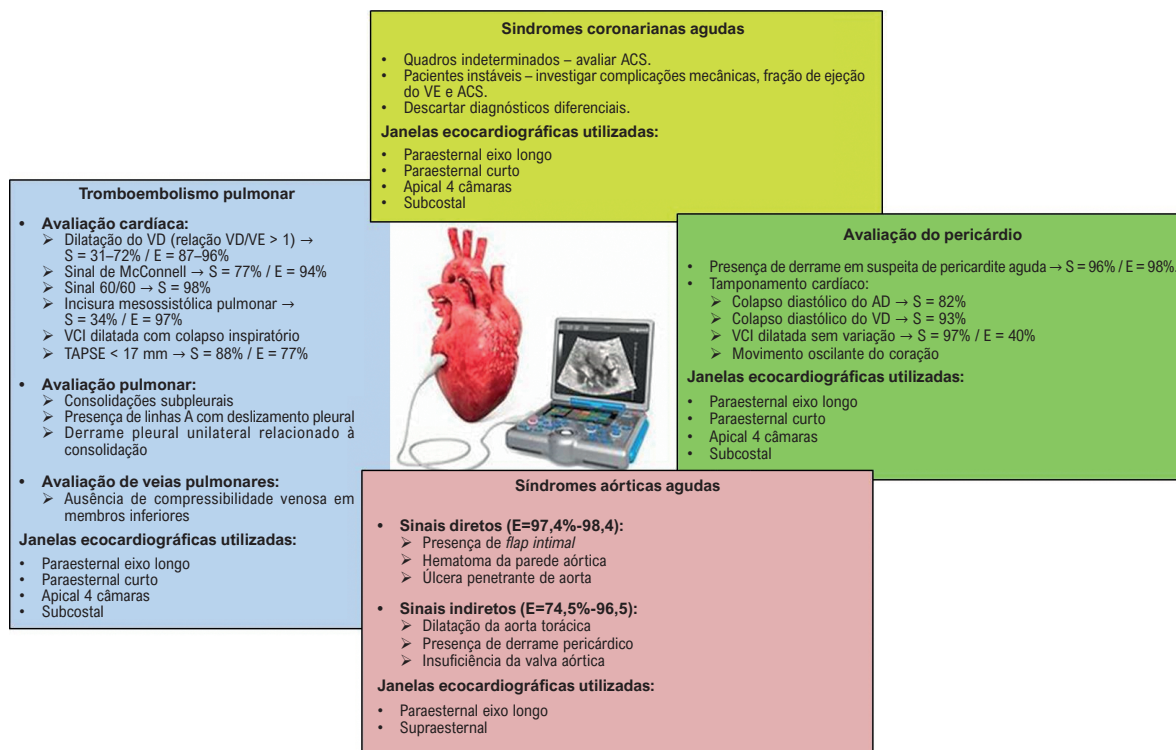
Após a avaliação clínica, os pacientes com suspeita de SCA no departamento de emergência (DE) podem ser divididos, de forma pragmática, em três grupos:^{1,2}

- Diagnóstico definitivo ou muito provável de SCA (p. ex.: quadro clínico típico com supradesnível de ST e/ou elevação de troponinas);
- Diagnóstico descartado (p. ex.: quadro pouco sugestivo, ECG e troponinas normais);
- Diagnóstico indeterminado.

Nos casos confirmados, o POCUS pode ser útil na identificação de complicações em pacientes instáveis, como edema agudo de pulmão ou choque cardiogênico. Quando o diagnóstico de SCA é descartado, o POCUS pode contribuir para o diagnóstico diferencial, como SAA, pericardite ou TEP.^{1,2}

No grupo com diagnóstico indeterminado, estão incluídos, por exemplo, pacientes com troponinas inicialmente negativas, mas com risco intermediário de eventos (ex: *score History, ECG, Age, Risk factors, Troponin* [HEART] entre 4 e 6, ou algoritmo de 0/1 hora da *European Society of Cardiology* [ESC] em zona de observação). Nesses casos, o POCUS pode revelar sinais de mau prognóstico e ajudar na decisão por uma investigação mais precoce durante a internação. Também se incluem pacientes que chegam ao DE com quadro sugestivo de oclusão coronariana aguda (OCA), seja pela clínica ou por ECG. Nessas situações, se persistirem dúvidas, o POCUS pode contribuir para aumentar ou reduzir a probabilidade pré-teste de OCA.¹⁻³

Nos últimos anos, vem crescendo o reconhecimento de que o supradesnível de ST, como critério dicotômico para definir OCA, é limitado. Assim, dá-se cada vez mais valor à apresentação clínica e a outros achados de ECG. O POCUS surge como um elemento complementar nesse cenário,

Figura Central: Avaliação da Dor Torácica Aguda no Pronto-Socorro: Como o Ultrassom *Point-of-Care* Pode Auxiliar o Cardiologista

Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250045

Utilização do POCUS no diagnóstico diferencial da dor torácica aguda. AD: átrio direito; ACS: alteração da contratilidade segmentar; E: especificidade; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; S: sensibilidade; TAPSE: tricuspid annular plane systolic excursion; VCI: veia cava inferior; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

especialmente pela detecção de alterações da contratilidade segmentar (ACS). Vale ressaltar que, assim como a ECG, os achados no ecocardiograma também não devem ser interpretados de forma binária, mas como parte de um raciocínio clínico mais amplo.³

Um estudo contemporâneo avaliou se a presença de ACS ao POCUS poderia prever doença arterial coronariana (DAC) obstrutiva em pacientes com dor torácica no DE. Entre os 657 participantes com suspeita de SCA, cerca de 11% apresentavam ACS. Esses achados foram significativamente mais frequentes entre os que necessitaram de revascularização (26,2% vs. 7,6%), com OR entre 3,16 e 3,68, a depender do ajuste estatístico. A análise considerou os três grupos de risco do algoritmo de 0/1 hora da ESC (*rule-in*, observe e *rule-out*), demonstrando que a presença ou ausência de ACS modificava o risco de DAC em todos eles. Esses dados reforçam que o POCUS pode auxiliar na identificação de pacientes com maior risco, mesmo sem fornecer um diagnóstico definitivo. A acurácia do método para detectar infarto agudo do miocárdio (IAM), no entanto, varia conforme a população estudada.⁴

Outro estudo retrospectivo analisou se a detecção de ACS ao POCUS poderia acelerar a indicação de revascularização em pacientes com possível OCA. Foram incluídos 234 pacientes com dor torácica no DE e troponinas negativas, excluindo aqueles com supradesnível de ST. Dentre os 23 pacientes submetidos à revascularização, 14 apresentavam ACS ao POCUS, realizado em média 36 min antes do primeiro resultado de troponina. O tempo médio até a revascularização foi de 432 min nos pacientes com ACS, contra 2.158 min nos que não apresentavam. Apesar das limitações metodológicas, o estudo sugere que o POCUS pode fornecer informações relevantes em menos tempo que a troponina.⁵

ACS podem representar tanto um evento coronariano agudo quanto sequelas de eventos prévios. Alguns estudos sobre o tema optam por excluir pacientes com histórico de IAM das análises. Embora essa diferenciação nem sempre seja possível apenas com base na história clínica, a presença de ACS contribui para o raciocínio clínico e para a estratificação de risco, identificando pacientes com maior probabilidade de desfechos adversos e que, por isso, devem ser considerados para internação e investigação complementar, levando-se

Artigo de Revisão

em conta os demais fatores que compõem a probabilidade pré-teste.⁴

Diversos estudos têm investigado o valor do POCUS realizado por médicos emergencistas. Um estudo publicado em 2020 comparou emergencistas treinados com ecocardiografistas experientes, avaliando a acurácia dos primeiros na detecção de ACS em pacientes com dor torácica no DE. Foram avaliados 89 pacientes, e os emergencistas alcançaram uma sensibilidade de 76,9% e especificidade de 92,1%. Os profissionais avaliados eram três médicos do próprio hospital, com cerca de 5 anos de experiência em POCUS, que receberam treinamento específico para detecção de ACS ministrado por um cardiologista, com duração de 3 horas.⁶

Outro estudo semelhante comparou a avaliação de ACS realizada por residentes de medicina de emergência com ecocardiogramas formalmente executados, no contexto de IAM com supradesnível de ST. Participaram do estudo cinco residentes do primeiro ano, três do segundo e um do terceiro ano, todos submetidos a um treinamento em vídeo voltado à identificação de ACS. Esses residentes possuíam, no mínimo, experiência prévia com 25 exames cardíacos por POCUS e 150 exames gerais, embora não tivessem treinamento específico em ACS antes do estudo. Foram incluídos 75 pacientes, dos quais 62% apresentavam ACS ao ecocardiograma. O POCUS realizado pelos residentes alcançou sensibilidade de 88% e especificidade de 92% quando comparado ao padrão-ouro adotado no estudo (ecocardiograma formal ou, em alguns casos, ventriculografia).⁷

Esses estudos trazem algumas mensagens importantes. Primeiro, parece ser possível treinar médicos não especialistas em ecocardiografia para realizarem a avaliação de ACS com POCUS. No entanto, a acurácia desses profissionais tende a ser inferior à dos ecocardiografistas experientes. Além disso, os achados observados em estudos com ecocardiogramas realizados por especialistas provavelmente não são totalmente reproduzíveis com o uso do POCUS por operadores menos experientes. O grau de concordância, bem como a sensibilidade e especificidade do exame, pode variar significativamente conforme o contexto clínico e o nível de treinamento do profissional. Estudos prospectivos que incorporem o uso do POCUS na tomada de decisão clínica poderão ajudar a esclarecer o real impacto dessa ferramenta na avaliação de pacientes com dor torácica.^{6,7}

Por fim, em pacientes instáveis — como aqueles com edema agudo de pulmão ou choque cardiogênico —, o POCUS pode contribuir para o diagnóstico diferencial, permitindo a avaliação da função biventricular, do estado volêmico e a identificação de complicações mecânicas, como insuficiência mitral e/ou derrame pericárdico.²

b) Avaliação do pericárdio

Na avaliação sistemática do coração por meio do POCUS, a visualização do pericárdio desempenha papel fundamental na caracterização hemodinâmica e no diagnóstico diferencial da dor torácica.^{8,9}

Particularmente na abordagem clínica dos derrames pericárdicos, o POCUS oferece aos profissionais de saúde

uma ferramenta diagnóstica rápida, precisa e disponível à beira do leito. Sua utilização permite não apenas a estimativa acurada do volume do derrame, mas também a detecção precoce de tamponamento cardíaco e o direcionamento adequado de intervenções como a pericardiocentese, contribuindo significativamente para a melhora dos desfechos clínicos.^{8,9}

Em condições fisiológicas, o espaço pericárdico contém cerca de 15 a 50 ml de líquido, volume que geralmente não é detectável por aparelhos de ultrassom mais simples. O derrame pericárdico corresponde ao acúmulo anormal de fluido nesse espaço, tornando-se mais facilmente visualizado ao exame ultrassonográfico.^{8,9}

Entre os diagnósticos diferenciais de dor torácica, a pericardite representa cerca de 5% dos atendimentos em serviços de emergência. Seus critérios clínicos incluem dor torácica com características típicas de comprometimento pericárdico, achados eletrocardiográficos sugestivos, presença de atrito pericárdico e evidência de derrame no espaço pericárdico, bem como aumento do volume de um derrame previamente conhecido.⁹

A realização do POCUS à beira do leito facilita o diagnóstico tanto da pericardite quanto do derrame pericárdico, uma vez que mesmo pequenas quantidades anormais de líquido no espaço pericárdico podem ser detectadas, passando a ser consideradas como critério diagnóstico. A acurácia é elevada, com sensibilidade de até 96% e especificidade de até 98% quando o exame é realizado por médicos emergencistas — não cardiologistas — com treinamento adequado.¹⁰

A mensuração do derrame pericárdico pode ser feita por meio de várias janelas ecocardiográficas básicas, como as vistas paraesternal em eixo longo e curto, apical de quatro câmaras e subcostal. De acordo com a espessura do acúmulo observado, o derrame pode ser classificado como mínimo, pequeno, moderado ou importante (Tabela 1).¹⁰

A presença de líquido anormal no espaço pericárdico, seu volume e a velocidade com que se acumula podem gerar compressão extrínseca sobre as câmaras cardíacas, afetando diretamente a capacidade de relaxamento atrial e ventricular. É importante destacar que essa restrição não depende apenas do volume absoluto de líquido, mas também da elasticidade do pericárdio para acomodá-lo. Quando o acúmulo é rápido, até mesmo volumes pequenos podem elevar a pressão intrapericárdica de forma significativa. Por outro lado, em situações de acúmulo lento e progressivo, o pericárdio

Tabela 1 – Classificação do derrame pericárdico de acordo com a espessura e o volume estimado de líquido

Medida do derrame pericárdico	Volume aproximado de líquido
< 5 mm	50–100 ml (mínimo)
5–10 mm	100–250 ml (pequeno)
10–20 mm	250–500 ml (moderado)
> 20 mm	> 500 ml (importante)

pode adaptar-se devido à sua distensibilidade, chegando a comportar volumes superiores a 500 ml.¹⁰

Os achados ecocardiográficos mais frequentemente identificados pelo POCUS em pacientes com tamponamento cardíaco incluem:⁸⁻¹⁰

b.1) Colapso diastólico tardio do átrio direito (AD)

O colapso diastólico do AD é um dos sinais ecocardiográficos mais importantes e precoces do tamponamento cardíaco.⁹ Esse fenômeno ocorre durante o relaxamento atrial, quando o volume do AD está reduzido e a pressão intrapericárdica atinge seu pico, levando à invaginação da parede atrial para o interior da câmara. Trata-se de um achado com alta sensibilidade, especialmente quando o colapso persiste por mais de um terço do ciclo cardíaco. No entanto, sua especificidade é moderada (aproximadamente 82%), uma vez que colapsos breves do AD podem ocorrer em outras condições, como em aumento da pressão intratorácica. Ainda assim, o colapso sustentado do AD é um forte indicativo de tamponamento cardíaco.^{9,10}

b.2) Colapso diastólico do ventrículo direito (VD)

O colapso diastólico do VD é observado, em geral, durante a diástole precoce, quando o volume da câmara ainda é reduzido. Apesar de apresentar sensibilidade ligeiramente inferior à do colapso do AD (cerca de 93%), o achado é altamente específico para tamponamento. Vale destacar que em algumas situações clínicas — como hipertrofia do VD ou pressão diastólica elevada nessa câmara (ex.: cor pulmonale agudo ou crônico) — esse colapso pode não estar presente, mesmo na presença de tamponamento.^{9,10}

b.3) Veia cava inferior (VCI) dilatada, com variação respiratória mínima ou ausente

Em casos de tamponamento cardíaco, o AD torna-se incapaz de acomodar adequadamente a pré-carga devido à compressão exercida pelo aumento da pressão intrapericárdica. Como resultado, a VCI permanece dilatada, com variação respiratória mínima ou ausente. Esse achado apresenta alta sensibilidade para tamponamento cardíaco (95–97%) e elevado valor preditivo negativo (VPN). No entanto, sua especificidade é baixa (cerca de 40%), pois também pode ser observado em outras condições, como doença pulmonar crônica, insuficiência cardíaca, insuficiência tricúspide e outras cardiopatias. A VCI é geralmente visualizada em corte sagital subcostal, abaixo do processo xifoide.^{9,10}

A VCI é normalmente visualizada em corte sagital subcostal, abaixo do processo xifoide. A mensuração do diâmetro deve ser feita cerca de 2 a 3 cm antes da junção da VCI com o AD, na altura da confluência com a veia hepática. Em alguns casos, pode-se utilizar o modo M para melhor acurácia na medida. Considera-se a VCI alterada quando seu diâmetro excede 2,1 cm e a variação inspiratória é inferior a 50%.^{9,10}

b.4) *Swinging heart* (coração oscilante)

Esse achado é característico de derrames pericárdicos volumosos e se refere ao movimento pendular do coração dentro do saco pericárdico.

A incorporação do POCUS à prática clínica rotineira tem demonstrado aumentar a acurácia diagnóstica e viabilizar intervenções em tempo oportuno, otimizando o cuidado de pacientes com acometimento pericárdico. No entanto, é fundamental reconhecer as limitações inerentes a essa modalidade. A eficácia do POCUS depende fortemente da experiência e do treinamento do operador, o que pode resultar em variabilidade nos resultados. Além disso, a disponibilidade de equipamentos de ultrassonografia e de profissionais capacitados ainda representa uma barreira importante, especialmente em contextos com recursos limitados.^{9,10}

c) TEP

O TEP é uma das principais causas de dor torácica em serviços de emergência, correspondendo a 5% a 10% dos atendimentos. Sem tratamento, apresenta mortalidade de aproximadamente 30%, valor que pode ser reduzido para 3% a 8% com terapia precoce.^{1,11} O diagnóstico precoce é essencial, mas desafiador. O POCUS se mostra uma ferramenta valiosa à beira leito, permitindo uma avaliação rápida e integrada de achados cardíacos, pulmonares e vasculares, com especificidade relatada de até 96,7%.¹²

A abordagem ultrassonográfica de pacientes com suspeita de TEP deve incluir três regiões principais: coração, pulmões e sistema venoso profundo dos membros inferiores. A combinação dos achados nesses territórios aumenta a acurácia diagnóstica e pode subsidiar decisões terapêuticas precoces, incluindo a instituição de terapia de reperfusão mesmo na ausência de angiotomografia pulmonar.

c.1) Avaliação cardíaca

O POCUS cardíaco no contexto de TEP busca identificar sinais de sobrecarga aguda e disfunção do VD. Na ausência desses achados, o exame pode contribuir para descartar TEP em pacientes hemodinamicamente instáveis, além de auxiliar na identificação de outras causas de instabilidade, como disfunção do ventrículo esquerdo (VE) ou valvopatias. Os principais achados ecocardiográficos associados ao TEP incluem:

- Dilatação do VD: relação VD/VE > 1 nas janelas apical ou subxifoide, e/ou volume diastólico final > 30 mm na vista paraesternal em eixo longo. Sensibilidade: 31%–72%; especificidade: 87%–96%.^{1,12}
- Sinal de McConnell: hipocinesia da parede livre do VD com preservação do movimento apical. Sensibilidade: 77%; especificidade: 94%.¹²
- Desvio do septo interventricular (sinal do D): caracterizado pelo achatamento do septo em direção ao VE, principalmente na diástole, observado na janela paraesternal em eixo curto.¹

Artigo de Revisão

- Sinal 60/60: tempo de aceleração da artéria pulmonar (TAP) < 60 ms combinado com gradiente de regurgitação tricúspide (GRT) < 60 mmHg. Esse padrão é sugestivo de TEP agudo, com sensibilidade de até 98% quando associado à sobrecarga de VD (Figura 1).^{12,13}
- Incisura mesossistólica pulmonar: achado doppler na via de saída do VD, caracterizado por uma incisura acentuada após pico estreito inicial, seguido por uma onda em forma de cúpula. O estudo de Albricker et al. demonstrou sensibilidade de 92% e especificidade de 99% para TEP maciço ou submaciço; para TEP em geral, sensibilidade foi de 34% e especificidade de 97%.¹³
- VCI dilatada com colapso inspiratório < 50%.¹
- Excursão sistólica do plano anular da valva tricúspide (TAPSE) < 17 mm, associada à disfunção sistólica do VD. Sensibilidade: 88%; especificidade: 77%.^{1,13}

c.2) Avaliação pulmonar

O POCUS pulmonar pode ser realizado com transdutor convexo ou linear, explorando os espaços intercostais nas regiões anterior, lateral e posterior do tórax. As principais alterações sugestivas de infarto pulmonar secundário ao TEP incluem (Figura 2):

- Consolidações subpleurais triangulares (mais comuns, cerca de 85%) ou, em menor frequência, arredondadas ou poligonais (3%).¹
- Presença de linhas A associadas ao deslizamento pleural.
- Derrame pleural, geralmente unilateral e relacionado à área de consolidação.¹

Quando associados a achados cardíacos e sinais de trombose venosa profunda (TVP), esses padrões aumentam substancialmente a suspeita clínica de TEP, podendo alcançar especificidade de até 99%.¹³

c.3) Avaliação de veias profundas

A avaliação ultrassonográfica do sistema venoso profundo dos membros inferiores é parte fundamental do protocolo POCUS em pacientes com suspeita de TEP. A ausência de compressibilidade venosa é altamente sugestiva de TVP. Quando identificada em pacientes com sinais clínicos compatíveis ou com achados cardíacos e pulmonares sugestivos no POCUS, pode justificar o início imediato do tratamento anticoagulante.¹

A abordagem multiorgânica com POCUS permite integrar sinais diretos e indiretos de TEP, fornecendo uma avaliação rápida, com alta sensibilidade e especificidade.⁸ A presença concomitante de disfunção do VD, consolidações pulmonares e TVP possui elevado valor preditivo. Estudos recentes reforçam o papel crescente do POCUS, especialmente em ambientes de emergência e em cenários com recursos limitados. Além disso, o POCUS possibilita a exclusão de diagnósticos diferenciais importantes, como pneumotórax, tamponamento cardíaco e dissecção aórtica. Diante disso, o POCUS consolida-se como ferramenta essencial na avaliação de pacientes com dor torácica e suspeita de TEP, sobretudo quando a angiotomografia pulmonar não está disponível.¹

d) Avaliação da aorta

As SAA devem sempre ser consideradas como importantes diagnósticos diferenciais na avaliação da dor torácica em contextos de emergência. Assim como nas demais condições abordadas, a visualização da aorta ascendente deve integrar a avaliação inicial por POCUS, compondo o algoritmo diagnóstico adotado no atendimento de pacientes com dor torácica.^{14,15}

O estudo ADvISED (*Diagnostic Accuracy of the Aortic Dissection Detection Risk Score Plus D-Dimer for Acute Aortic Syndromes*), que avaliou pacientes com dor torácica na emergência, aplicou um protocolo combinando escore clínico (*Aortic Dissection Detection Risk Score*, ADD-RS) e D-dímero. Os resultados demonstraram um VPN de 99,7% para exclusão de SAA, embora a especificidade do modelo isolado fosse limitada (57,3%) para o diagnóstico positivo.¹⁶

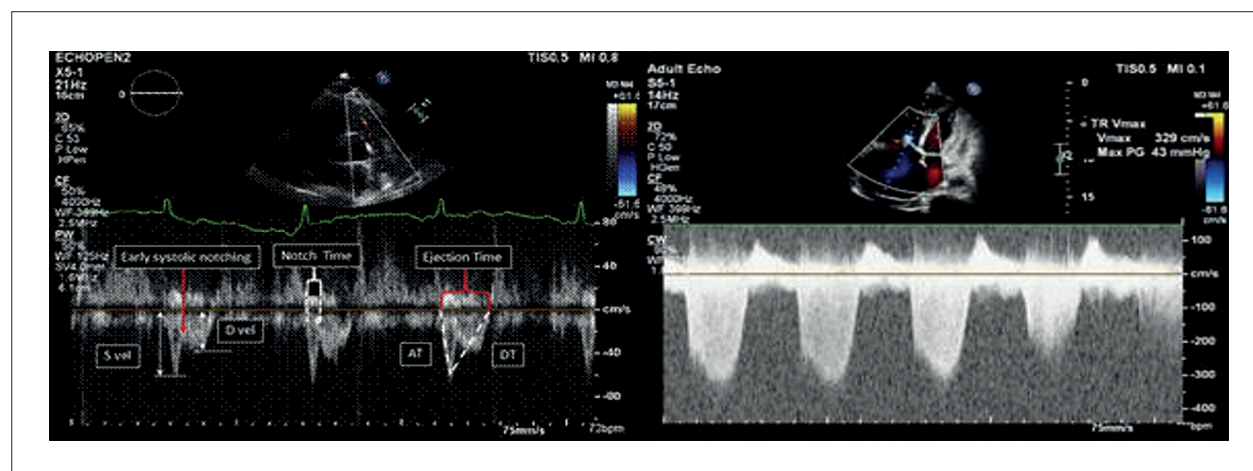


Figura 1 – Doppler com incisura mesossistólica pulmonar e sinal 60/60 (TAP e GRT reduzidos). GRT: gradiente de regurgitação tricúspide; TAP: tempo de aceleração da artéria pulmonar.

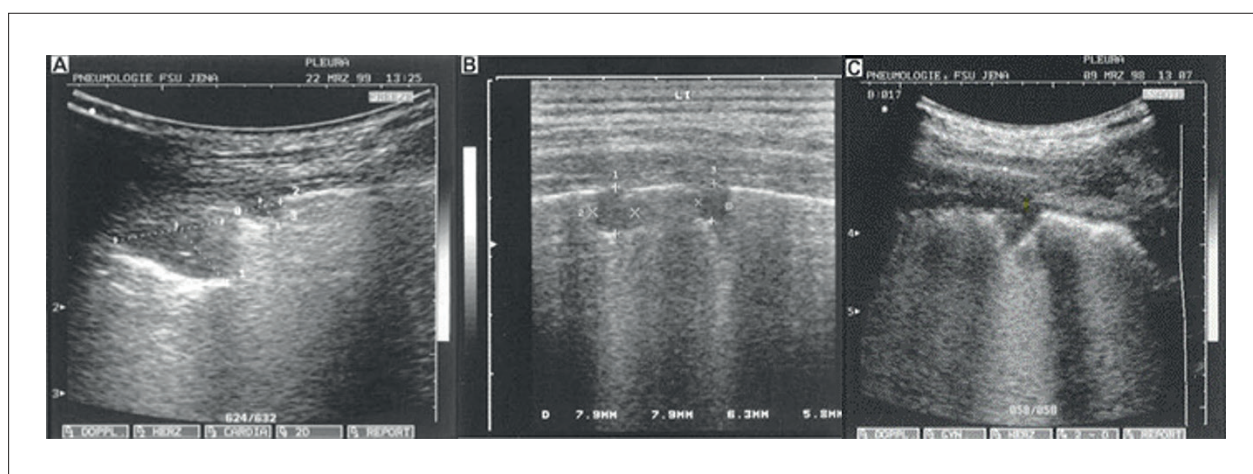


Figura 2 – Consolidações pulmonares: A – triangulares; B – arredondadas; C – poligonal com derrame pleural adjacente.

Uma subanálise desse estudo incorporou o POCUS ao algoritmo e mostrou que a presença de sinais diretos de SAA elevou a especificidade diagnóstica para 97,4%. Mesmo sinais indiretos apresentaram boa performance, com especificidade de 74,5%. A inclusão do POCUS elevou o VPN para 100% e aumentou a acurácia global, com a área sob a curva (AUC) passando de 0,77 para 0,88.¹⁷

O estudo PROFUNDUS, conduzido de forma prospectiva com mais de 1.900 pacientes, também avaliou a utilização do POCUS combinado ao D-dímero na investigação de SAA em serviços de emergência. Nesse estudo, a presença de sinais diretos no POCUS apresentou especificidade de 98,4% para o diagnóstico de SAA, enquanto os sinais indiretos alcançaram especificidade entre 88% e 96,5%. Assim como no ADVISED, o uso combinado do POCUS com o D-dímero resultou em VPN de 100%.¹⁸

Na prática clínica, surge a questão: “quais janelas ecocardiográficas utilizar e quais achados buscar?” As janelas preferencialmente empregadas são:

- Paraesternal em eixo longo: permite a avaliação da via de saída do VE e da aorta ascendente;
- Supraesternal (na região da fúrcula): oferece visualização do arco aórtico e da porção descendente da aorta torácica.^{14,15}

Durante a avaliação, o médico deve ativamente buscar sinais diretos e indiretos de SAA, conforme descrito a seguir:

Sinais diretos:

- Presença de *flap intimal* (descolamento da túnica íntima);
- Hematoma da parede aórtica;
- Úlcera de aorta.

Sinais indiretos:

- Dilatação da aorta;

- Derrame pericárdico;
- Insuficiência da valva aórtica.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, análise e interpretação dos dados e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Soeiro AM; obtenção de dados e redação do manuscrito: Soeiro AM, Leal TCAT, Oliveira LLH, Moraes RF.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Ha YR, Toh HC. Clinically Integrated Multi-Organ Point-Of-Care Ultrasound for Undifferentiated Respiratory Difficulty, Chest Pain, or Shock: A Critical Analytic Review. *J Intensive Care*. 2016;4:54. doi: 10.1186/s40560-016-0172-1.
2. Byrne RA, Rossello X, Coughlan JJ, Barbato E, Berry C, Chieffo A, et al. 2023 ESC Guidelines for the Management of Acute Coronary Syndromes. *Eur Heart J*. 2023;44(38):3720-826. doi: 10.1093/eurheartj/ehad191.
3. McLaren J, Alencar JN, Aslanger EK, Meyers HP, Smith SW. From ST-Segment Elevation MI to Occlusion MI: The New Paradigm Shift in Acute Myocardial Infarction. *JACC Adv*. 2024;3(11):101314. doi: 10.1016/j.jacadv.2024.101314.
4. Xu C, Melendez A, Nguyen T, Ellenberg J, Anand A, Delgado J, et al. Point-of-Care Ultrasound May Expedite Diagnosis and Revascularization of Occult Occlusive Myocardial Infarction. *Am J Emerg Med*. 2022;58:186-91. doi: 10.1016/j.ajem.2022.06.010.
5. Roggel A, Jehn S, Dykun I, Balcer B, Al-Rashid F, Totzeck M, et al. Regional Wall Motion Abnormalities on Focused Transthoracic Echocardiography in Patients Presenting with Acute Chest Pain: A Predefined Post Hoc Analysis of the Prospective Single-Centre Observational EPIC-ACS study. *BMJ Open*. 2024;14(9):e085677. doi: 10.1136/bmjopen-2024-085677.
6. Croft PE, Strout TD, Kring RM, Director L, Vasaiwala SC, Mackenzie DC. WAMAMI: Emergency Physicians Can Accurately Identify Wall Motion Abnormalities in Acute Myocardial Infarction. *Am J Emerg Med*. 2019;37(12):2224-8. doi: 10.1016/j.ajem.2019.03.037.
7. Sağlam C, Ünlüer EE, Yamanoğlu NGÇ, Kara PH, Ediboğlu E, Bektaşlı R, et al. Accuracy of Emergency Physicians for Detection of Regional Wall Motion Abnormalities in Patients with Chest Pain Without ST-Elevation Myocardial Infarction. *J Ultrasound Med*. 2021;40(7):1335-42. doi: 10.1002/jum.15513.
8. Mandavia DP, Hoffner RJ, Mahaney K, Henderson SO. Bedside Echocardiography by Emergency Physicians. *Ann Emerg Med*. 2001;38(4):377-82. doi: 10.1067/mem.2001.118224.
9. Imazio M, De Ferrari GM. Cardiac Tamponade: An Educational Review. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2021;10(1):102-9. doi: 10.1177/2048872620939341.
10. Chiabrando JC, Bonaventura A, Vecchié A, Wohlford GF, Mauro AG, Jordan JH, et al. Management of Acute and Recurrent Pericarditis: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(1):76-92. doi: 10.1016/j.jacc.2019.11.021.
11. Konstantinides SV, Meyer G, Becattini C, Bueno H, Geersing GJ, Harjola VP, et al. 2019 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Acute Pulmonary Embolism Developed in Collaboration with the European Respiratory Society (ERS). *Eur Heart J*. 2020;41(4):543-603. doi: 10.1093/eurheartj/ehz405.
12. Daley JL, Dwyer KH, Grunwald Z, Shaw DL, Stone MB, Schick A, et al. Increased Sensitivity of Focused Cardiac Ultrasound for Pulmonary Embolism in Emergency Department Patients with Abnormal Vital Signs. *Acad Emerg Med*. 2019;26(11):1211-20. doi: 10.1111/acem.13774.
13. Albricker ACL, Freire CMV, Santos SND, Alcantara ML, Saleh MH, Cantisano AL, et al. Joint Guideline on Venous Thromboembolism - 2022. *Arq Bras Cardiol*. 2022;118(4):797-857. doi: 10.36660/abc.20220213.
14. Barnett J, Strony R. Diagnosing Acute Aortic Dissection with Aneurysmal Degeneration with Point of Care Ultrasound. *Am J Emerg Med*. 2017;35(9):1384.e3-1384.e4. doi: 10.1016/j.ajem.2017.05.052.
15. Lee PY, Saad K, Hossain A, Lieu I, Allencherril J. Initial Evaluation and Management of Patients Presenting with Acute Chest Pain in the Emergency Department. *Curr Cardiol Rep*. 2023;25(12):1677-86. doi: 10.1007/s11886-023-01984-6.
16. Nazerian P, Mueller C, Soeiro AM, Leidel BA, Salvadeo SAT, Giachino F, et al. Diagnostic Accuracy of the Aortic Dissection Detection Risk Score Plus D-Dimer for Acute Aortic Syndromes: The ADVISED Prospective Multicenter Study. *Circulation*. 2018;137(3):250-8. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.029457.
17. Nazerian P, Mueller C, Vanni S, Soeiro AM, Leidel BA, Cerini G, et al. Integration of Transthoracic Focused Cardiac Ultrasound in the Diagnostic Algorithm for Suspected Acute Aortic Syndromes. *Eur Heart J*. 2019;40(24):1952-60. doi: 10.1093/eurheartj/ehz207.
18. Morello F, Bima P, Castelli M, Capretti E, Soeiro AM, Cipriano A, et al. Diagnosis of Acute Aortic Syndromes with Ultrasound and D-Dimer: The PROFUNDUS Study. *Eur J Intern Med*. 2024;128:94-103. doi: 10.1016/j.ejim.2024.05.029.



As Aplicações das Redes Neurais Convolucionais na Imagem Cardíaca

Convolutional Neural Network Applications In Cardiac Imaging

Luiz Henrique Cartaxo Fernandes,¹ José Lucas Formiga Dantas,¹ Marília Graziela Vieira de Macena Lima,¹ Glaudir Donato,¹ Marcelo Dantas Tavares de Melo²

Centro de Ciências Médicas, Universidade Federal da Paraíba,¹ João Pessoa, PB – Brasil

Departamento de Medicina Interna, Universidade Federal da Paraíba,² João Pessoa, PB – Brasil

Figura Central: As Aplicações das Redes Neurais Convolucionais na Imagem Cardíaca



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250058

Aplicações de Redes Neurais Convolucionais em diferentes tipos de métodos de imagem diagnóstica em cardiologia. TC: Tomografia Computadorizada; RM: Ressonância Magnética; ECO: Ecocardiografia; HAP: Hipertensão Arterial Pulmonar; CMH: Cardiomiopatia Hipertrófica; FA: Fibrilação Atrial; CIA: Comunicação Interatrial; PCA: Persistência do Canal Arterial; DAC: Doença Arterial Coronariana.

Resumo

Redes neurais são modelos computacionais que imitam o funcionamento do cérebro humano, aprendendo a partir de grandes volumes de dados para realizar tarefas cada

Palavras-chave

Redes neurais de computação; inteligência artificial; técnicas de imagem cardíaca

Correspondência: Luiz Henrique Cartaxo Fernandes •

Universidade Federal da Paraíba – Centro de Ciências Médicas. Cidade Universitária, s/n – Conj. Pres. Castelo Branco III. CEP: 58051-900. João Pessoa, PB – Brasil

E-mail: luiz.cartaxo@academico.ufpb.br

Artigo recebido em 13/08/2025; revisado em 29/08/2025; aceito em 02/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250058>

vez mais complexas. Isso é feito por meio de neurônios artificiais interconectados que propagam informações de camadas brutas para camadas refinadas, às vezes com pesos atribuídos, permitindo a classificação ou identificação de padrões não lineares. A Rede Neural Convolucional (CNN, do inglês *Convolutional Neural Network*) é uma arquitetura especializada de aprendizado profundo (*deep learning*) projetada para extrair e analisar padrões espaciais em imagens, possibilitando aplicações em decisões diagnósticas e monitoramento clínico longitudinal. Seu uso em tomografia computadorizada e ressonância magnética, por meio da segmentação de imagens cardíacas, permite definir estruturas cardíacas de forma rápida e eficiente, desempenhando um papel importante na reconstrução de imagens tridimensionais e no suporte a procedimentos pré-operatórios. Além disso, em comparação com outras formas de análise convencional, a CNN garante interpretações objetivas e qualidade superior de imagem, com base na remoção de artefatos do

segmento estudado. Ecocardiogramas têm mostrado bons resultados na identificação de patologias como hipertensão pulmonar, amiloidose, cardiomiopatia hipertrófica e doenças congênitas, e estudos sobre a automação desses exames apontam para uma possível ampliação do acesso em áreas remotas onde operadores manuais não estão disponíveis. Consequentemente, abordagens baseadas em CNN têm o potencial de otimizar os fluxos de trabalho em imagem cardiovascular, minimizar a variabilidade entre observadores e expandir as capacidades diagnósticas para regiões carentes e remotas com acesso limitado a cuidados especializados.

Introdução

O sistema nervoso humano é uma das formas mais eficientes de captar e interpretar dados, refletindo os estímulos e experiências aos quais o corpo é submetido ao longo da vida.¹ Segundo o fenômeno da neuroplasticidade, todas essas interações provocam modificações no cérebro, permitindo sua adaptação para a tomada de decisões e possibilitando que conhecimentos pré-existentes sejam assimilados e sirvam de base para a formação de novos circuitos de informação.²

As redes neurais surgiram como modelos artificiais que buscam reproduzir esse processamento de forma rápida e eficaz, com o objetivo de solucionar os problemas propostos, tornando-se ferramentas importantes no dinâmico campo da Inteligência Artificial (IA).³ Para enfrentar esse desafio, as redes são treinadas para reconhecer padrões a partir de milhares ou até milhões de exemplos, permitindo que o sistema desenvolva sua própria capacidade de aprendizado.⁴ Isso ocorre por meio do que se chama de “input”, ou seja, qualquer novo conceito inserido na ordenação. O conjunto de entradas gera uma resposta, o “output”, que pode ser influenciado de maneira ponderada, sempre guiado por um padrão de referência que serve como base.⁵

Isso pode ser exemplificado de forma simples: na avaliação de um paciente com suspeita de Fibrilação Atrial (FA), quando um eletrocardiograma é solicitado para investigação, cada voltagem no traçado pode assumir o papel de um neurônio de entrada, que continua influenciando a cascata e serve como nova entrada para o próximo neurônio, solidificando a resposta final.⁶ Assim, se o diagnóstico for FA sem que haja traçado correspondente, os pesos que levaram a esse resultado são reduzidos. Por outro lado, se houver correspondência, eles são reforçados e reutilizados em análises subsequentes.⁷ Além disso, podem ser adicionadas informações extras, como idade, sexo e comorbidades do paciente.

A aplicação da IA na área médica tem sido amplamente explorada e, nos últimos anos, tornou-se uma tecnologia disruptiva na interpretação de imagens.⁸ Nesse contexto, a Rede Neural Convolutiva (CNN, do inglês *Convolutional Neural Network*) surgiu como uma versão desse processamento voltada para o reconhecimento e a classificação de imagens, reduzindo o esforço computacional e aumentando sua robustez.⁸ A disposição hierárquica de múltiplas camadas convolucionais permite que as CNNs transformem progressivamente características de baixo nível – como gradientes de intensidade de pixels – em representações cada vez mais abstratas e clinicamente relevantes.⁹ Durante

o período de treinamento, a CNN ajusta e individualiza seus filtros de acordo com a tarefa a ser executada. De certa forma, a classificação de imagens começa pela detecção das bordas de pixels mais grosseiros na camada inicial, utilizando essas informações para identificar formas simples na segunda camada e assim por diante, permitindo a distinção de características mais complexas. Por fim, a última camada é responsável pela leitura avançada da imagem, com base nos filtros construídos.¹⁰

A vantagem das CNNs em relação a outras redes neurais é que elas estabelecem os recursos essenciais para uma previsão bem-sucedida, reduzindo a dimensionalidade dos dados na camada anterior.¹¹

A segmentação precisa de imagens cardíacas é essencial para a tomada de decisões clínicas, e as técnicas de Deep Learning e o uso da CNN têm demonstrado resultados notáveis nessa área. No entanto, a quantificação e análise dessas imagens ainda representam um desafio contínuo, devido à complexidade das subestruturas cardíacas e à variabilidade anatômica existente. A individualização dessa análise é fundamental para consolidar evidências objetivas das mais variadas patologias investigadas, facilitando o diagnóstico, o monitoramento e o acompanhamento clínico do paciente.¹²

Nessa abordagem, o uso da segmentação de imagens por meio de CNNs permite respostas rápidas e eficientes. Isso ocorre porque, em determinadas situações, a presença de certas características é mais relevante do que outras. Às vezes, identificar a localização de uma alteração na câmara cardíaca é o único objetivo essencial, não sendo necessário visualizar essas estruturas com alta definição de pixels.¹³

O cenário de aplicação abrange uma ampla variedade de exames de imagem, desde a ecocardiografia – utilizada para calcular os volumes sistólico final e diastólico final – até a avaliação dos espaços ventriculares e atriais em múltiplos cortes, além da detecção de placas de calcificação coronariana por meio da angiotomografia coronária guiada por tomografia computadorizada (CCTA). A versatilidade das CNNs na imagem cardíaca é ilustrada na Figura Central. Na maioria dos casos, esses aspectos são apoiados por figuras e diagramas provenientes de atlas ou outros documentos incluídos no banco de dados do modelo. Outro ponto interessante é que já existem estudos que exploram o uso desses sistemas para avaliar e garantir a qualidade de ultrassonografias e outros exames diagnósticos.⁵

Aplicações de CNN na Tomografia Computadorizada (TC)

O uso de CNNs tem se destacado na automatização da segmentação de estruturas cardíacas e vasculares em imagens de Tomografia Computadorizada (TC), processo pelo qual estruturas cardíacas ou lesões patológicas são delimitadas.^{5,12,13} A segmentação de imagens cardíacas por TC possui relevância clínica na identificação de doenças valvulares, avaliação de doença arterial coronariana, diagnóstico de cardiopatias congênitas, planejamento pré-operatório e em indicações extracardíacas.¹² A aplicação de CNNs trouxe rapidez e eficiência ao processo de segmentação cardíaca, que anteriormente era realizado de forma manual e subjetiva

Artigo de Revisão

por radiologistas. Em um estudo sobre a segmentação de câmaras cardíacas e grandes vasos, Sharkey et al.¹⁴ apresentaram resultados indicando que a variabilidade da análise entre observadores é semelhante à variabilidade entre o observador e a CNN.¹⁴ Esses achados sustentam a premissa de que a segmentação baseada em CNN pode fornecer resultados reprodutíveis, objetivos e com precisão diagnóstica comparável à avaliação manual realizada por especialistas.

Com relação à identificação de estruturas anatômicas, Chen et al.¹⁵ demonstraram que a CNN se mostrou uma ferramenta precisa e eficiente para avaliar o volume e a reconstrução tridimensional do átrio esquerdo. O cálculo de volume por meio da CNN revelou-se capaz de prever o risco de recorrência de FA em pacientes após ablação por cateter. Astudillo et al.¹⁶ utilizaram uma técnica de CNN para identificar as cúspides coronarianas e os óstios coronarianos direito e esquerdo em tomografia computadorizada com múltiplos detectores. Essas estruturas são pontos de referência importantes para definir o perímetro e a área do anel aórtico e, consequentemente, as próteses valvares a serem implantadas por via transcater. O método mostrou-se reprodutível e confiável, podendo ser aplicado no planejamento pré-operatório de rotina, com o objetivo de reduzir o tempo gasto e aumentar a precisão na definição dos pontos de referência.

As CNNs também se mostraram excelentes ferramentas para a identificação de imagens patológicas na angiografia coronariana. A angiotomografia coronária por tomografia computadorizada é um método importante para avaliar a gravidade da estenose arterial, além de apresentar alta precisão na quantificação da aterosclerose quando comparada ao ultrassom intravascular. Em um estudo multicêntrico, uma rede neural foi treinada para segmentar placas coronarianas.¹⁷ O estudo demonstrou excelente concordância entre a ferramenta de *Deep Learning* e as medições realizadas por leitores experientes quanto ao volume da placa ateromatosa e ao grau de estenose arterial. Também houve concordância com as medições por ultrassom vascular, além de valor prognóstico em relação ao risco de infarto agudo do miocárdio futuro.

A quantificação do tecido adiposo epicárdico também pode ser otimizada com o uso de CNNs. O tecido adiposo epicárdico é um depósito metabolicamente ativo de gordura visceral e pode estar relacionado à obesidade visceral e à síndrome metabólica.¹⁸ A angiografia coronária é o padrão-ouro para identificar esse tecido, mas sua quantificação manual é trabalhosa e desafiadora. Nesse cenário, West et al.¹⁹ desenvolveram uma CNN para quantificar automaticamente o tecido adiposo epicárdico e identificar sua associação clínica com doenças cardíacas e não cardíacas. O método mostrou-se preciso, rápido e reprodutível para a quantificação da adiposidade epicárdica por meio da angiografia coronária. A ferramenta também demonstrou bom valor prognóstico para mortalidade geral e para eventos cardiovasculares.

Aplicações de CNN na Ressonância Magnética

Nos últimos anos, a Ressonância Magnética (RM) tornou-se uma excelente ferramenta para a investigação de doenças cardiovasculares, com alta capacidade para fornecer diagnósticos complexos.^{20,21} Trata-se de um método

não invasivo, versátil e livre de radiação ionizante, capaz de identificar estrutura, função, fluxo e caracterização do tecido cardíaco. O realce tardio com gadolínio e os mapeamentos T1/T2 adicionaram informações importantes sobre a viabilidade cardíaca e patologias como infarto tecidual e fibrose miocárdica difusa.

O desenvolvimento da RM de fluxo também trouxe avanços significativos ao fornecer informações sobre o fluxo sanguíneo em diversos planos, permitindo a identificação de *shunts* intracardíacos.²⁰ No entanto, o longo tempo de escaneamento e a produção lenta de imagens são desvantagens da RM. As imagens de RM devem considerar os movimentos cardíacos e respiratórios para evitar artefatos, que precisam ser suprimidos por algoritmos de reconstrução. Nesse cenário, os métodos de reconstrução baseados em Deep Learning têm demonstrado desempenho superior em comparação com algoritmos convencionais, oferecendo imagens de maior fidelidade, melhor supressão de artefatos e tempos de processamento substancialmente reduzidos.

Hauptmann et al.²² treinaram uma CNN residual tridimensional em arquitetura U-Net para remover artefatos espaço-temporais em dados de ressonância magnética (RM) em tempo real com subamostragem (*subsampling*), a partir de imagens de pacientes com cardiopatias congênitas. A remoção de artefatos pela CNN foi comparada à técnica convencional de compressão sensorial, uma ferramenta que exige reconstrução computacional intensa e demorada. O método baseado em CNN alcançou supressão de artefatos mais de cinco vezes mais rápida que a abordagem de compressão sensorial, além de oferecer qualidade de imagem superior e medições volumétricas ventriculares mais precisas. El-Rewaidy et al.²³ também apresentaram resultados importantes na reconstrução de imagens de RM com realce tardio por gadolínio utilizando uma rede neural convolucional.²³ Em comparação com a técnica de compressão sensorial, a reconstrução de imagens por meio da CNN foi 300 vezes mais rápida.

As CNNs influenciaram múltiplas etapas do fluxo de trabalho da RM, desde o planejamento da aquisição de imagens e reconstrução em tempo real até tarefas de pós-processamento, como análise quantitativa e modelagem prognóstica. Assim como a TC, a RM também desempenha um papel importante na segmentação e consequente identificação de estruturas cardíacas.²⁴ Nesse processo com RM, o uso de CNNs também tem sido associado à maior eficiência.²⁵ Sander et al.²⁶ utilizaram uma CNN para realizar a segmentação de estruturas cardíacas e outra CNN auxiliar para identificar automaticamente áreas com falhas de segmentação. O estudo mostrou que a segmentação de imagens cardíacas com CNNs, associada à correção manual das falhas detectadas, resultou em melhor desempenho.

No que diz respeito à identificação de doenças, muitos estudos têm utilizado índices convencionais de imagem como dados de entrada para redes neurais na tentativa de diagnosticar doenças cardíacas. Por exemplo, a presença de cicatrizes cardíacas identificadas por RM está associada a desfechos cardiovasculares desfavoráveis. Bekheet et al.²⁷ desenvolveram uma CNN chamada FibrosisNet para diagnosticar fibrose cardíaca por RM, demonstrando alta precisão e acurácia diagnóstica. Sharifrazi et al.²⁸ obtiveram

resultados importantes ao combinar uma rede neural convolucional profunda com a técnica de agrupamento K-means, formando a CNN-KCL, para diagnosticar e classificar miocardite com base em dados de imagem por RM. A técnica baseada em CNN superou outros algoritmos tradicionais de *machine learning* na classificação da miocardite em termos de precisão e acurácia.

Aplicações de CNN na ecocardiografia

A ecocardiografia é o método de imagem mais acessível e amplamente utilizado para avaliar a estrutura e a função cardíaca. Suas vantagens incluem aquisição rápida de imagens e ausência de radiação ionizante, o que a torna um método eficiente e democrático. A ecocardiografia pode ser utilizada tanto para rastrear pacientes assintomáticos quanto para diagnosticar e acompanhar condições cardíacas.^{29,30} Por ser um exame dependente do operador, exige certo grau de experiência por parte do profissional, podendo haver variações na interpretação.^{29,31}

Quando se trata da aplicação de interpretação automatizada de imagens na ecocardiografia, existem alguns desafios intrínsecos a esse método. O ecocardiograma consiste na geração de imagens estáticas, bem como vídeos e registros Doppler coletados de diferentes pontos de vista para obtenção dos parâmetros desejados. Além disso, os valores obtidos nas medições podem variar significativamente devido à variabilidade intrínseca dos batimentos cardíacos. Há também a variação existente ao extrapolar medições de imagens bidimensionais para medições de um objeto tridimensional.^{32,33}

Apesar desses impasses e considerando a complexidade do método diagnóstico em questão, uma abordagem de aprendizado automatizado traria muitos benefícios e auxiliaria na interpretação humana, ao permitir a identificação e classificação automática das imagens. De fato, o uso de *Deep Learning* (DL), e mais especificamente de CNNs, para treinar a IA na interpretação de ecocardiogramas poderia reduzir custos e, conseqüentemente, democratizar esse exame. Essa integração tecnológica permitiria a aquisição de ecocardiogramas por operadores com treinamento especializado limitado, facilitando assim o acesso à imagem cardíaca em regiões geograficamente remotas ou com poucos recursos.³²

Diversos estudos demonstraram a eficácia do uso de CNNs na ecocardiografia. Entre as aplicações observadas, a maioria está relacionada à quantificação da estrutura e função cardíaca, bem como à segmentação cardíaca.^{10,29,34-38} As CNNs também têm sido utilizadas na detecção de hipertrofia ventricular esquerda,³⁹⁻⁴¹ na estenose aórtica,^{42,43} na identificação de fases cardíacas,⁴⁴ na detecção precoce de infarto agudo do miocárdio,⁴⁵ e na classificação de visualizações cardíacas.^{46,47} O modelo utilizado por Ghorbani et al.,²⁹ além de identificar com precisão elementos da estrutura e função cardíaca, treinou uma CNN para prever fenótipos sistêmicos que modificam o risco cardiovascular, como idade, sexo, altura e peso, a partir de imagens de ecocardiograma.²⁹

Zhang et al.³² foram além e treinaram uma CNN para a interpretação totalmente automatizada de ecocardiogramas,

incluindo identificação de visualizações, segmentação de imagens, quantificação da estrutura e função cardíaca e detecção de doenças. Esse estudo demonstrou sucesso na análise automatizada do tipo de visualização e na segmentação de imagens. Em relação à estrutura e função do coração, houve alguma discrepância entre as medições manuais e automatizadas, especialmente na estrutura, com tendência à superestimação dos valores. Por fim, o modelo foi bem-sucedido na identificação de Hipertensão Arterial Pulmonar (HAP), amiloidose e cardiomiopatia hipertrófica, com base na análise das massas, estrutura e função das câmaras cardíacas.³²

Estudos recentes também avaliaram o potencial para o diagnóstico automático da HAP.⁴⁸ Segundo os achados de DuBrock et al.,⁴⁹ o algoritmo utilizado foi capaz de antecipar o diagnóstico de HAP em um período de seis a dezoito meses – um avanço extremamente relevante em uma condição na qual o diagnóstico precoce é crucial para o manejo eficaz da doença.^{48,49}

Outra patologia que pode ser identificada por meio da ecocardiografia com o uso de CNNs é a FA oculta. Yuan et al.⁵⁰ desenvolveram um modelo capaz de distinguir entre ritmo sinusal e FA, além de prever a presença concomitante de FA paroxística em indivíduos com ritmo sinusal. O modelo superou métodos tradicionais baseados em fatores de risco clínicos, medições do ecocardiograma transtorácico, tamanho do átrio esquerdo ou escore CHA₂DS₂-VASc.⁵⁰ Pesquisas utilizando técnicas de DL também têm apresentado resultados promissores na ecocardiografia fetal e neonatal, incluindo o diagnóstico pré-natal de defeito do septo atrial⁵¹ e a identificação de persistência do canal arterial em neonatos.⁵²

Aplicação de CNN em outros métodos

A TC por emissão de fóton único (SPECT) de perfusão miocárdica é um exame capaz de identificar a presença de isquemia miocárdica e, portanto, de doença arterial coronariana. Betancur et al.⁵³ analisaram a aplicação de DL nesse método diagnóstico, com o objetivo de verificar a capacidade de prever automaticamente a doença coronariana por meio de CNNs treinadas com imagens de perfusão miocárdica, em comparação com o método convencional atualmente utilizado. O resultado foi uma maior eficácia e melhor sensibilidade de detecção com o método baseado em DL.⁵³ Outros estudos também avaliaram a capacidade de classificar automaticamente imagens de perfusão miocárdica. Papandrianos et al.⁵⁴ treinaram CNNs para identificar três possíveis resultados – infarto, isquemia e perfusão normal – e todos os modelos avaliados apresentaram resultados positivos e confiáveis.⁵⁴ Su et al.⁵⁵ demonstraram a viabilidade e precisão do diagnóstico de doença arterial coronariana baseado em CNN, com um sistema já utilizado na prática, e capaz de reduzir consideravelmente o tempo necessário para interpretar as imagens.

A fluoroscopia por raios X permite a visualização em tempo real da estrutura cardíaca, o que a torna um método indispensável para a realização de procedimentos guiados por imagem, como a terapia de resincronização cardíaca,

Artigo de Revisão

angiografia e reparo endovascular da aorta. O DL também tem sido testado com sucesso para auxiliar esses procedimentos, seja na redução de ruído em vídeos ou na fusão de dados pré-operatórios com imagens intraoperatórias de raios X, com o objetivo de guiar a intervenção e reduzir a exposição ao contraste.⁵⁶⁻⁵⁹ Estudos também demonstraram melhor sensibilidade e especificidade na caracterização de lesões coronarianas utilizando tomografia de coerência óptica quando o DL é aplicado.⁶⁰⁻⁶²

Conclusão

A aplicação de CNNs na análise de imagens cardíacas surgiu como uma ferramenta versátil, contribuindo para diagnósticos mais precisos e rápidos. Sua integração à imagem cardiovascular permite reduzir a variabilidade entre observadores, minimizar artefatos de imagem, aprimorar a automação de medições e superar barreiras geográficas ao possibilitar a avaliação remota de imagens adquiridas – democratizando, assim, o acesso ao cuidado. As direções futuras devem priorizar estudos de validação em larga escala para confirmar a generalização e a robustez clínica das abordagens baseadas em CNNs em diferentes populações de pacientes e protocolos de imagem. Além disso, a integração desses algoritmos aos fluxos de trabalho clínicos rotineiros exigirá a superação de desafios regulatórios e de interoperabilidade, a fim de garantir uma adoção segura e eficaz na prática cardiovascular real.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Melo MDT. Obtenção de dados: Fernandes LHC, Dantas JLF, Lima MGVM. Análise

e interpretação dos dados: Fernandes LHC, Dantas JLF, Lima MGVM, Donato G. Redação do manuscrito: Fernandes LHC, Dantas JLF, Lima MGVM. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Donato G, Melo MDT.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Rotta NT, Ohlweiler L, Riesgo RS. Transtornos da Aprendizagem. Porto Alegre: Artmed; 2015.
2. Costa RLS. Neuroscience and Learning. Rev Bras Educ. 2023;28:e280010. doi: 10.1590/S1413-24782023280010.
3. Kriegeskorte N, Golan T. Neural Network Models and Deep Learning. Curr Biol. 2019;29(7):R231-6. doi: 10.1016/j.cub.2019.02.034.
4. Krittanawong C, Zhang H, Wang Z, Aydar M, Kitai T. Artificial Intelligence in Precision Cardiovascular Medicine. J Am Coll Cardiol. 2017;69(21):2657-64. doi: 10.1016/j.jacc.2017.03.571.
5. Litjens G, Ciompi F, Wolterink JM, de Vos BD, Leiner T, Teuwen J, et al. State-of-the-Art Deep Learning in Cardiovascular Image Analysis. JACC Cardiovasc Imaging. 2019;12(8 Pt 1):1549-65. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.06.009.
6. Krittanawong C, Johnson KW, Rosenson RS, Wang Z, Aydar M, Baber U, et al. Deep Learning for Cardiovascular Medicine: A Practical Primer. Eur Heart J. 2019;40(25):2058-73. doi: 10.1093/eurheartj/ehz056.
7. El-Taraboulsi J, Cabrera CP, Roney C, Aung N. Deep Neural Network Architectures for Cardiac Image Segmentation. Artif Intell Life Sci. 2023;4:100083. doi: 10.1016/j.ailsci.2023.100083.
8. Johnson KW, Soto JT, Glicksberg BS, Shameer K, Miotto R, Ali M, et al. Artificial Intelligence in Cardiology. J Am Coll Cardiol. 2018;71(23):2668-79. doi: 10.1016/j.jacc.2018.03.521.
9. Bizopoulos P, Koutsouris D. Deep Learning in Cardiology. IEEE Rev Biomed Eng. 2019;12:168-93. doi: 10.1109/RBME.2018.2885714.
10. Lau ES, Di Achille P, Kopparapu K, Andrews CT, Singh P, Reeder C, et al. Deep Learning-Enabled Assessment of Left Heart Structure and Function Predicts Cardiovascular Outcomes. J Am Coll Cardiol. 2023;82(20):1936-48. doi: 10.1016/j.jacc.2023.09.800.
11. Wang P, Qiao J, Liu N. An Improved Convolutional Neural Network-Based Scene Image Recognition Method. Comput Intell Neurosci. 2022;2022:3464984. doi: 10.1155/2022/3464984.
12. Alnasser TN, Abdulaal L, Maiter A, Sharkey M, Dwivedi K, Salehi M, et al. Advancements in Cardiac Structures Segmentation: A Comprehensive Systematic Review of Deep Learning in CT Imaging. Front Cardiovasc Med. 2024;11:1323461. doi: 10.3389/fcvm.2024.1323461.
13. Lüscher TF, Wenzl FA, D'Ascenzo F, Friedman PA, Antoniadis C. Artificial Intelligence in Cardiovascular Medicine: Clinical Applications. Eur Heart J. 2024;45(40):4291-304. doi: 10.1093/eurheartj/ehae465.
14. Sharkey MJ, Taylor JC, Alabed S, Dwivedi K, Karunasaagar K, Johns CS, et al. Fully Automatic Cardiac Four Chamber and Great Vessel Segmentation on CT Pulmonary Angiography Using Deep Learning. Front Cardiovasc Med. 2022;9:983859. doi: 10.3389/fcvm.2022.983859.
15. Chen HH, Liu CM, Chang SL, Chang PY, Chen WS, Pan YM, et al. Automated Extraction of Left Atrial Volumes from Two-Dimensional Computer

- Tomography Images Using a Deep Learning Technique. *Int J Cardiol.* 2020;316:272-8. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.03.075.
16. Astudillo P, Mortier P, Bosmans J, De Backer O, Jaegere P, Iannaccone F, et al. Automatic Detection of the Aortic Annular Plane and Coronary Ostia from Multidetector Computed Tomography. *J Interv Cardiol.* 2020;2020:9843275. doi: 10.1155/2020/9843275.
17. Lin A, Park C. HHS Public Access international multicentre study. 2022;4(4):10-1.
18. Oikonomou EK, Antoniadou C. The Role of Adipose Tissue in Cardiovascular Health and Disease. *Nat Rev Cardiol.* 2019;16(2):83-99. doi: 10.1038/s41569-018-0097-6.
19. West HW, Siddique M, Williams MC, Volpe L, Desai R, Lyasheva M, et al. Deep-Learning for Epicardial Adipose Tissue Assessment with Computed Tomography: Implications for Cardiovascular Risk Prediction. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2023;16(6):800-16. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.11.018.
20. Oscanoa JA, Middione MJ, Alkan C, Yurt M, Loecher M, Vasanawala SS, et al. Deep Learning-Based Reconstruction for Cardiac MRI: A Review. *Bioengineering.* 2023;10(3):334. doi: 10.3390/bioengineering10030334.
21. Argentiero A, Muscogiuri G, Rabbat MC, Martini C, Soldato N, Basile P, et al. The Applications of Artificial Intelligence in Cardiovascular Magnetic Resonance-A Comprehensive Review. *J Clin Med.* 2022;11(10):2866. doi: 10.3390/jcm11102866.
22. Hauptmann A, Arridge S, Lucka F, Muthurangu V, Steeden JA. Real-Time Cardiovascular MR with Spatio-Temporal Artifact Suppression Using Deep Learning-Proof of Concept in Congenital Heart Disease. *Magn Reson Med.* 2019;81(2):1143-56. doi: 10.1002/mrm.27480.
23. El-Rewaidy H, Neisius U, Mancio J, Kukukseymen S, Rodriguez J, Paskavitz A, et al. Deep Complex Convolutional Network for Fast Reconstruction of 3D Late Gadolinium Enhancement Cardiac MRI. *NMR Biomed.* 2020;33(7):e4312. doi: 10.1002/nbm.4312.
24. Peng P, Lekadir K, Gooya A, Shao L, Petersen SE, Frangi AF. A Review of Heart Chamber Segmentation for Structural and Functional Analysis Using Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *MAGMA.* 2016;29(2):155-95. doi: 10.1007/s10334-015-0521-4.
25. Xiong Z, Fedorov VV, Fu X, Cheng E, Macleod R, Zhao J. Fully Automatic Left Atrium Segmentation from Late Gadolinium Enhanced Magnetic Resonance Imaging Using a Dual Fully Convolutional Neural Network. *IEEE Trans Med Imaging.* 2019;38(2):515-24. doi: 10.1109/TMI.2018.2866845.
26. Sander J, de Vos BD, Išgum I. Automatic Segmentation with Detection of Local Segmentation Failures in Cardiac MRI. *Sci Rep.* 2020;10(1):21769. doi: 10.1038/s41598-020-77733-4.
27. Bekheet M, Sallah M, Alghamdi NS, Rusu-Both R, Elgarayhi A, Elmogy M. Cardiac Fibrosis Automated Diagnosis Based on FibrosisNet Network Using CMR Ischemic Cardiomyopathy. *Diagnostics.* 2024;14(3):255. doi: 10.3390/diagnostics14030255.
28. Sharifrazi D, Alizadehsani R, Joloudari JH, Band SS, Hussain S, Sani ZA, et al. CNN-KCL: Automatic Myocarditis Diagnosis Using Convolutional Neural Network Combined with K-Means Clustering. *Math Biosci Eng.* 2022;19(3):2381-402. doi: 10.3934/mbe.2022110.
29. Ghorbani A, Ouyang D, Abid A, He B, Chen JH, Harrington RA, et al. Deep Learning Interpretation of Echocardiograms. *NPJ Digit Med.* 2020;3:10. doi: 10.1038/s41746-019-0216-8.
30. American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force; American Society of Echocardiography; American Heart Association; American Society of Nuclear Cardiology; Heart Failure Society of America; Heart Rhythm Society; et al. ACCF/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance American College of Chest Physicians. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24(3):229-67. doi: 10.1016/j.echo.2010.12.008.
31. De Geer L, Oscarsson A, Engvall J. Variability in Echocardiographic Measurements of Left Ventricular Function in Septic Shock Patients. *Cardiovasc Ultrasound.* 2015;13:19. doi: 10.1186/s12947-015-0015-6.
32. Zhang J, Gajjala S, Agrawal P, Tison GH, Hallock LA, Beussink-Nelson L, et al. Fully Automated Echocardiogram Interpretation in Clinical Practice. *Circulation.* 2018;138(16):1623-35. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034338.
33. Madani A, Arnaout R, Mofrad M, Arnaout R. Fast and Accurate View Classification of Echocardiograms Using Deep Learning. *NPJ Digit Med.* 2018;1:6. doi: 10.1038/s41746-017-0013-1.
34. Shi S, Alimu P, Mahmut P. The Study of Echocardiography of Left Ventricle Segmentation Combining Transformer and Convolutional Neural Networks. *Int Heart J.* 2024;65(5):889-97. doi: 10.1536/ihj.23-638.
35. Jiang J, Deng H, Xue Y, Liao H, Wu S. Detection of Left Atrial Enlargement Using a Convolutional Neural Network-Enabled Electrocardiogram. *Front Cardiovasc Med.* 2020;7:609976. doi: 10.3389/fcvm.2020.609976.
36. Painchaud N, Duchateau N, Bernard O, Jodoin PM. Echocardiography Segmentation with Enforced Temporal Consistency. *IEEE Trans Med Imaging.* 2022;41(10):2867-78. doi: 10.1109/TMI.2022.3173669.
37. Lei Y, Fu Y, Roper J, Higgins K, Bradley JD, Curran WJ, et al. Echocardiographic Image Multi-Structure Segmentation Using Cardiac-SegNet. *Med Phys.* 2021;48(5):2426-37. doi: 10.1002/mp.14818.
38. Wehbe RM, Katsaggelos AK, Hammond KJ, Hong H, Ahmad FS, Ouyang D, et al. Deep Learning for Cardiovascular Imaging: A Review. *JAMA Cardiol.* 2023;8(11):1089-98. doi: 10.1001/jamacardio.2023.3142.
39. Jian Z, Wang X, Zhang J, Wang X, Deng Y. Diagnosis of Left Ventricular Hypertrophy Using Convolutional Neural Network. *BMC Med Inform Decis Mak.* 2020;20(1):243. doi: 10.1186/s12911-020-01255-2.
40. Nazar W, Nazar K, Daniłowicz-Szymanowicz L. Machine Learning and Deep Learning Methods for Fast and Accurate Assessment of Transthoracic Echocardiogram Image Quality. *Life.* 2024;14(6):761. doi: 10.3390/life14060761.
41. Duffy G, Cheng PP, Yuan N, He B, Kwan AC, Shun-Shin MJ, et al. High-Throughput Precision Phenotyping of Left Ventricular Hypertrophy with Cardiovascular Deep Learning. *JAMA Cardiol.* 2022;7(4):386-95. doi: 10.1001/jamacardio.2021.6059.
42. Holste G, Oikonomou EK, Mortazavi BJ, Coppi A, Faridi KF, Miller EJ, et al. Severe Aortic Stenosis Detection by Deep Learning Applied to Echocardiography. *Eur Heart J.* 2023;44(43):4592-604. doi: 10.1093/eurheartj/ehad456.
43. Wessler BS, Huang Z, Long GM Jr, Pacifici S, Prashar N, Karmiy S, et al. Automated Detection of Aortic Stenosis Using Machine Learning. *J Am Soc Echocardiogr.* 2023;36(4):411-20. doi: 10.1016/j.echo.2023.01.006.
44. Farhad M, Masud MM, Beg A, Ahmad A, Ahmed LA, Memon S. Cardiac Phase Detection in Echocardiography Using Convolutional Neural Networks. *Sci Rep.* 2023;13(1):8908. doi: 10.1038/s41598-023-36047-x.
45. Muraki R, Teramoto A, Sugimoto K, Sugimoto K, Yamada A, Watanabe E. Automated Detection Scheme for Acute Myocardial Infarction Using Convolutional Neural Network and Long Short-Term Memory. *PLoS One.* 2022;17(2):e0264002. doi: 10.1371/journal.pone.0264002.
46. Naser JA, Lee E, Pislaru SV, Tsaban G, Malins JC, Jackson JJ, et al. Artificial Intelligence-Based Classification of Echocardiographic Views. *Eur Heart J Digit Health.* 2024;5(3):260-9. doi: 10.1093/ehjdh/ztae015.
47. Østvik A, Smistad E, Aase SA, Haugen BO, Lovstakken L. Real-Time Standard View Classification in Transthoracic Echocardiography Using Convolutional

Artigo de Revisão

- Neural Networks. *Ultrasound Med Biol*. 2019;45(2):374-84. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2018.07.024.
48. Sun D, Hu Y, Li Y, Yu X, Chen X, Shen P, et al. Chamber Attention Network (CAN): Towards Interpretable Diagnosis of Pulmonary Artery Hypertension Using Echocardiography. *J Adv Res*. 2024;63:103-15. doi: 10.1016/j.jare.2023.10.013.
49. DuBrock HM, Wagner TE, Carlson K, Carpenter CL, Awasthi S, Attia ZI, et al. An Electrocardiogram-Based AI Algorithm for Early Detection of Pulmonary Hypertension. *Eur Respir J*. 2024;64(1):2400192. doi: 10.1183/13993003.00192-2024.
50. Yuan N, Stein NR, Duffy C, Sandhu RK, Chugh SS, Chen PS, et al. Deep Learning Evaluation of Echocardiograms to Identify Occult Atrial Fibrillation. *NPJ Digit Med*. 2024;7(1):96. doi: 10.1038/s41746-024-01090-z.
51. Zhou X, Yang T, Ruan Y, Zhang Y, Liu X, Zhao Y, et al. Application of Neural Networks in Prenatal Diagnosis of Atrioventricular Septal Defect. *Transl Pediatr*. 2024;13(1):26-37. doi: 10.21037/tp-23-394.
52. Erno J, Gomes T, Baltimore C, Lineberger JP, Smith DH, Baker GH. Automated Identification of Patent Ductus Arteriosus Using a Computer Vision Model. *J Ultrasound Med*. 2023;42(12):2707-13. doi: 10.1002/jum.16305.
53. Betancur J, Commandeur F, Motlagh M, Sharir T, Einstein AJ, Bokhari S, et al. Deep Learning for Prediction of Obstructive Disease from Fast Myocardial Perfusion SPECT: A Multicenter Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(11):1654-63. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.01.020.
54. Papandrianos NI, Feleki A, Papageorgiou EI, Martini C. Deep Learning-Based Automated Diagnosis for Coronary Artery Disease Using SPECT-MPI Images. *J Clin Med*. 2022;11(13):3918. doi: 10.3390/jcm11133918.
55. Su TY, Chen JJ, Chen WS, Chang YH, Lu HH. Deep Learning for Myocardial Ischemia Auxiliary Diagnosis Using CZT SPECT Myocardial Perfusion Imaging. *J Chin Med Assoc*. 2023;86(1):122-30. doi: 10.1097/JCMA.0000000000000833.
56. Toth D, Miao S, Kurzendorfer T, Rinaldi CA, Liao R, Mansi T, et al. 3D/2D Model-to-Image Registration by Imitation Learning for Cardiac Procedures. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2018;13(8):1141-9. doi: 10.1007/s11548-018-1774-y.
57. Breininger K, Albarqouni S, Kurzendorfer T, Pfister M, Kowarschik M, Maier A. Intraoperative Stent Segmentation in X-Ray Fluoroscopy for Endovascular Aortic Repair. *Int J Comput Assist Radiol Surg*. 2018;13(8):1221-31. doi: 10.1007/s11548-018-1779-6.
58. Sadda P, Qarni T. Real-Time Medical Video Denoising with Deep Learning: Application to Angiography. *Int J Appl Inf Syst*. 2018;12(13):22-8. doi: 10.5120/ijais2018451755.
59. Luo Y, Ma Y, O' Brien H, Jiang K, Kohli V, Maidelin S, et al. Edge-Enhancement Densenet for X-Ray Fluoroscopy Image Denoising in Cardiac Electrophysiology Procedures. *Med Phys*. 2022;49(2):1262-75. doi: 10.1002/mp.15426.
60. Abdolmanafi A, Duong L, Dahdah N, Adib IR, Cheriet F. Characterization of Coronary Artery Pathological Formations from OCT Imaging Using Deep Learning. *Biomed Opt Express*. 2018;9(10):4936-60. doi: 10.1364/BOE.9.004936.
61. Abdolmanafi A, Cheriet F, Duong L, Ibrahim R, Dahdah N. An Automatic Diagnostic System of Coronary Artery Lesions in Kawasaki Disease Using Intravascular Optical Coherence Tomography Imaging. *J Biophotonics*. 2020;13(1):e201900112. doi: 10.1002/jbio.201900112.
62. Gessert N, Lutz M, Heyder M, Latus S, Leistner DM, Abdelwahed YS, et al. Automatic Plaque Detection in IVOCT Pullbacks Using Convolutional Neural Networks. *IEEE Trans Med Imaging*. 2019;38(2):426-34. doi: 10.1109/TMI.2018.2865659.



Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter

Tricuspid Valve: Anatomical Basis and Patient Selection Criteria for Transcatheter Structural Interventions

Alexandre Costa Souza,^{1,2} Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva,³ Alex dos Santos Felix⁴

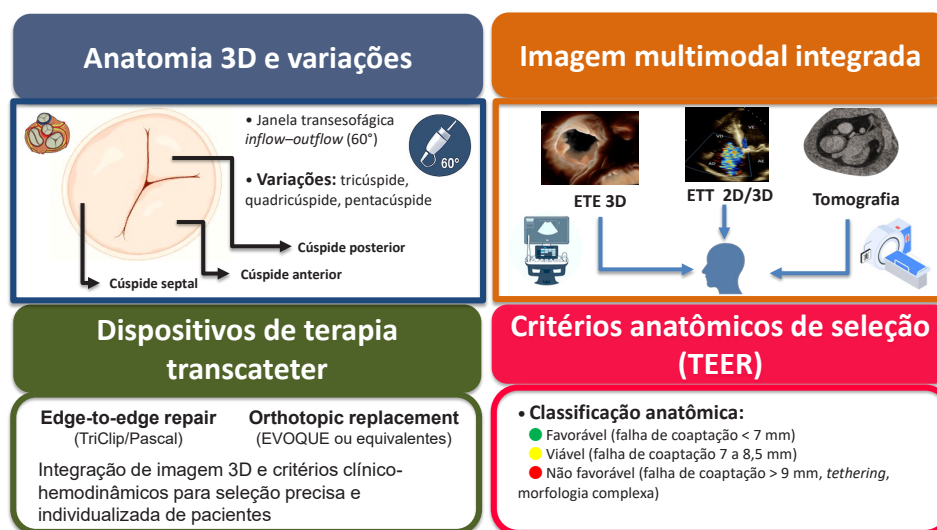
Hospital São Rafael/RedeD'Or,¹ Salvador, BA – Brasil

Instituto D'Or de Pesquisa e Ensino (IDOR),² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,³ São Paulo, SP – Brasil

Instituto Nacional de Cardiologia (INC),⁴ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Figura Central: Valva Tricúspide: Fundamentos Anatômicos e Critérios de Seleção de Pacientes para Intervenções Estruturais Transcateter



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250064

ETE: ecocardiograma transefágico; ETT: ecocardiograma transtorácico; RBBT: reparo borda a borda transcateter; 2D: bidimensional; 3D: tridimensional.

Resumo

A insuficiência tricúspide vem sendo reconhecida como entidade clínica relevante, com impacto direto na morbidade e mortalidade. Avanços recentes na imagem cardiovascular

Palavras-chave

Valva Tricúspide; Insuficiência da Valva Tricúspide; Ecocardiografia Tridimensional; Ecocardiografia Transefágica

Correspondência: Alexandre Costa Souza •

Hospital São Rafael – Ecocardiografia. Av. São Rafael, 2152. CEP: 41253-190, Salvador, BA – Brasil

E-mail: alexandrecoastahsr@gmail.com

Artigo recebido em 21/08/2025; revisado em 29/08/2025;

aceito em 29/08/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250064>

multimodal permitiram avaliação anatômica e funcional mais detalhada do aparelho tricúspide, orientando a indicação e o planejamento de intervenções transcateter. Revisar os fundamentos anatômicos da valva tricúspide e discutir critérios ecocardiográficos e clínicos para seleção de candidatos a terapias transcateter. Revisão narrativa sobre a variabilidade anatômica da valva tricúspide e de seu aparelho subvalvar, incorporando recomendações recentes de sociedades de ecocardiografia e evidências clínicas. Ênfase especial foi dada à ecocardiografia tridimensional, ao ecocardiograma transefágico e à tomografia computadorizada para caracterização morfológica e funcional da insuficiência tricúspide. Evidências contemporâneas demonstram que até 45% dos pacientes apresentam morfologias não clássicas (valvas quadricúspides ou pentacúspides), com repercussão na viabilidade e nos resultados do reparo borda a borda. A integração da ecocardiografia tridimensional aprimora a

acurácia na graduação da gravidade da regurgitação, possibilita mensuração precisa da área da vena contracta e auxilia na decisão quanto à escolha do dispositivo. Fatores clínicos como função ventricular direita, pressão sistólica da artéria pulmonar e presença de dispositivos intracardíacos também influenciam a seleção dos pacientes. A seleção adequada de candidatos para terapias transcater de valva tricúspide requer abordagem sistemática com uso integrado de métodos de imagem e parâmetros clínicos. A caracterização ecocardiográfica detalhada da morfologia dos folhetos, da falha de coaptação e da geometria do anel é fundamental para o planejamento do procedimento, escolha do dispositivo e previsão de desfechos.

Introdução

A valva tricúspide constitui um complexo anatômico-funcional que exerce papel fundamental para uma mecânica cardíaca adequada, influenciando a hemodinâmica em ambos os ventrículos. A nomenclatura “tricúspide” se dá pela descrição anatômica tradicional, composta pelas cúspides anterior, septal e posterior, muito embora saibamos que em até 45% dos casos podem ser bicúspides ou mesmo ter mais de três cúspides, com grande variabilidade anatômica.¹ A área valvar tricúspide normal varia entre 7 e 9 cm², sendo a valva anatomicamente mais inferior do coração. A posição mais apical em relação à valva mitral, associada à geometria elíptica e em forma de “sela” do anel valvar (*saddle-shaped*), além da proximidade de estruturas como o seio coronário e o feixe de His, impõem desafios particulares a procedimentos estruturais transcater, tornando a definição por métodos de imagem de extrema importância. Além da valva tricúspide, o complexo tricúspideo é composto pelo anel fibromuscular e aparelho subvalvar (cordoalhas tendíneas e músculos papilares), cuja interação dinâmica garante a correta coaptação valvar durante o ciclo cardíaco. Estudos de reconstrução tridimensional (3D), seja por ecocardiografia (ECO) 3D transtorácica ou transesofágica, ou mesmo por tomografia computadorizada, permitem a visualização mais detalhada das cúspides (visão *en face* pelo ECO 3D) e a mensuração precisa das dimensões valvares, reduzindo a subjetividade inerente às abordagens bidimensionais.^{1,2}

Complementando a visualização anatômica, a avaliação funcional da valva tricúspide é fundamental para o entendimento do mecanismo de disfunção, assim como para o planejamento da melhor opção terapêutica. A ECO 3D emergiu como ferramenta útil para este propósito, permitindo obter imagens volumétricas em tempo real, com o uso de técnicas específicas para quantificação de medidas e função do anel valvar. Além disso, possibilita a análise renderizada e realística das estruturas cardíacas, permitindo “navegar” livremente pelo *dataset*, obtendo cortes anatômicos que evidenciam a relação entre a valva, o aparato subvalvar e outras estruturas adjacentes.³ A medida direta da área da vena contracta (VC) ao ECO 3D eleva a precisão da quantificação da regurgitação tricúspide, superando limitações técnicas e erros de aferição dos métodos bidimensionais, por conseguir captar a geometria irregular do orifício regurgitante valvar e reduzir a necessidade de pressupostos geométricos.³ A integração de Doppler 3D permite também estimar com maior fidelidade o volume regurgitante por meio de técnicas como o raio da área de superfície isovelocidade proximal (PISA) 3D e avaliar alterações

dinâmicas do fluxo ao longo do ciclo cardíaco, conferindo maior consistência na graduação do refluxo e, consequentemente, suportando decisões terapêuticas mais precisas.⁴

O especialista em imagem cardiovascular deve dominar, de forma integrada, três pilares fundamentais na seleção de candidatos a intervenções percutâneas da valva tricúspide:

1. Morfologia valvar: variações anatômicas, que fogem ao padrão “tricúspide” clássico podem influenciar diretamente a escolha de dispositivos borda a borda (*edge-to-edge*), técnicas de anuloplastia ou próteses.
2. Quantificação precisa da gravidade da regurgitação, hoje com o benefício de métodos 3D para medir a área da VC, o volume regurgitante e avaliar jatos dinâmicos e múltiplos jatos, evitando subestimações que retardem o tratamento.
3. Perfil clínico-funcional do paciente, que inclui avaliação do ventrículo direito (VD), pressão sistólica de artéria pulmonar, presença de dispositivos intracardíacos e comorbidades que alteram a relação risco-benefício.

A conjunção desses elementos, obtidos por ECO convencional ou 3D, tomografia, ressonância magnética e correlações hemodinâmicas, orienta a definição do momento ideal, da estratégia mais apropriada e do prognóstico de cada paciente, alicerçando uma prática intervencionista segura e centrada na individualização para cada paciente.

Classificação de gravidade e correlação com a seleção do candidato

A quantificação da insuficiência tricúspide (IT) pode ser difícil por várias razões: múltiplos jatos regurgitantes, mudanças relacionadas à respiração ou condições de volemia. A caracterização da gravidade da IT depende de uma avaliação integrativa de múltiplos parâmetros.

As recomendações atuais da Associação Europeia de Imagem Cardiovascular (EACVI) e da Sociedade Americana de Ecocardiografia (ASE) sugerem o uso de parâmetros qualitativos, semiquantitativos e quantitativos para classificar a gravidade da IT em 3 graus.

A IT importante é definida por:

- Parâmetros qualitativos: Cúspides com uma grande falha de coaptação, sinal denso ao Doppler contínuo, frequentemente triangular com pico precoce
- Parâmetros semiquantitativos: Padrão de fluxo sistólico reverso na veia hepática, uma onda E dominante (≥ 1 m/s), raio da PISA > 9 mm, largura da VC > 7 mm
- Parâmetros quantitativos: Área de orifício regurgitante efetivo (ERO) ≥ 40 mm², volume regurgitante ≥ 45 ml ou uma fração regurgitante $\geq 50\%$.

Mais recentemente, um esquema de classificação em 5 graus foi proposto por Hahn et al., adicionado os padrões de IT massiva e torrencial: IT massiva (VC: 14 a 20 mm, ERO: 60 a 79 mm², área da VC 3D 95 a 114 mm²) e IT torrencial (VC: ≥ 21 mm, ERO ≥ 80 mm², área da VC 3D ≥ 115 mm²). Esta classificação demonstrou melhor estratificação de risco de pacientes com IT antes e depois da intervenção percutânea da válvula tricúspide^{5,6} (Tabela 1).

Artigo de Revisão

Tabela 1 – Critérios ecocardiográficos para graduação da insuficiência tricúspide

	Discreta	Moderada	Importante	Massiva	Torrencial
Avaliação 2D (Semiquantitativa)					
Vena contracta, mm	< 3	3 a 6,9	7 a 13,9	14 a 20,9	≥ 21
Raio da PISA, mm	≤ 5,4	5,5 a 8,9	≥ 9	≥ 9	≥ 9
Fluxo da veia hepática	Predominante sistólico	Atenuação sistólica	Fluxo sistólico reverso	Fluxo sistólico reverso	Fluxo sistólico reverso
Influxo tricúspide	Onda A dominante	Variável	Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s)	Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s)	Onda E dominante (velocidade ≥ 1 m/s)
Avaliação 2D (Quantitativa)					
ERO, mm ²	< 20	20 a 39	40 a 59	60 a 79	≥ 80
Volume regurgitante, mL	< 30	30 a 44	45 a 59	60 a 74	≥ 75
Fração regurgitante	< 15%	16% a 49%	≥ 50%	≥ 50%	≥ 50%
ERO pelo Doppler quantitativo, mm ²	–	–	75 a 94,9	95 a 114,9	≥ 115
Avaliação 3D					
Área da vena contracta, mm ²	–	–	75 a 94,9	95 a 114,9	≥ 115

Adaptado de Badano et al.⁵ ERO: orifício regurgitante efetivo; PISA: área de superfície isovelocidade proximal; 2D: bidimensional; 3D: tridimensional.

O ecocardiograma transesofágico (ETE) tornou-se também parte integrante da avaliação de candidatos a terapias transcaterter da valva tricúspide, complementando as informações fornecidas pelo ecocardiograma transtorácico (ETT). Enquanto o ETT permite quantificar de maneira inicial o grau de insuficiência e mensurar parâmetros funcionais, o ETE, especialmente em sua versão 3D, oferece resolução espacial muito superior, o que possibilita caracterizar com precisão tanto a etiologia (primária, funcional ou relacionada a dispositivo cardíaco implantável) quanto a morfologia dos folhetos e das comissuras. Essa definição anatômica mais detalhada facilita a confirmação do grau de gravidade da regurgitação, sobretudo em situações de múltiplos jatos ou de variabilidade hemodinâmica relacionada à volemia e à respiração. Por meio do ETE, também é possível mensurar com exatidão a falha valvar e avaliar a relação da valva tricúspide com estruturas adjacentes, particularmente fios de dispositivos cardíacos eletrônicos implantáveis (DCEI), informação fundamental para a seleção do dispositivo transcaterter (clipes borda a borda versus próteses ortotópicas) e para definir seu posicionamento e diâmetro adequados. Além disso, ao fornecer imagens em tempo real durante o planejamento e a execução do procedimento, o ETE orienta o alinhamento preciso dos braços do clipe ou o assentamento da prótese, contribuindo para reduzir complicações mecânicas e melhorar a eficácia da intervenção. Dessa forma, a incorporação do ETE ao protocolo de avaliação do *heart team* expande significativamente a segurança, a acurácia e o sucesso clínico das terapias transcaterter da valva tricúspide.

O ETE 3D aprimora a avaliação anatômica e funcional da valva tricúspide, permitindo reconstruções volumétricas do aparelho valvar e a visualização em tempo real de sua dinâmica ao longo de todo o ciclo cardíaco. Essa precisão 3D orienta a escolha do ponto ideal de captura no procedimento borda a borda e contribui para determinar o tamanho adequado da prótese ortotópica, reduzindo o risco de *oversizing*. Adicionalmente, o ETE 3D facilita o acompanhamento intraprocedimento do posicionamento dos dispositivos, permitindo ajustes imediatos na angulação e profundidade de implantação, o que se traduz em maior eficácia e redução de complicações periprocedimento.

Anatomia e relações do complexo valvar tricúspide

Estudos recentes de ETE 3D propuseram um sistema de classificação morfológica capaz de refletir a variabilidade real dos folhetos tricúspides e orientar o planejamento intervencionista. Hahn et al. identificaram seis configurações valvares distintas (Figura 1) desde o padrão clássico de três folhetos (tipo I) até variantes quadricúspides com folhetos adicionais anterior (IIIA), posterior (IIIB) ou septal (IIIC), passando por formas bicúspides (tipo II) e mesmo pentacúspides (tipo IV) e demonstraram que menos de 55% dos pacientes exibem o arranjo tricúspide habitual, sendo o tipo IIIB (dois folhetos posteriores) o subtipo mais prevalente entre os quadricúspides. Essa nomenclatura padronizada não apenas facilita a comunicação entre equipes de imagem e intervencionistas, mas também realça a necessidade de protocolos 3D dedicados para mapeamento *en face* e

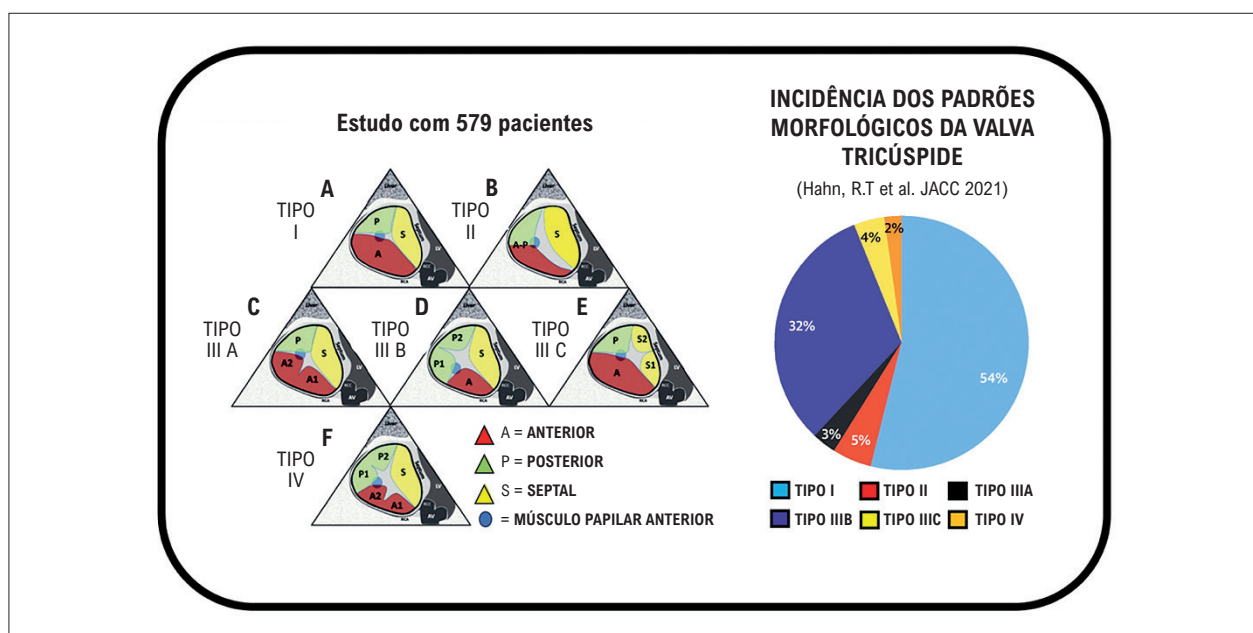


Figura 1 – Nomenclatura ecocardiográfica padronizada dos folhetos da válvula tricúspide. Adaptado de Hahn et al.⁶

avaliação precisa da morfologia valvar antes de qualquer tentativa de intervenção transcaterter.⁶

Nesse contexto, a descrição do subtipo morfológico deixa de ser exercício taxonômico e passa a ter impacto operacional direto sobre a estratégia de reparo *edge to edge* (T-TEER). Quanto maior a complexidade anatômica, sobretudo em valvas quadricúspides e pentacúspides em que incisões superiores a 10 mm definem comissuras verdadeiras e podem existir folhetos duplicados em posições críticas, torna-se mais difícil alinhar os braços do clipe, garantir coaptação adequada e evitar regurgitação residual significativa. Estudos multicêntricos indicam que valvas com quatro ou mais folhetos exibem maior IT residual após o procedimento, pois a escolha de pontos de clipagem seguros, o número de cliques necessários e o risco de tensionamento desigual dos folhetos variam conforme o padrão morfológico. Assim, a nova classificação morfológica proposta orienta decisões táticas desde a seleção de candidatos até o planejamento do trajeto do cateter e do número de cliques a serem utilizados, o que aumenta a probabilidade de um T-TEER tecnicamente bem-sucedido.⁶⁻⁸

Dados retrospectivos multicêntricos reforçam essa relação entre anatomia e eficácia do reparo *edge to edge*. Em coorte de 145 pacientes submetidos ao T-TEER, Sugiyama et al. identificaram configuração com quatro folhetos em 29% dos casos e demonstraram que essa morfologia elevou em 2,6 vezes a probabilidade de regurgitação tricúspide residual $\geq$ moderada (TR $\geq$ 3+) mesmo após ajuste para gravidade basal, largura da falha de coaptação e localização do jato. Além disso, a presença de IT $\geq$ 3+ aos 30 dias dobrou o risco combinado de mortalidade ou hospitalização por insuficiência cardíaca em um ano (56,1% versus 27,7%), evidenciando que reduzir a regurgitação abaixo de moderada é determinante para o prognóstico. O estudo também propôs avaliação sequencial que combina morfologia, falha de coaptação > 7 mm e

jatos não centrais, identificando subgrupos com até 45% de IT residual $\geq$ moderada aos 30 dias, marcador de desfecho clínico adverso. Esses achados complementam a classificação de Hahn ao fornecer dados prognósticos claros, apoiando a seleção criteriosa de pacientes e, quando necessário, a consideração de abordagens alternativas como anuloplastia ou substituição valvar, no caso de morfologias mais complexas.^{6,8}

Técnicas de imagem para seleção de candidatos e planejamento de intervenções percutâneas da válvula tricúspide

A avaliação ecocardiográfica deve incluir a janela *transgastric short-axis view*, adquirida no plano transgástrico profundo com rotação de aproximadamente 30° a 50°. Nessa janela, a válvula tricúspide é visualizada *en face* e a aorta situa-se às 5 h, fornecendo ao intervencionista referência anatômica direta para inspecionar a linha de coaptação, estimar *tethering*, classificar a morfologia e identificar as comissuras.⁶

Para o estudo volumétrico 3D, duas reconstruções 3D são particularmente úteis. A *surgeon's view* (aorta às 11 h) deriva de aquisição no esôfago médio e utiliza o septo interatrial e a aorta como marcos anatômicos. A *interventionalist's view*, gerada a partir da mesma aquisição 3D e com rotação da aorta para a posição de 5 h, reproduz a orientação da janela transgástrica e, portanto, coincide com a perspectiva fluoroscópica no laboratório de hemodinâmica. A equivalência entre *transgastric* e *interventionalist view* padroniza o sentido horário e anti-horário dos folhetos, reduzindo erros de orientação intraprocedimento e na avaliação anatômica do candidato a dispositivos dedicados (Figura 2).

A reconstrução 3D do anel tricúspide, complementada pela tomografia cardíaca, permite confirmar diâmetros, área e perímetro do anel, avaliar a relação com a artéria

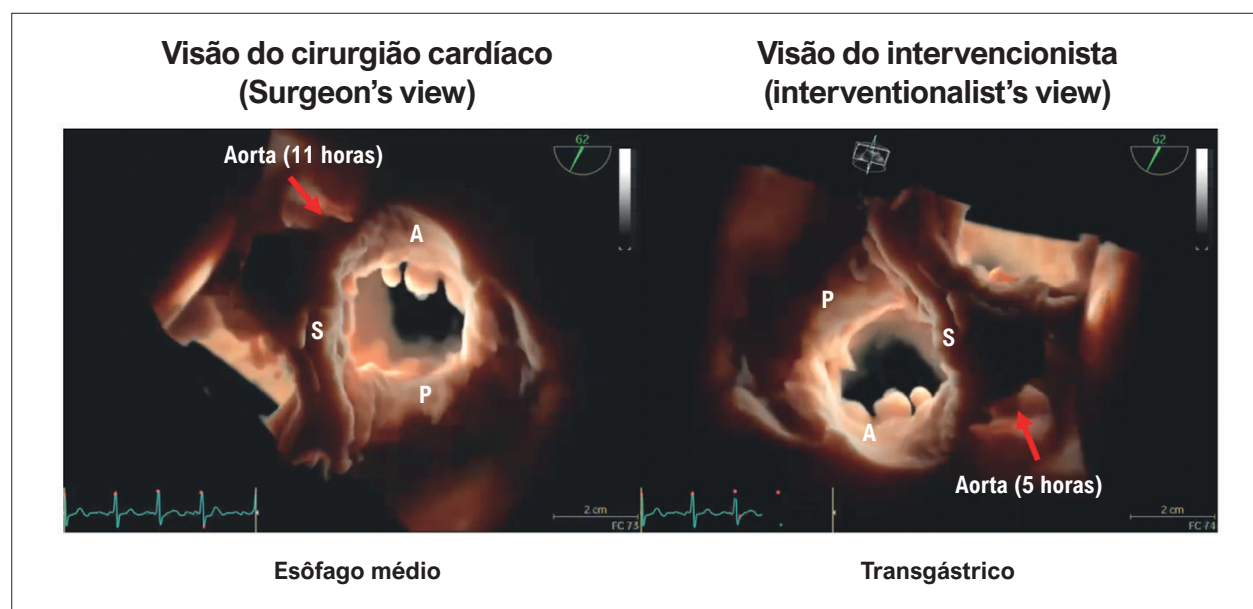


Figura 2 – Reconstruções tridimensionais da valva tricúspide com aplicação do recurso de transluminescência em ecocardiografia transesofágica tridimensional, destacando duas orientações complementares. À esquerda, a surgeon's view exibe a valva em face com a aorta posicionada às 11 horas, replicando a perspectiva operatória. À direita, a interventionalist's view resulta da rotação do volume tridimensional para posicionar a aorta às 5 horas, correspondendo à visualização fluoroscópica no laboratório de hemodinâmica. As cúspides anterior, posterior e septal estão delimitadas em ambas as projeções. A: anterior; P: posterior; S: septal.

coronária direita e definir projeções fluoroscópicas ideais, encerrando o ciclo de seleção e planejamento guiado por imagem multimodal.

Complementando as vistas transgástricas e as reconstruções 3D *surgeon* e *interventionalist* descritas acima, a janela ecocardiográfica *inflow-outflow* do VD, adquirida no esôfago médio a cerca de 60° com anteriorização progressiva da sonda até abranger simultaneamente a via de entrada (folhetos septal e anterior) e a via de saída (trato de saída do VD e valva pulmonar), fornece uma visão longitudinal relevante para a seleção de candidatos à intervenção transcatereter da valva tricúspide. Nessa projeção é possível mensurar o ângulo entre o anel tricúspide e o trajeto do cateter, estimando a coaxialidade de sistemas de RBBT; avaliar o grau de *tethering* do folheto anterior, parâmetro decisivo para elegibilidade sem sobreposição do folheto posterior; e delinear o curso da artéria coronária direita, bem como a posição de eletrodos intracavitários em relação ao anel, reduzindo o risco de conflito com dispositivos implantados. Durante o procedimento, a mesma vista atua como guia dinâmico para o intervencionista, permitindo ajustes finos na rotação do clipe ou do sistema de substituição ortotópica, monitorando a coaptação dos folhetos em tempo real e confirmando que o dispositivo não invada o trato de saída do VD nem distorça a valva pulmonar. Dessa forma, a projeção *inflow-outflow* conecta a caracterização anatômica pré-procedimento ao *feedback* intraprocedimento, aumentando a precisão na navegação, ancoragem e verificação imediata dos resultados hemodinâmicos.

De forma ilustrativa para um melhor entendimento da janela ecocardiográfica *inflow-outflow* no esôfago médio a 60° e dos planos de corte relacionados ao mesmo, a cúspide

anterior será representada com a cor roxa, a cúspide septal em verde e a cúspide posterior em amarelo. Nessa janela a cúspide anterior se apresentará na posição mais próxima à valva aórtica com a cúspide posterior em posição oposta. Ao adicionar a tecnologia biplanar como o X-plane (Philips) ou Multi-D (GE) é possível a aquisição de um corte ortogonal com o plano de análise sendo direcionado tanto para a cúspide anterior quanto para a posterior. Na Figura 3 pode-se observar o corte biplanar a partir da cúspide anterior, com a formação de uma imagem simultânea correspondente à janela apical 4 câmaras invertida com o VD à esquerda e o ventrículo esquerdo à direita. Se o óstio do seio coronário ou o septo interventricular forem visibilizados, é mais provável que a cúspide adjacente seja a cúspide septal. A cúspide anterior se apresentará na imagem biplanar em posição mais distal ao transdutor.

Na Figura 4 pode-se observar o corte biplanar, porém, a partir da cúspide posterior. A cúspide septal nesse caso se apresentará mais próxima ao seio coronário e a cúspide posterior em posição mais distal ao transdutor.

Na Figura 5, ao adicionar um plano de análise 3D com a valva tricúspide em posição aberta e fechada, com o corte biplanar em posição ortogonal à cúspide anterior, evidencia-se de forma clara e precisa a correlação entre os planos ecocardiográficos e, desta maneira, o correto entendimento espacial das cúspides analisadas sem a necessidade, às vezes falha, de memorizar ou inferir a posição de cada um dos componentes da valva tricúspide.

A janela transgástrica fornece uma visão de eixo curto que integra o plano valvar tricúspide com suas cúspides septal,

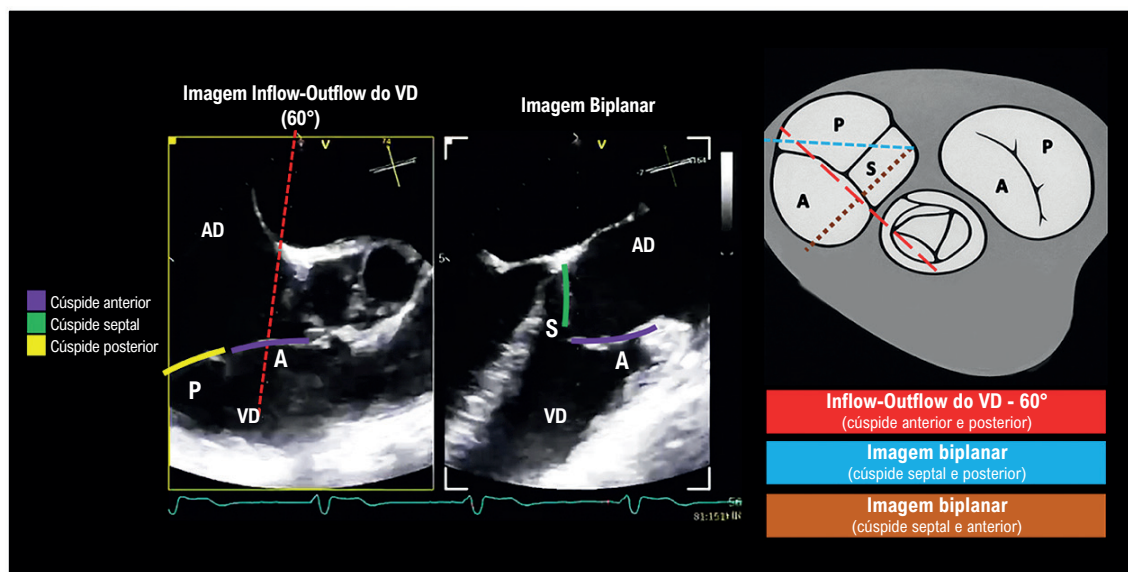


Figura 3 – Representação ecocardiográfica da valva tricúspide na janela transesofágica inflow–outflow do ventrículo direito, com complementaridade pelo modo biplanar. À esquerda, a imagem obtida a 60° mostra as cúspides anterior e posterior, útil na seleção de candidatos a terapias transcater. Ao centro, o modo biplanar permite a avaliação simultânea do plano ortogonal, identificando a cúspide septal em combinação com a cúspide anterior. À direita, diagrama esquemático relacionando os planos de corte ecocardiográficos com as cúspides correspondentes, indicando os diferentes pares de folhetos visualizados conforme o ângulo e a orientação do transdutor. A: anterior; AD: átrio direito; P: posterior; S: septal; VD: ventrículo direito.

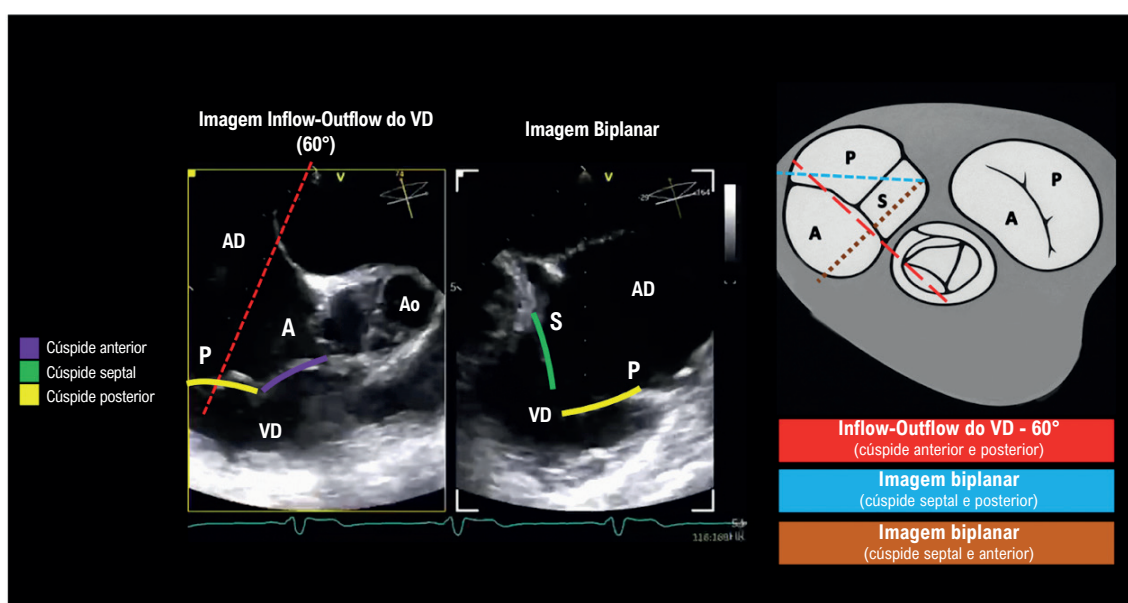


Figura 4 – Imagem da via de entrada-via de saída do ventrículo direito (inflow-outflow) no plano a 60° com o corte ortogonal a partir da cúspide posterior com a imagem concomitante das cúspides anterior e posterior e em paralelo das cúspides septal e posterior, permitindo um melhor detalhamento anatômico da valva tricúspide. A: anterior; AD: átrio direito; Ao: aorta; P: posterior; S: septal; VD: ventrículo direito.

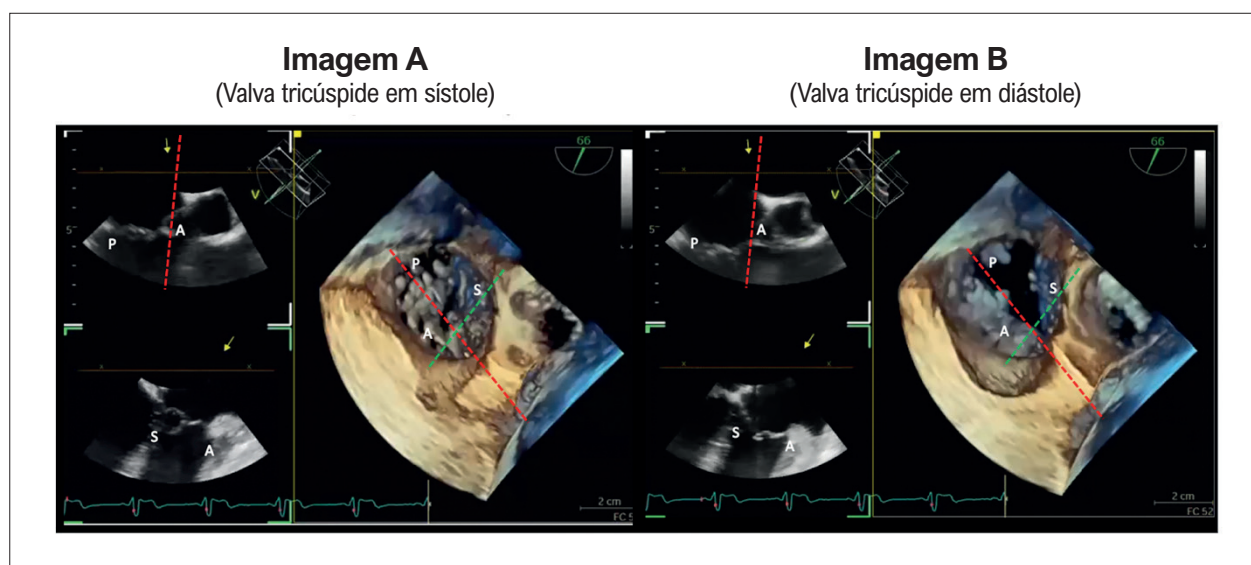


Figura 5 – Ecocardiograma transesofágico tridimensional. Avaliação da valva tricúspide com reconstrução biplanar nas fases de sístole (Imagem A) e diástole (Imagem B), orientada segundo a interventionalist's view, com a aorta posicionada às 5 horas. As imagens centrais apresentam reconstrução volumétrica, exibindo a valva em face. As linhas tracejadas indicam os planos ortogonais utilizados para análise multiplanar. À esquerda de cada bloco, os cortes bidimensionais correspondem ao plano inflow-outflow (superior), destacando as cúspides anterior e posterior, e ao plano ortogonal (inferior), evidenciando a cúspide anterior em relação à cúspide septal. A comparação entre as fases do ciclo cardíaco permite avaliar a dinâmica de abertura e coaptação dos folhetos. A: anterior; P: posterior; S: septal.

anterior e posterior e a cavidade ventricular direita, permitindo mensurar a falha entre folhetos, caracterizar a morfologia e quantificar o *tethering* sem pressupostos geométricos. Essa perspectiva também facilita a identificação de fendas residuais, oferecendo informações fundamentais para o planejamento de estratégia transcaterter, como demonstrado na Figura 6.

Partindo desta base anatômica, em candidatos a RBBT a janela transgástrica exibe, *en face*, todas as cúspides, orientando o ponto ideal de *grasping* e assegurando a coaxialidade do clipe em relação ao septo interventricular. Essa orientação perpendicular ao plano de coaptação maximiza a área de coaptação e reduz a tensão nos folhetos; o clipe só é liberado após confirmação da captura adequada das bordas, o que contribui para a reprodutibilidade técnica e o sucesso do procedimento.

Para o implante de próteses ortotópicas, a janela transgástrica permite mensurar diretamente o diâmetro do anel tricúspide, orientando a seleção do tamanho adequado da prótese e seu alinhamento ao longo do eixo aorto-tricúspide. Durante o procedimento, o monitoramento em tempo real possibilita ajustes precisos de angulação e profundidade do dispositivo, reduzindo o risco de contato indesejado com estruturas adjacentes e assegurando posição estável da prótese.

Critérios de elegibilidade para intervenção transcaterter

O Consórcio Acadêmico da Válvula Tricúspide (TVARC) em sua mais recente publicação define os critérios necessários para que o implante de um dispositivo transcaterter seja considerado um implante bem sucedido.⁹

- Ausência de estenose tricúspide significativa (área da valva tricúspide $\geq 1,5 \text{ cm}^2$ ou sua área indexada $\geq 0,9 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ [$\geq 0,75$ se índice de massa corporal $> 30 \text{ kg/m}^2$])
- Índice Doppler (VTI) $< 2,2$
- Gradiente transvalvar médio $< 5 \text{ mmHg}$
- Redução da IT total para níveis considerados como ótimos (IT residual discreta $\leq 1+$) ou aceitáveis (IT residual discreta $\leq 2+$)

Vários estudos demonstraram piores desfechos em pacientes com maior gravidade da IT residual. De acordo com o consenso atual, a elegibilidade para reparo transcaterter é classificada em 3 grupos anatômicos: favorável, viável e não favorável. Essa categorização advém de dados ecocardiográficos avaliados que demonstram uma maior ou menor possibilidade de sucesso terapêutico do procedimento e são apresentados na Tabela 2.¹⁰ Com o desenvolvimento de novos dispositivos e melhorias em sua estrutura, os parâmetros de factibilidade tendem a se expandir ao longo do tempo.

Reparo borda a borda (T- TEER - Tricuspid transcatheter edge-to-edge repair)

T-TEER é uma técnica de reparo da válvula tricúspide por cateter que reduz a IT ao restaurar a coaptação através da aproximação das cúspides, o que indiretamente reduz ou estabiliza o anel valvar. T-TEER é o reparo transcaterter atualmente mais realizado da válvula tricúspide. Pode ser realizado com TriClip (Abbott) ou Pascal (Edwards Lifesciences), dois sistemas orientáveis que utilizam uma

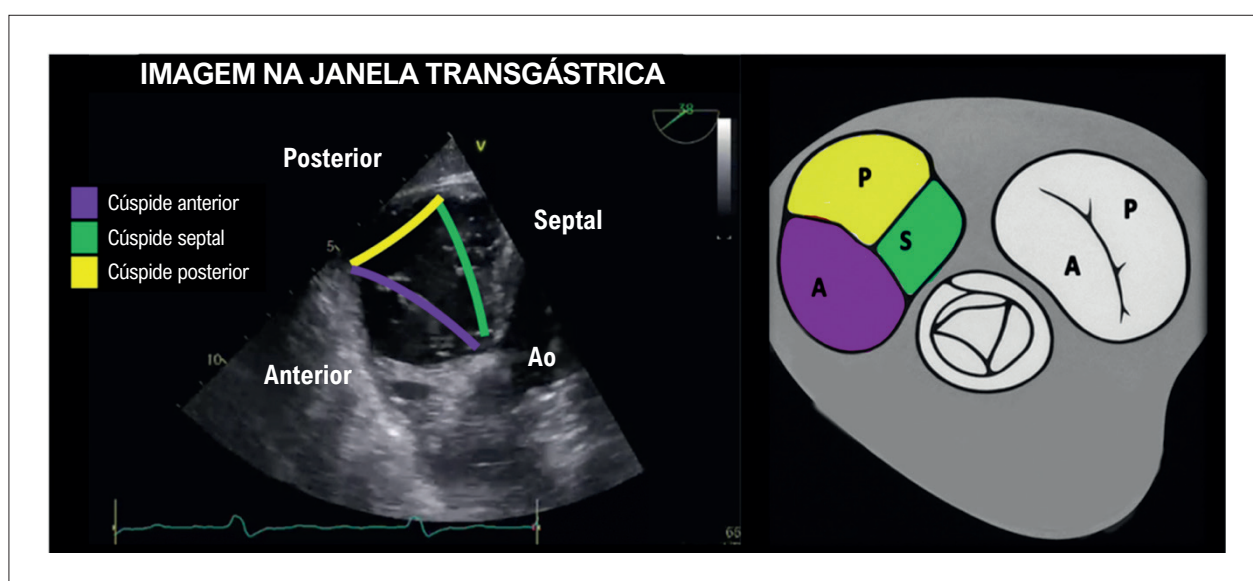


Figura 6 – Visão transgástrica bidimensional de ecocardiograma transesofágico em corte de eixo curto (ângulo de insonação de 30°), demonstrando a valva tricúspide em posição anterior ao plano aórtico. Nota-se a morfologia dos folhetos tricúspides, com coaptação completa em diástole, e o contorno da raiz aórtica logo acima do plano valvar. A: anterior; Ao: aorta; P: posterior; S: septal.

Tabela 2 – Critérios ecocardiográficos de elegibilidade para reparo percutâneo borda a borda da valva tricúspide (TriClip)

	Reparo por dispositivo transcater (TriClip)		
	Favorável	Factível/viável	Não favorável
Morfologia valvar	3 cúspides	Morfologia não tricúspide	Morfologia não tricúspide com complexo valvar e subvalvar espessados
Falha de coaptação	< 7 mm	7 a 8,5 mm	> 8,5 mm
Cúspides	Comprimento normal das cúspides (≥ 7 mm), mobilidade normal, sem flail ou tethering	IT primária com flail gap (< 10 mm), IT secundária com altura do tethering < 9 mm	IT primária com flail gap (≥ 10 mm); cúspides curtas (< 7 mm) ou espessadas, perfuradas; IT secundária com altura do tethering ≥ 9 mm ou área do tenting $> 2,1$ cm ²
Localização do jato	Central e dentro da comissura anteroseptal	Central mas não dentro da comissura anteroseptal	IT massiva, torrencial, muito excêntrica ou multicomissural
Eletrodos de MP	Sem eletrodos	Eletrodos que não participam da IT	Eletrodos que causam impingement
Janelas	Janelas ecocardiográficas transesofágicas excelentes	Janelas adequadas com ecocardiograma transesofágico ou intracardiaco	Janelas inadequadas
Remodelamento do VD	Normal ou discretamente dilatado ou disfuncional	Moderada dilatação ou disfunção	Severa dilatação ou disfunção (FEVE $< 45\%$ na ECO 3D ou RNM)
Hemodinâmica pulmonar	PSAP normal, GTP normal, TAPSE/PSAP $> 0,41$	PSAP ≤ 60 a 65 mmHg, RVP ≤ 4 UW, PMAP ≤ 30 mmHg, GTP ≤ 17 mmHg	PSAP > 60 a 65 mmHg, RVP > 4 UW, PMAP > 30 mmHg, GTP > 17 mmHg, TAPSE/PSAP $\leq 0,41$

Adaptado de Hungerford et al.¹¹ ECO 3D: ecocardiograma tridimensional; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; GTP: gradiente transpulmonar; IT: insuficiência tricúspide; MP: marcapasso; PMAP: pressão média de artéria pulmonar; PSAP: pressão sistólica de artéria pulmonar; RNM: ressonância nuclear magnética; RVP: resistência vascular pulmonar; TAPSE: excursão sistólica do anel tricúspide; UW: unidades Wood.

abordagem transvenosa transfemoral para restaurar a coaptação da válvula tricúspide com um dispositivo de clipamento valvular.

Na maioria dos estudos de TEER, o sucesso do procedimento é definido como uma redução da IT para $\leq$ moderada ou 2+. Neste contexto, os preditores de sucesso foram identificados em vários pequenos estudos e incluem o seguinte:

- Localização do jato
- Tamanho da falha de coaptação
- Morfologia das valvas (número de folhetos)
- Espessura ou calcificação das válvulas
- Mobilidade valvar
- Complexidade do aparato subvalvular
- Gravidade da IT
- Razão entre a válvula e o anel
- Localização e extensão da IT relacionada ao DCEI
- Altura de tenting
- Volume do apêndice atrial esquerdo.

Falhas de coaptação muito grandes, IT torrencial, valvas marcadamente espessadas ou imóveis e IT relacionada aos DCEI onde o dispositivo está aderente aos folhetos ou ao aparato subvalvar podem ser contraindicações relativas para o uso desta tecnologia. Além disso, a correta e adequada visualização dos folhetos durante o procedimento, através do uso de ETE (com ou sem imagem ecocardiográfica intracardiaca adjunta), também é um pré-requisito técnico importante para o planejamento da intervenção.

TTVR (Transcatheter tricuspid valve replacement)

A TTVR envolve a inserção de uma bioprótese através de uma abordagem transcatheter transvenosa. A TTVR pode ser ortotópica ou heterotópica, sendo esta última frequentemente utilizada como um procedimento paliativo em pacientes que não podem se submeter a T-TEER ou TTVR ortotópica para aliviar a congestão venosa sistêmica. Os requisitos anatômicos para TTVR estão principalmente relacionados à capacidade de posicionar o dispositivo dentro do plano anular e ao mecanismo de ancoragem. Assim, diferentes dispositivos terão diferentes restrições anatômicas. Os implantes iniciais de TTVR foram por meio da implantação de prótese expansível por balão dentro de uma prótese valvar cirúrgica ou em um anel protético. Devido à crescente demanda por implantes em doença valvar nativa, houve uma melhora progressiva dos dispositivos, além da otimização dos acessos que atualmente são via transfemoral ou transjugular. Ao contrário dos dispositivos T-TEER, grandes falhas de coaptação, IT torrencial, morfologias complexas, cúspides acentuadamente espessadas ou imóveis e IT relacionada a DCEI não são, tipicamente, critérios de exclusão. Para estes dispositivos, os principais determinantes de factibilidade são o tamanho dos dispositivos atuais, assim como a capacidade de direcionar o dispositivo de forma a obter uma trajetória de implantação coaxial, em grande

parte determinada pelo próprio tamanho do dispositivo de implante e pelo espaço disponível do átrio direito. Embora também tenha sido descrito para T-TEER, a mudança aguda da pré- e pós-carga do VD e a ocorrência de desacoplamento ventricular podem levar à falência do ventrículo esquerdo após a redução da IT massiva e torrencial, e devem ser uma preocupação para a TTVR, uma vez que IT $\leq$ discreta pode ser alcançada em $> 90\%$ dos pacientes.

Na Tabela 3 são apresentadas as principais considerações anatômicas e ecocardiográficas que devem ser avaliadas para o uso apropriado ou não de cada um destes tipos de implante, sabendo que esses critérios apresentam constante alteração pela evolução tecnológica das próteses.

Inovações e perspectivas futuras

A tendência de expansão das intervenções percutâneas na valva tricúspide reflete tanto os avanços tecnológicos quanto a crescente demanda por alternativas menos invasivas em pacientes com regurgitação significativa. Espera-se que esse crescimento seja favorecido pela redução das complicações associadas à cirurgia convencional, pelo aumento da familiaridade das equipes multiprofissionais com a anatomia valvar e pelo aprimoramento das técnicas de imagem utilizadas na avaliação pré-procedimento.

Nesse contexto, a seleção adequada do candidato requer uma análise integrada do perfil clínico e anatômico, considerando aspectos como idade, comorbidades, grau de disfunção ventricular direita e tolerância à anticoagulação ou ao uso de contraste, além das características estruturais da valva, como as dimensões do anel, grau de *tethering*, extensão da coaptação e número e integridade dos folhetos. Também devem ser levadas em conta as particularidades de cada dispositivo, incluindo a compatibilidade com o anel tricúspide, a viabilidade do acesso vascular e a complexidade técnica envolvida em sua implantação. Essa abordagem sistematizada contribui para a definição da estratégia terapêutica mais apropriada a cada perfil clínico-anatômico.

Nas próximas fases, prevê-se a introdução e expansão no Brasil de novos dispositivos de substituição transcatheter, como o EVOQUE (Edwards Lifesciences), já aprovado na Europa (CE Mark em outubro de 2023) e recentemente autorizado pela FDA nos Estados Unidos em fevereiro de 2024. Com design autoexpansível, múltiplos tamanhos e liberação transfemoral, o EVOQUE representa uma alternativa viável para casos com anatomia desfavorável ao RBBT.

Embora os resultados iniciais do estudo pivotal TRISCEND II indiquem redução do grau de regurgitação tricúspide e melhora funcional com o implante da prótese EVOQUE, será necessário monitorar o desempenho do dispositivo quanto à segurança, durabilidade e desfechos clínicos em populações locais. A eventual incorporação da tecnologia no cenário brasileiro deverá ser acompanhada por programas de capacitação e por protocolos estruturados de avaliação, a fim de assegurar sua aplicação adequada às realidades clínicas e institucionais.¹³

Tabela 3 – Considerações anatômicas, técnicas e clínicas para seleção entre estratégias percutâneas de reparo borda a borda (TEER) e substituição valvar ortotópica na abordagem da insuficiência tricúspide

	Reparo borda a borda (TEER)	Substituição ortotópica
Considerações anatômicas da valva tricúspide		
Flail ou prolapso	Uso apropriado	Uso apropriado
IT relacionado a DCEI	Uso não apropriado ou com cautela	Uso apropriado
Sem alternativa de estimulação possível (em caso de disfunção do marcapasso ou impossibilidade de implante)	Uso com cautela	Uso não apropriado ou com cautela
Falha de coaptação > 10 mm	Uso não apropriado ou com cautela	Uso apropriado
Tethering > 10 mm	Uso não apropriado ou com cautela	Uso apropriado
> 3 cúspides	Uso com cautela	Uso apropriado
Cúspides espessados, curtas ou com imobilidade	Uso não apropriado	Uso apropriado
IT torrencial	Uso com cautela	Uso apropriado
Considerações relacionadas especificamente ao dispositivo		
Anel valvar largo	Uso apropriado	Uso com cautela
Cavidade ventricular direita pequena	Uso apropriado	Uso com cautela
Disfunção sistólica do VD	Uso com cautela	Uso não apropriado ou com cautela
Acesso ou trajetória subótima	Uso não apropriado ou com cautela	Uso não apropriado ou com cautela
Outras considerações		
Contraindicação para anticoagulação ou alto risco de sangramento	Uso apropriado	Uso não apropriado ou com cautela
Ecocardiograma transesofágica com imagens inadequadas	Uso não apropriado ou com cautela	Uso com cautela

Adaptado de Madhavan et al.¹² DCEI: dispositivo cardíaco eletrônico implantável; IT: insuficiência tricúspide; VD: ventrículo direito.

Conclusão

A adequada seleção de candidatos à intervenção percutânea na valva tricúspide requer uma abordagem ecocardiográfica sistematizada, centrada na análise funcional e morfológica do complexo valvar e suas estruturas adjacentes. A caracterização da anatomia dos folhetos, a identificação de pontos de coaptação efetiva, a quantificação do grau de *tethering* e a avaliação das dimensões do anel são etapas importantes para definir a viabilidade técnica e a expectativa de benefício clínico. O uso integrado de janelas multiplanares e reconstruções 3D, quando disponíveis, potencializa a acurácia diagnóstica e contribui para o planejamento individualizado da estratégia terapêutica. Dessa forma, a avaliação ecocardiográfica torna-se não apenas um instrumento diagnóstico, mas uma etapa relevante no processo decisório em terapias transcater da valva tricúspide.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Souza AC. Obtenção de dados: Souza AC. Análise e interpretação dos dados:

Silva H. Redação do manuscrito: Souza AC, Silva H. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Felix AS.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Dahou A, Levin D, Reisman M, Hahn RT. Anatomy and Physiology of the Tricuspid Valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(3):458-68. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.07.032.
2. Pena JLB, Vieira MLC, editors. *Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular*. Rio de Janeiro: Thieme Revinter; 2021.
3. Muraru D, Hahn RT, Soliman OI, Faletta FF, Basso C, Badano LP. 3-Dimensional Echocardiography in Imaging the Tricuspid Valve. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2019;12(3):500-15. doi: 10.1016/j.jcmg.2018.10.035.
4. Jost ZT, Nooli NP, Ali AE, Jaganathan V, Nanda NC. Three-Dimensional Echocardiography of the Tricuspid Valve. *Front Cardiovasc Med*. 2023;10:1114715. doi: 10.3389/fcvm.2023.1114715.
5. Badano LP, Tomaselli M, Muraru D, Gallo X, Li CH, Marsan NA. Advances in the Assessment of Patients with Tricuspid Regurgitation: A State-of-the-Art Review on the Echocardiographic Evaluation Before and After Tricuspid Valve Interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(11):1083-102. doi: 10.1016/j.echo.2024.07.008.
6. Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, Hamid N, Kitamura M, Bae R, et al. Proposal for a Standard Echocardiographic Tricuspid Valve Nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(7):1299-305. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.01.012.
7. Stankovic I, Daraban AM, Jasaityte R, Neskovic AN, Claus P, Voigt JU. Incremental Value of the en Face View of the Tricuspid Valve by Two-Dimensional and Three-Dimensional Echocardiography for Accurate Identification of Tricuspid Valve Leaflets. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(4):376-84. doi: 10.1016/j.echo.2013.12.017.
8. Sugiura A, Tanaka T, Kavsar R, Öztürk C, Vogelhuber J, Wilde N, et al. Leaflet Configuration and Residual Tricuspid Regurgitation after Transcatheter Edge-to-Edge Tricuspid Repair. *JACC Cardiovasc Interv*. 2021;14(20):2260-70. doi: 10.1016/j.jcin.2021.07.048.
9. Hahn RT, Lawlor MK, Davidson CJ, Badhwar V, Sannino A, Spitzer E, et al. Tricuspid Valve Academic Research Consortium Definitions for Tricuspid Regurgitation and Trial Endpoints. *J Am Coll Cardiol*. 2023;82(17):1711-35. doi: 10.1016/j.jacc.2023.08.008.
10. American Society of Echocardiography. Key Echocardiographic Considerations for Transcatheter Edge-to-Edge Repair of the Tricuspid Valve (TriClip): Eligibility Criteria. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(11):1090-105. doi:10.1016/j.echo.2023.08.012.
11. Hungerford SL, Rye EE, Hansen PS, Bhindi R, Choong C. Key Echocardiographic Considerations for Tricuspid Valve Transcatheter Edge-to-Edge Repair. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(4):366-380.e1. doi: 10.1016/j.echo.2023.01.013.
12. Madhavan MV, Agarwal V, Hahn RT. Transcatheter Therapy for the Tricuspid Valve: A Focused Review of Edge-to-Edge Repair and Orthotopic Valve Replacement. *Curr Cardiol Rep*. 2024;26(6):459-74. doi: 10.1007/s11886-024-02051-4.
13. Hahn RT, Makkar R, Thourani VH, Makar M, Sharma RP, Haefele C, et al. Transcatheter Valve Replacement in Severe Tricuspid Regurgitation. *N Engl J Med*. 2025;392(2):115-26. doi: 10.1056/NEJMoa2401918.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Papel do Ecocardiograma Transtorácico no Fechamento Percutâneo da Comunicação Interventricular

Role of Transthoracic Echocardiography in Percutaneous Closure of Ventricular Septal Defect

João Batista Masson Silva,^{1,2} Cloves Geraldino da Silva Junior^{2,3}

Universidade Federal de Goiás (UFG),¹ Goiânia, GO – Brasil

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás (UFG), Empresa Brasileira de Serviços Hospitalares (EBSERH),² Goiânia, GO – Brasil

Clínica MEDCORE,³ Goiânia, GO – Brasil

Resumo

A comunicação interventricular (CIV) é a cardiopatia congênita mais comum, e seu manejo tem evoluído com o fechamento percutâneo, uma alternativa minimamente invasiva à cirurgia. Nesse contexto, a ecocardiografia consolida-se como a principal ferramenta de imagem, indispensável em todas as fases do procedimento. O ecocardiograma transtorácico (ETT) é fundamental para o diagnóstico, classificação anatômica (perimembranosa, muscular, de via de entrada ou saída), avaliação hemodinâmica inicial e seguimento em longo prazo. A indicação para o fechamento baseia-se em critérios como a sobrecarga de volume do ventrículo esquerdo (VE), com Qp:Qs $\geq$ 1.5:1. Para o planejamento detalhado e a orientação intraprocedimento, o ecocardiograma transesofágico, especialmente com reconstrução tridimensional (3D), é o padrão-ouro. O ETE 3D oferece precisão na medição dos diâmetros do defeito, análise das bordas para ancoragem segura do dispositivo e avaliação da relação com estruturas adjacentes, como as válvulas aórtica e tricúspide. O sucesso da intervenção, tanto em CIVs congênitas quanto nas raras e complexas CIVs pós-infarto, depende diretamente da qualidade da avaliação ecocardiográfica. A abordagem multimodal, que integra ETT e ETE, garante a seleção adequada dos pacientes e a condução segura do procedimento, otimizando os resultados e expandindo as fronteiras do tratamento percutâneo da CIV.

Introdução

A comunicação interventricular (CIV) representa a cardiopatia congênita mais prevalente, correspondendo a aproximadamente 40% das malformações cardíacas. A prevalência global é de aproximadamente 9 por 1.000 nascidos vivos, mas a incidência exata pode ser

subestimada devido à alta frequência de fechamento espontâneo. O diagnóstico e a caracterização da CIV dependem de sua localização e de suas consequências hemodinâmicas, sendo a ecocardiografia a principal ferramenta para essa avaliação.^{1,2}

A classificação da CIV é baseada na sua anatomia, seguindo o consenso da Sociedade Internacional para a Nomenclatura de Doenças Cardíacas Pediátricas e Congênitas (ISNPCHD). As CIVs são categorizadas em quatro tipos principais, dependendo de sua localização e das bordas a partir da perspectiva do ventrículo direito (VD).²⁻⁴

• CIV perimembranosa:

- ◇ Tipo mais comum (80% das CIVs).
- ◇ Localizada no septo membranoso (adjacente às válvulas aórtica e tricúspide).
- ◇ A CIV perimembranosa pode estender-se para as porções de entrada, de saída ou trabecular do septo muscular.
- ◇ Pode ser associada ao prolapso da cúspide da válvula aórtica (regurgitação aórtica).
- ◇ Frequentemente referida como **infracristal** (localização abaixo da crista supraventricular).
- ◇ A proximidade do sistema de condução atrioventricular (AV) com a borda pósterio-inferior da CIV perimembranosa o torna vulnerável a lesões, com risco de bloqueio cardíaco, durante a cirurgia ou intervenção percutânea.

• CIV muscular (ou trabecular):

- ◇ Este tipo constitui 5-20% das CIVs.
- ◇ Totalmente circundado por tecido muscular.
- ◇ Podem ser únicas ou múltiplas (“queijo suíço”).
- ◇ Este tipo de CIV apresenta uma alta taxa de fechamento espontâneo (até 2/3 dos defeitos musculares podem fechar sem intervenção).

• CIV de via de saída (ou subarterial):

- ◇ Localiza-se no trato de saída do VD, adjacente às válvulas pulmonar e aórtica.
- ◇ É o tipo menos comum no ocidente (aproximadamente 6%).
- ◇ Pode representar até 33% dos casos na população asiática.
- ◇ Frequentemente, está associada ao prolapso da cúspide aórtica e à regurgitação aórtica.

Palavras-chave

Comunicação Interventricular; Ecocardiografia; Ecocardiografia Transesofágica

Correspondência: João Batista Masson Silva •

Hospital das Clínicas da Universidade Federal de Goiás (UFG). Primeira

Avenida S/N. CEP: 74605-065. Goiânia, GO – Brasil

E-mail: jbmason@ufg.br

Artigo recebido em 25/08/2025; revisado em 08/09/2025;

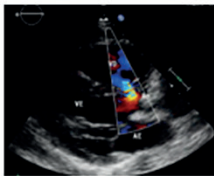
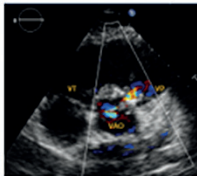
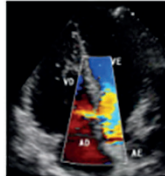
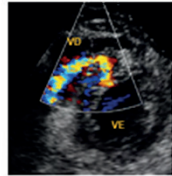
aceito em 08/09/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250065>

Figura Central: Papel do Ecocardiograma Transtorácico no Fechamento Percutâneo da Comunicação Interventricular



1 – Diagnóstico e classificação anatômica das CIVs (ETT 2D e 3D)				
Congênitas				Adquiridas
Perimembranosa	Via de saída	Via de entrada	Muscular	Pós Infarto
				
2 – Avaliação da Repercussão hemodinâmica (ETT 2D e 3D)				
QP:QS – hiperfluxo pulmonar	Sinais de HP	Eisenmenger	Sobrecarga volume AE e VE	
3 – Critérios para fechamento percutâneo (ETE/ETT 2D e 3D)				
Musculares – melhor indicação	Perimembranosa: Casos selecionados (borda CIV-valva AO > 2-3mm)	Via de saída (não indicado)	Via de entrada (não indicado)	Pós IM Avaliar tempo de IM, localização e friabilidade do tecido
4 – Intraoperatório (ETE/ETT 2D e 3D)				
Escolha da prótese		Implante	Pré Liberação	
CIV congênita = Superestimar 1-2 mm do diâmetro máximo medido (3D) CIV pós IM = O grau de superestimação depende da friabilidade do tecido		Avaliar: Passagem dos catéteres Abertura dos discos Posicionamento no septo		Checar estabilidade
5 – “Pós-alta” (ETT 2D e 3D)				
Manutenção do posicionamento		Stunt residual	Remodelamento reverso	

Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2025;38(3):e20250065

Como fazer a avaliação ecocardiográfica no fechamento percutâneo da comunicação interventricular.

- ◇ Também é denominada supracristal por se situar acima da crista supraventricular.
- **CIV de via de entrada (ou do tipo canal atrioventricular):**
 - ◇ Localiza-se na porção de entrada do VD (próximo das válvulas atrioventriculares)
 - ◇ Pode ser parte de um defeito do septo atrioventricular (DSAV).
 - ◇ Tipo menos comum (cerca de 8% das CIVs).

A história natural das CIVs não tratadas varia consideravelmente. CIVs pequenas (diâmetro menor que 1/3 do diâmetro da raiz da aorta) e restritivas (gradiente de pressão de pico superior a 64 mmHg), que não causam sobrecarga de volume no ventrículo esquerdo nem hipertensão pulmonar (HP), podem permanecer assintomáticas por décadas. No entanto, uma porcentagem desconhecida de pacientes pode desenvolver complicações a longo prazo. CIVs com shunts grandes podem causar sobrecarga de volume no VE e HP, levando a disfunção ventricular, arritmias, regurgitação aórtica e insuficiência cardíaca.^{2,5}

Uma CIV restritiva que não fecha espontaneamente pode predispor a sequelas tardias, como dilatação do VE, arritmias, insuficiência aórtica, HP e endocardite. Por outro lado, CIVs grandes e não restritivas podem levar à HP, com elevação da resistência vascular pulmonar (RVP), culminando na reversão do fluxo (shunt da direita para a esquerda) e no desenvolvimento da Síndrome de Eisenmenger.⁶

A comunicação interventricular pós-infarto (CIVPI) é uma complicação mecânica rara do infarto agudo do miocárdio (IAM), com incidência em torno de 0,17% a 0,34% na era da reperfusão, mas que representa uma condição devastadora com mortalidade que pode exceder 90% na ausência de intervenção. A fisiopatologia da ruptura decorre da necrose transmural do miocárdio, ocorrendo tipicamente de 3 a 5 dias após o evento isquêmico. Durante essa fase, a inflamação e a degradação enzimática da matriz de colágeno por metaloproteínases resultam em um tecido septal necrótico, extremamente friável e mecanicamente incompetente para suportar o gradiente de pressão interventricular. O laudo ecocardiográfico, nesse contexto, deve ser mais do que descritivo; ele deve ser interpretativo, oferecendo ao time multidisciplinar uma opinião sobre a viabilidade da ancoragem do dispositivo, o que impacta diretamente na escolha entre uma abordagem percutânea imediata ou a estabilização para cirurgia tardia.⁷

A consequência imediata é a formação de um shunt agudo da esquerda para a direita, que leva à sobrecarga de volume biventricular, colapso hemodinâmico e, frequentemente, à rápida progressão para choque cardiogênico e falência de múltiplos órgãos. A complexidade anatômica da CIVPI é um fator crítico, variando desde defeitos simples e apicais, associados a infartos anteriores, até rupturas complexas com trajetos serpiginosos e irregulares, localizadas na base do septo em infartos inferiores. Portanto, a avaliação detalhada da morfologia do defeito, da qualidade do tecido necrótico adjacente e da sua relação com estruturas valvulares adjacentes é fundamental para o prognóstico e o planejamento da abordagem terapêutica.⁸

A ecocardiografia transtorácica (ETT) é o principal método de imagem para o diagnóstico e caracterização das comunicações interventriculares, fornecendo avaliações anatômicas e hemodinâmicas essenciais para orientar o manejo clínico. A ecocardiografia tridimensional (3D), em particular, aprimora essa avaliação ao permitir uma visualização *en face* do septo interventricular, o que é útil para a análise precisa do tamanho, forma e relação do defeito com as estruturas adjacentes. Essa técnica permite uma avaliação mais acurada dos diâmetros máximo e mínimo, a delimitação das bordas e a visualização do trajeto do defeito através do septo, superando limitações da imagem bidimensional, especialmente em CIVs com formato de “funil”. A ETT pode ser complementada por outras técnicas de imagem, como a ecocardiografia transesofágica (ETE), a ressonância magnética cardiovascular (RMC) e a tomografia computadorizada cardiovascular (TCC), especialmente em casos de anatomia complexa, janelas acústicas inadequadas ou para uma avaliação mais detalhada das estruturas extracardíacas e ventriculares.^{2,9}

Embora o ecocardiograma transtorácico seja a ferramenta de primeira linha indispensável para o diagnóstico inicial e o seguimento de pacientes com CIV, suas limitações devem

ser reconhecidas, especialmente na população adulta e em casos de anatomia complexa. Janelas acústicas subótimas podem comprometer a visualização completa do septo interventricular, e a avaliação precisa das bordas do defeito — em particular a borda aórtica, crucial para o planejamento do fechamento percutâneo — pode ser desafiadora. Nesses cenários, o ecocardiograma transesofágico torna-se fundamental, oferecendo resolução de imagem superior para uma delimitação anatômica detalhada, sendo considerado o padrão-ouro para a orientação intraprocedimento. A ecocardiografia tridimensional (3D), tanto por via transtorácica quanto transesofágica, aprimora ainda mais essa avaliação ao permitir a visualização *en face* do defeito, medições precisas de seus diâmetros máximo e mínimo e uma clara compreensão de sua relação espacial com as válvulas aórtica e tricúspide. Assim, consolida-se uma abordagem multimodal, em que o ETT serve como a principal ferramenta de diagnóstico e seguimento, enquanto o ETE, frequentemente com reconstrução 3D, é essencial para o planejamento definitivo e a condução segura da intervenção percutânea.²

Critérios Gerais para a Indicação de Fechamento de Comunicação Interventricular

A decisão de intervir em uma comunicação interventricular em pacientes adultos é multifatorial, baseada em uma avaliação criteriosa da anatomia do defeito, suas repercussões hemodinâmicas e o estado clínico do paciente. A principal indicação para o fechamento da CIV é a presença de sobrecarga de volume do ventrículo esquerdo com um shunt da esquerda para a direita hemodinamicamente significativo, definido por uma relação de fluxo pulmonar/sistêmico (Qp:Qs) $\geq 1.5:1$. A intervenção é recomendada independentemente dos sintomas, desde que a resistência vascular pulmonar permaneça baixa (inferior a um terço da resistência vascular sistêmica [RVS] ou <3 Unidades Wood) e a pressão sistólica na artéria pulmonar (PSAP) seja inferior a 50% da pressão sistólica sistêmica.^{9,10}

Existem também indicações específicas que justificam a intervenção mesmo na ausência de sobrecarga de volume significativa:

- **Disfunção da válvula aórtica:** O fechamento cirúrgico é razoável em adultos com CIVs perimembranasas ou supracristais que apresentam prolapso de uma cúspide aórtica resultando em regurgitação aórtica progressiva.¹⁰
- **Endocardite infecciosa (EI):** O fechamento pode ser considerado em pacientes com histórico de episódios repetidos de endocardite infecciosa atribuída à CIV, mesmo que o shunt não seja hemodinamicamente significativo.¹⁰

A presença de hipertensão pulmonar torna a decisão mais complexa. O fechamento pode ser considerado em pacientes com HP moderada (RVP entre 3-5 Unidades Wood ou PSAP $\geq 50\%$ da sistêmica) se um shunt significativo da esquerda para a direita (Qp:Qs > 1.5) persistir. No entanto, a intervenção é contraindicada em casos de HP grave e doença vascular pulmonar avançada (fisiologia de Eisenmenger),

definida por uma RVP > dois terços da RVS (ou ≥ 5 Unidades Wood), shunt predominante da direita para a esquerda ou dessaturação de oxigênio durante o exercício.^{1,9,10}

Modalidades de Tratamento: Cirurgia vs. Intervenção Percutânea

O fechamento cirúrgico continua sendo o tratamento de escolha para a maioria das CIVs que necessitam de intervenção, com baixa mortalidade operatória e bons resultados a longo prazo. Contudo, a intervenção percutânea emergiu como uma alternativa viável e eficaz para casos selecionados, evitando a necessidade de esternotomia e circulação extracorpórea.⁵

A escolha da modalidade depende primariamente da anatomia do defeito:

- **Cirurgia:** É o padrão para a maioria das CIVs perimembranasas, de via de entrada (inlet), de via de saída (outlet/supracristal) e para pacientes que necessitam de procedimentos cardíacos concomitantes.
- **Tratamento percutâneo:** É preferencial para defeitos específicos, como CIVs musculares, CIVs residuais pós-operatórias e defeitos em localizações de difícil acesso cirúrgico.

Tratamento Percutâneo: Indicações e Contraindicações^{5,9-11}

Apesar dos avanços, o tratamento percutâneo da CIV possui indicações e limitações bem definidas.

Indicações:

O fechamento percutâneo é considerado razoável e eficaz nos seguintes cenários:

1. **CIVs musculares:** É a principal indicação, especialmente para defeitos localizados no septo trabecular médio ou apical, desde que haja bordas adequadas para a ancoragem do dispositivo. O Amplatzer Muscular VSD Occluder é o único dispositivo aprovado pela FDA para este fim nos EUA.
2. **CIVs residuais pós-operatórias:** É uma excelente opção para tratar shunts residuais que persistem após o fechamento cirúrgico.
3. **CIVs perimembranasas selecionadas:** Embora tecnicamente viável, a abordagem percutânea é controversa devido aos riscos. É uma opção em casos selecionados, especialmente na presença de um aneurisma do septo membranoso, que pode facilitar a implantação do dispositivo e proteger as estruturas adjacentes.

Contraindicações e limitações:

As principais limitações da abordagem percutânea são anatômicas e relacionadas ao risco de complicações:

- **Localização do defeito:** CIVs de via de entrada (inlet) e de via de saída (outlet/supracristal) geralmente não são consideradas adequadas para o fechamento com dispositivo devido à sua proximidade com as válvulas atrioventriculares e semilunares.

- **Proximidade com estruturas valvulares:** Uma distância inadequada entre as bordas do defeito e as válvulas aórtica ou tricúspide é uma contraindicação importante, pelo risco de interferência com a função valvular, podendo causar ou agravar a regurgitação.
- **Risco de bloqueio atrioventricular (BAV) completo:** Essa é a principal preocupação e a maior limitação para o fechamento percutâneo de CIVs perimembranasas, devido à proximidade do sistema de condução cardíaco. As taxas de BAV completo que necessitam de marcapasso permanente após o procedimento variam de 2% a 22%, um risco consideravelmente maior do que na cirurgia.
- **Contraindicações hemodinâmicas:** As mesmas que se aplicam à cirurgia, como a presença de HP grave com RVP elevada e shunt da direita para a esquerda (Síndrome de Eisenmenger), são contraindicações absolutas para o fechamento percutâneo.

A seleção do dispositivo apropriado é fundamental para o sucesso do procedimento e depende da anatomia específica do defeito. A Tabela 1 resume os principais dispositivos disponíveis e suas indicações.

Análise Ecocardiográfica Detalhada para o Fechamento Percutâneo de CIVs^{3,4,10,11}

A ecocardiografia é a modalidade de imagem central e indispensável que governa todas as fases do fechamento percutâneo da Comunicação Interventricular (CIV), desde o planejamento estratégico até a confirmação do sucesso terapêutico e o seguimento a longo prazo. O rigor técnico da avaliação e a escolha da modalidade ecocardiográfica (transtorácica vs. transesofágica; 2D vs. 3D) são adaptados à etiologia do defeito — congênita ou pós-infarto do miocárdio — e à fase do manejo do paciente.³

Avaliação Pré-procedimento: Mapeamento Anatômico e Hemodinâmico para a Decisão Terapêutica

A fase pré-procedimento é crucial para determinar a viabilidade da abordagem percutânea, selecionar o dispositivo ideal e antecipar desafios técnicos.

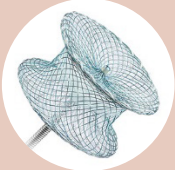
CIV congênita (planejamento eletivo):

O ecocardiograma transtorácico 2D com Doppler é a ferramenta de primeira linha para o diagnóstico e a avaliação inicial. A análise técnica deve incluir:

- **Mapeamento anatômico:** Utilizando múltiplas janelas (paraesternal, apical, subcostal), o ETT classifica o tipo de CIV (perimembranosa, muscular, de via de saída, de via de entrada), define o número de defeitos e mede seu diâmetro em pelo menos dois planos ortogonais.
- **Avaliação hemodinâmica:** A indicação para o fechamento é confirmada pela quantificação do shunt. A relação entre o fluxo pulmonar e sistêmico (Qp/Qs) é calculada, e um valor ≥ 1.5 é considerado

Artigo de Revisão

Tabela 1 – Principais dispositivos utilizados para o fechamento percutâneo de comunicação interventricular

Modelo da Prótese	Tipo de Defeito (Localização Anatômica)	Indicações Clínicas Específicas	Diâmetros da Prótese (Cintura / Discos)
Amplatzer™ Muscular VSD Occluder 	CIV Muscular Congênita: Porção muscular do septo (apical, médio-septal, anterior). Pode ser usada para tratar defeitos múltiplos ("queijo suíço").	Pacientes com CIV muscular complexa e de tamanho significativo que são considerados de alto risco para a cirurgia convencional.	Diâmetro da Cintura: 4-18 mm Diâmetro do Disco: 9-26 mm Altura separação dos Discos: 7 mm
Amplatzer™ P.I. Muscular VSD Occluder 	CIV Muscular Pós-Infarto Agudo do Miocárdio (IAM): Defeitos que surgem como complicação de um infarto.	Fechamento de CIVs musculares pós-IAM em pacientes que não são candidatos cirúrgicos satisfatórios. É contraindicada para defeitos congênitos ou perimembranosos.	Diâmetro da Cintura: 16-24 mm Diâmetro do Disco: 26-34 mm Altura separação dos Discos: 10 mm
Amplatzer™ Membranous VSD Occluder 	CIV Perimembranosa: O tipo mais comum de CIV, localizado na porção fina e membranosa do septo, próximo às válvulas cardíacas.	Fechamento de CIVs perimembranosas com repercussão hemodinâmica significativa. O design assimétrico é projetado para evitar a compressão das válvulas aórtica e tricúspide.	Diâmetro da Cintura: 4-12 mm Diâmetros dos Discos (Dir): 8-16 mm Diâmetros dos Discos (Esq): 10-18 mm Altura separação dos Discos: 3 mm
Cera™ / CeraFlex™ VSD Occluders  Perimembranosa  Muscular congênita  Muscular pós IAM	CIV Muscular e Perimembranosa: Possui modelos específicos para ambos os tipos. Para os defeitos perimembranosos, oferece designs simétrico, assimétrico e excêntrico para se adaptar a anatomias complexas.	Indicada para o fechamento percutâneo de CIVs musculares e perimembranosas. A variedade de geometrias para os defeitos membranosos permite uma seleção mais precisa para proteger as estruturas cardíacas adjacentes.	Diâmetro da Cintura: 4-24 mm Diâmetros dos Discos: Variam por modelo, de 8 mm a 31.6 mm Altura separação dos Discos: 3 mm

KONAR-MF™ VSD Occluder



CIV Perimembranosa e Muscular:

Projetada para ser versátil, tratando ambos os tipos de defeitos, com foco especial nos perimembranosos.

Indicada para casos complexos em que a flexibilidade e a baixa força radial são cruciais para minimizar o risco de bloqueio atrioventricular (BAV). Também é uma opção viável para crianças pequenas (<10 kg).

Diâmetro da Cintura (Dir/Esq):
3-12 mm / 5-14 mm

Diâmetro do Disco:
10-18 mm

Cocoon® VSD Occluder



CIV Muscular e Perimembranosa:

A disponibilidade de múltiplos comprimentos de cintura (4 mm, 7 mm e 10 mm) torna o dispositivo adaptável a defeitos em septos de diferentes espessuras.

Oclusão de CIVs hemodinamicamente significativas. A variedade de tamanhos de cintura permite ao médico escolher a prótese que melhor se ajusta à espessura do septo, seja ele muscular (mais espesso) ou membranoso (mais fino).⁶

Diâmetro da Cintura:
3,25-12 mm

Diâmetro do Disco:
10-18 mm

MemoPart™ VSD Occluder



Muscular



Muscular



Perimembranosa

CIV Muscular e Perimembranosa:

Oferece modelos distintos para cada tipo de defeito.

As indicações são semelhantes às da linha Amplatzer.

O modelo muscular é para pacientes de alto risco cirúrgico, e o modelo membranoso é para o fechamento minimamente invasivo de CIVs perimembranosas.

Diâmetro da Cintura:
4-20 mm

Diâmetro do Disco E :
8-26 mm

Diâmetro do Disco 4:
8-24 mm

Altura separação dos Discos:
2,6 - 7 mm

Artigo de Revisão

hemodinamicamente significativo. A pressão sistólica do ventrículo direito (PSVD) é estimada pela velocidade do jato da CIV ou da regurgitação tricúspide, utilizando a equação de Bernoulli simplificada ($\Delta P = 4v^2$). A sobrecarga de volume do ventrículo esquerdo é quantificada pela medição de seus diâmetros e volumes.

O Ecocardiograma transesofágico 2D e, principalmente, 3D é fundamental para o planejamento detalhado da intervenção percutânea, especialmente em adultos ou quando a janela do ETT é subótima. A ETE 3D oferece superioridade técnica para:

- **Dimensionamento preciso:** A ETE 3D permite a projeção de uma visão “en face” do defeito, possibilitando a medição precisa dos diâmetros máximo e mínimo, independentemente de sua orientação espacial. Isso é crucial para defeitos de formato complexo ou oval, em que a imagem 2D pode subestimar o diâmetro máximo, levando à escolha de um dispositivo subdimensionado e ao risco de embolização.
- **Análise das bordas:** A ETE 3D permite a visualização simultânea de todas as bordas do defeito, fornecendo uma avaliação espacial clara da “zona de ancoragem”. A medição da borda aórtica é mandatória; uma borda deficiente ($< 2\text{--}3\text{ mm}$) exige o uso de um dispositivo de design assimétrico para evitar a interferência com a válvula aórtica. A regra de dimensionamento do dispositivo é que sua cintura seja 1 a 2 mm maior que o diâmetro máximo do defeito.

CIV pós-infarto do miocárdio:

Neste cenário, a ecocardiografia é uma ferramenta de emergência para diagnóstico e estratificação de risco em um paciente criticamente enfermo.

- **Ecocardiograma transtorácico 2D:** É a modalidade de escolha para o diagnóstico rápido à beira do leito. Seus objetivos técnicos são confirmar a ruptura septal com Doppler colorido, avaliar a função biventricular e, crucialmente, descartar outras complicações mecânicas como ruptura de músculo papilar ou de parede livre.
- **Ecocardiograma transesofágico 2D e 3D:** É essencial para uma caracterização anatômica detalhada. A CIV pós-IAM é tipicamente um trajeto irregular e serpiginoso. A ETE 3D é superior na avaliação da qualidade do tecido circundante, identificando a extensão do miocárdio necrótico e friável, que é o principal fator determinante da viabilidade da ancoragem de um dispositivo percutâneo. A avaliação da função do ventrículo direito é de suma importância prognóstica, dada a súbita sobrecarga de volume e pressão.

Na avaliação da CIV pós-infarto, a ecocardiografia transcende a simples identificação do defeito, assumindo um papel prognóstico e de planejamento estratégico fundamental. A principal prioridade do ecocardiografista é avaliar a qualidade do tecido adjacente, pois a fisiopatologia da ruptura envolve

necrose transmural, resultando em um miocárdio extremamente friável e mecanicamente incompetente. O ETE, especialmente com imagens 3D, é superior ao ETT para essa análise, permitindo uma caracterização detalhada da extensão da necrose e da integridade das bordas do defeito. Uma borda ampla e frágil é um forte preditor de insucesso do fechamento percutâneo, aumentando o risco de complicações como a embolização do dispositivo. Portanto, a avaliação ecocardiográfica detalhada da morfologia da ruptura e da viabilidade do tecido septal circundante é o fator determinante para decidir se um paciente é um candidato viável para a abordagem percutânea ou se a estabilização hemodinâmica para uma cirurgia tardia, permitindo a maturação fibrótica do defeito, seria a melhor estratégia.¹²

Avaliação Intraprocédimento: Guiando a Intervenção e o Dimensionamento da Prótese^{4,5,10,11}

A ecocardiografia intraprocédimento é o pilar que garante a segurança e a precisão do implante. O ecocardiograma transesofágico é tradicionalmente considerado o padrão-ouro e a modalidade mais utilizados para guiar o procedimento, sendo frequentemente descrito como “o olho do intervencionista”. Sua superioridade reside na alta resolução de imagem, especialmente para estruturas posteriores, e na capacidade de avaliar detalhadamente as bordas do defeito e a função valvular, sendo indispensável em pacientes com janelas acústicas transtorácicas limitadas. No Brasil, a maioria dos estudos e posicionamentos de sociedades, como a SBC e a SBHCl, descreve o procedimento como sendo realizado sob monitoramento da ETE.

Independentemente da modalidade escolhida, o papel da ecocardiografia intraprocédimento é multifacetado e governa as etapas críticas da intervenção:

- **Dimensionamento final da prótese:** A ecocardiografia (primariamente o ETE) realiza a medição final e definitiva do defeito sob as condições hemodinâmicas do procedimento. A regra de ouro é selecionar um dispositivo cuja cintura seja 1 a 2 mm maior que o diâmetro máximo medido para garantir uma ancoragem segura. Na CIV pós-IAM, devido à friabilidade do tecido, um “superdimensionamento significativo” é frequentemente recomendado. É crucial notar que, diferentemente das CIVs congênitas, este “superdimensionamento significativo” é um conceito qualitativo, não quantitativo; a decisão final depende da avaliação intraprocédimento da morfologia do defeito e da integridade tecidual, guiada pela experiência do operador, em vez de uma fórmula fixa. É importante notar que a técnica de dimensionamento por balão (*balloon sizing*), comum no fechamento de CIA, não é utilizada para CIVs devido à natureza não elástica do septo e ao risco de alargar a ruptura em casos pós-IAM.
- **Guiamento e posicionamento:** A imagem ecocardiográfica guia ativamente cada passo, desde a passagem segura de fios-guia e bainhas através do defeito, evitando lesões em estruturas adjacentes

como as cordas tendíneas da válvula tricúspide, até o monitoramento da abertura sequencial dos discos da prótese e seu correto assentamento no septo interventricular.

- **Avaliação crítica pré-liberação:** Antes do desprendimento definitivo da prótese, a ecocardiografia realiza uma verificação de segurança crucial, um verdadeiro ponto de “não retorno”. Nesta fase, avalia-se a estabilidade do dispositivo, a presença de shunt residual significativo e, fundamentalmente, a ausência de nova disfunção das válvulas aórtica e tricúspide.

Embora o ETE seja o padrão, o Ecocardiograma Transtorácico emergiu como uma alternativa viável e eficaz para guiar o procedimento em sua totalidade, em casos selecionados. Estudos demonstraram que, em pacientes com boa janela acústica (frequentemente crianças e adultos jovens), o guiamento exclusivo por ETT pode alcançar taxas de sucesso e de shunt residual semelhantes às da ETE. As vantagens do uso do ETT incluem a não necessidade de anestesia geral e intubação, além da redução do tempo de procedimento e de fluoroscopia. Contudo, essa abordagem é seletiva e exige alta expertise do operador, sendo mais adequada para pacientes com mais de 10 kg e defeitos menores que 8 mm.

Mais recentemente, a Ecografia Intracardiaca (ICE) surge como uma tecnologia emergente promissora para a orientação de procedimentos. O ICE também dispensa a anestesia geral e, em alguns casos, pode oferecer uma visualização superior de certas bordas do defeito em comparação com o ETE. Sua adoção representa um avanço significativo para tornar o fechamento percutâneo um procedimento ainda menos invasivo.

Avaliação Pós-procedimento: Monitoramento do Resultado Terapêutico

O acompanhamento pós-procedimento avalia o sucesso da intervenção e monitora a evolução a longo prazo.

- **Ecocardiograma transtorácico 2D e Doppler:** É a principal modalidade para o seguimento.
- **Avaliação imediata (pré-alta):** Um ETT é realizado para confirmar a posição estável da prótese, quantificar qualquer shunt residual imediato e descartar complicações agudas como derrame pericárdico.
- **Seguimento de curto e longo prazo:** O acompanhamento ecocardiográfico seriado (por exemplo, com 1, 6 e 12 meses, e depois a cada 2-5 anos, se estável) é recomendado para monitorar a oclusão completa do shunt (à medida que ocorre a endotelização do dispositivo), a função e o remodelamento ventricular (normalização das dimensões das câmaras), a função valvular e para detectar complicações tardias. Pacientes com achados residuais significativos requerem um acompanhamento mais frequente.

Para consolidar o papel multifacetado da ecocardiografia em todo o processo, a Figura Central apresenta um fluxograma que resume as principais etapas da avaliação.

Conclusão

O fechamento percutâneo da comunicação interventricular consolidou-se como uma alternativa eficaz à cirurgia em casos selecionados, e a ecocardiografia é a modalidade de imagem central e indispensável em todas as fases desse procedimento. O ecocardiograma transtorácico firma-se como a ferramenta primária para o diagnóstico, classificação, avaliação hemodinâmica inicial e para o seguimento a longo prazo. Contudo, para o planejamento detalhado da intervenção e, fundamentalmente, para a orientação intraprocedimento, o ecocardiograma transesofágico, especialmente com tecnologia 3D, é o padrão-ouro, garantindo a precisão e a segurança necessárias para o sucesso terapêutico. A seleção criteriosa de pacientes, a caracterização anatômica detalhada e o monitoramento rigoroso das estruturas adjacentes, todos guiados pela ecocardiografia, são os pilares que permitem expandir as fronteiras do tratamento minimamente invasivo da CIV, otimizando os desfechos para os pacientes.

Desafios e perspectivas futuras⁶

Apesar dos notáveis avanços, o campo do fechamento percutâneo da CIV ainda enfrenta desafios significativos que direcionam as futuras inovações.

1. Redução do risco de bloqueio atrioventricular:

O principal obstáculo para a ampla adoção do fechamento percutâneo em CIVs perimembranasas continua sendo o risco de BAV completo. A pesquisa futura está focada no desenvolvimento de próteses com designs mais flexíveis e de menor força radial, como o *Nit-Occlud Lê VSD Coil* e o *KONAR-MF™ VSD Occluder*, que buscam minimizar o trauma no sistema de condução.

2. Aprimoramento da imagem e guiamento:

Embora o ETE seja o padrão, a ecografia intracardiaca surge como uma alternativa promissora que elimina a necessidade de anestesia geral, podendo reduzir o tempo e o risco do procedimento. A integração de imagens de fusão (*fusion imaging*), combinando fluoroscopia e ecocardiografia em tempo real, e o desenvolvimento de softwares de inteligência artificial para auxiliar no dimensionamento e na simulação do implante são os próximos passos para aumentar ainda mais a precisão e a segurança.

3. Desenvolvimento de dispositivos bioabsorvíveis:

A perspectiva mais transformadora a longo prazo é a criação de oclusores totalmente bioabsorvíveis. Atualmente, a pesquisa nessa área está mais avançada para o fechamento de defeitos de baixa pressão, como a Comunicação Interatrial (CIA), com dispositivos como o *Carag Bioresorbable Septal Occluder* já em ensaios clínicos. A expansão desta tecnologia para as CIVs é o próximo grande desafio. Isso exigirá o desenvolvimento de polímeros com maior resistência mecânica, capazes de suportar o elevado gradiente de pressão interventricular e o alto estresse de cisalhamento, garantindo a estabilidade estrutural durante o processo de

Artigo de Revisão

absorção e endotelização. O sucesso em desenvolver tais dispositivos eliminaria os riscos associados a implantes permanentes, como erosão e trombose tardia, representando a próxima fronteira no tratamento das cardiopatias congênitas

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Masson-Silva JB. Redação do manuscrito: Masson-Silva JB, Silva Junior CG. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Masson-Silva JB, Silva Junior CG.

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação ética e consentimento informado

Este artigo não contém estudos com humanos ou animais realizados por nenhum dos autores.

Uso de Inteligência Artificial

Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram Gemini para correções de gramática e concordâncias verbal e nominal da língua portuguesa e no auxílio com traduções dos textos de outras línguas. Após o uso desta ferramenta/serviço, o(s) autor(es) revisaram e editaram o conteúdo conforme necessário e assumem total responsabilidade pelo conteúdo do artigo publicado.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Sachdeva R, Valente AM, Armstrong AK, Cook SC, Han BK, Lopez L, et al. ACC/AHA/ASE/HRS/ISACHD/SCAI/SCCT/SCMR/SOPE 2020 Appropriate Use Criteria for Multimodality Imaging during the Follow-Up Care of Patients with Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee and Appropriate Use Criteria Task Force, American Heart Association, American Society of Echocardiography, Heart Rhythm Society, International Society for Adult Congenital Heart Disease, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance, and Society of Pediatric Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(6):657-703. doi: 10.1016/j.jacc.2019.10.002.
2. Fusco F, Borrelli N, Palma M, Sarubbi B, Scognamiglio G. Imaging of Ventricular Septal Defect: Native and Post-Repair. *Int J Cardiol Congenit Heart Dis*. 2022;7:100335. doi: 10.1016/j.ijchd.2022.100335.
3. Nayak S, Patel A, Haddad L, Kanakriyeh M, Varadarajan P. Echocardiographic Evaluation of Ventricular Septal Defects. *Echocardiography*. 2020;37(12):2185-93. doi: 10.1111/echo.14511.
4. Tripathi RR. Ventricular Septal Defect: Echocardiography Evaluation. *J Indian Acad Echocardiogr Cardiovasc Imaging*. 2020;4(3):260-6. doi: 10.4103/jiae.jiae_42_20.
5. Turner ME, Bouhout I, Petit CJ, Kalfa D. Transcatheter Closure of Atrial and Ventricular Septal Defects: JACC Focus Seminar. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(22):2247-58. doi: 10.1016/j.jacc.2021.08.082.
6. Cox K, Algaze-Yojay C, Pun R, Silverman N. The Natural and Unnatural History of Ventricular Septal Defects Presenting in Infancy: An Echocardiography-Based Review. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(6):763-70. doi: 10.1016/j.echo.2020.01.013.
7. David TE. Post-Infarction Ventricular Septal Rupture. *Ann Cardiothorac Surg*. 2022;11(3):261-7. doi: 10.21037/acs-2021-ami-111.
8. Kurniawan A, Yogibwana V. Percutaneous Closure of Post-Infarction Ventricular Septal Rupture: A Review of Patient Selection, Techniques and Outcomes. *Asian J Res Cardio Dis*. 2025;7(1):191-210. doi: 10.9734/ajrcd/2025/v7i1131.
9. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosn JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. 2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2019;139(14):e698-e800. doi: 10.1161/CIR.0000000000000603.
10. Baumgartner H, De Backer J, Babu-Narayan SV, Budts W, Chessa M, Diller GP, et al. 2020 ESC Guidelines for the Management of Adult Congenital Heart Disease. *Eur Heart J*. 2021;42(6):563-645. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa554.
11. Aboulhosn JA, Hijazi ZM. Transcatheter Interventions in Adult Congenital Heart Disease. *Cardiol Clin*. 2020;38(3):403-16. doi: 10.1016/j.ccl.2020.04.005.
12. Shafiei I, Jannati F, Jannati M. Optimal Time Repair of Ventricular Septal Rupture Post Myocardial Infarction. *J Saudi Heart Assoc*. 2020;32(2):288-94. doi: 10.37616/2212-5043.1120.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Impressão 3D de um Coração com Amiloidose

3D Printing of a Heart With Amyloidosis

Mariana de Paula Cruz,^{1,2} Davi Shunji Yahiro,¹ Daniel Gama das Neves,¹ Renato Pereira Barbosa,¹ Alexandre Todorovic Fabro,³ Pedro Manoel Marques Garibaldi,³ Marcus Simões,³ Claudio Tinoco Mesquita¹

Universidade Federal Fluminense,¹ Niterói, RJ – Brasil

Health, Science & Education Lab, Radiology Department, Hospital Universitário Antônio Pedro, EBSERH,² Niterói, RJ – Brasil

Universidade de São Paulo,³ Ribeirão Preto, SP – Brasil

Resumo

A Amiloidose cardíaca é uma cardiomiopatia restritiva causada pelo acúmulo de proteína amiloide no coração. Anteriormente considerada uma condição rara, avanços no diagnóstico não invasivo têm aumentado sua identificação entre pacientes com Insuficiência Cardíaca (IC). Atualmente, representa cerca de 13% dos casos de Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção Preservada (ICFEP). Neste estudo, relatamos o caso de um paciente do sexo masculino, com 72 anos de idade, que compareceu à clínica relatando dispneia e fadiga em atividades de baixo esforço. Foram realizados exames laboratoriais que revelaram marcadores cardíacos aumentados, juntamente com evidência de hipertrofia ventricular na análise eletrocardiográfica. À imagem cardíaca, o ensaio de cadeias leves (AL) livres no soro e a biópsia endomiocárdica indicaram o diagnóstico de amiloidose por AL. Um modelo tridimensional foi construído com dados de ressonância magnética (RM). O modelo visa aumentar a conscientização sobre a amiloidose como possível diagnóstico diferencial de IC, além de promover a educação de pacientes e familiares, demonstrando as alterações estruturais típicas da doença.

Introdução

A amiloidose cardíaca resulta de distúrbios no dobramento de proteínas amiloidogênicas, levando à formação de fibrilas amiloides insolúveis que se acumulam na matriz extracelular do coração.¹ As variantes mais comuns são a amiloidose primária ou por cadeias leves (AL) e a relacionada à transtirretina (ATTR). A amiloidose AL é causada pela deposição de AL de imunoglobulina, produzidas em excesso por plasmócitos normais ou malignos.² As manifestações cardíacas da amiloidose incluem Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção Preservada (ICFEP), arritmias, angina com lesões coronárias

não obstrutivas e eventos tromboembólicos. Alguns casos de amiloidose cardíaca estão associados à estenose aórtica, particularmente nos casos de baixo fluxo e baixo gradiente.³ A impressão 3D tem sido amplamente explorada na área da saúde para diversas aplicações, desde a produção de peças cirúrgicas até modelos educacionais. Essa ferramenta se destaca por permitir a criação de materiais específicos para o paciente, auxiliando no estudo e na compreensão de anatomias patológicas complexas. Aqui, relatamos um caso de amiloidose cardíaca AL em que a impressão 3D foi utilizada para modelar o órgão afetado. Essa modelagem teve como objetivo aumentar a conscientização sobre a amiloidose como possível diagnóstico diferencial de Insuficiência Cardíaca (IC) com Fração de Ejeção Preservada, além de promover a educação de pacientes e familiares.

Descrição

Nosso paciente, um homem de 72 anos, com histórico prévio de infarto do miocárdio, procurou o serviço de cardiologia com quadro de dispneia progressiva e fadiga aos esforços no último ano. Relatava piora nos últimos dois meses, comprometendo suas atividades habituais, associada a ortopneia, visão turva, tontura e sensação de desmaio iminente ao se levantar. Ao exame físico, revelou hipotensão postural, edema de membros inferiores (++/4), além de hipoestesia e hipopalestesia distal. A ausculta cardíaca revelou sopro holossistólico no foco tricúspide, com hiperfonese de P2. Os exames laboratoriais mostraram proteinúria (+++/4) no exame de urina de rotina, além de marcadores cardíacos elevados NT-ProBNP e Troponina I, sem demais alterações. O eletrocardiograma revelou hipertrofia ventricular esquerda e bloqueio divisional ântero-superior esquerdo. A avaliação prosseguiu com ecocardiograma, que demonstrou espessamento do ventrículo direito, septo interventricular e valvas. O Strain Longitudinal Global (GLS) mostrou padrão de preservação apical (*apical sparing*). A razão entre a Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) e o GLS estava elevada, sugerindo amiloidose cardíaca. Novos achados sugestivos foram observados na ressonância magnética (RM), indicando realce tardio subendocárdico difuso e confirmando o espessamento das câmaras (Figura 1).

Com a suspeita estabelecida, a investigação prosseguiu com os testes de AL livres de imunoglobulinas. Os resultados foram: cadeia leve kappa livre 18,1 mg/dL (6,7–22,4), cadeia lambda 168,4 mg/dL (8,3–27), com razão Kappa/Lambda (K/L) de 0,11 (0,31–1,56). A razão K/L abaixo do valor de referência é altamente sugestiva de amiloidose AL,

Palavras-chave

Amiloidose; Insuficiência Cardíaca; Impressão Tridimensional; Imageamento por Ressonância Magnética.

Correspondência: Mariana de Paula Cruz •

Universidade Federal Fluminense. Avenida Marques do Paraná, 349. CEP: 24030215. Niterói, RJ – Brasil

E-mail: m_cruz@id.uff.br

Artigo recebido em 17/01/2025; revisado em 30/05/2025; aceito em 27/07/2025

Editor responsável pela revisão: Isabela Costa

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250003>

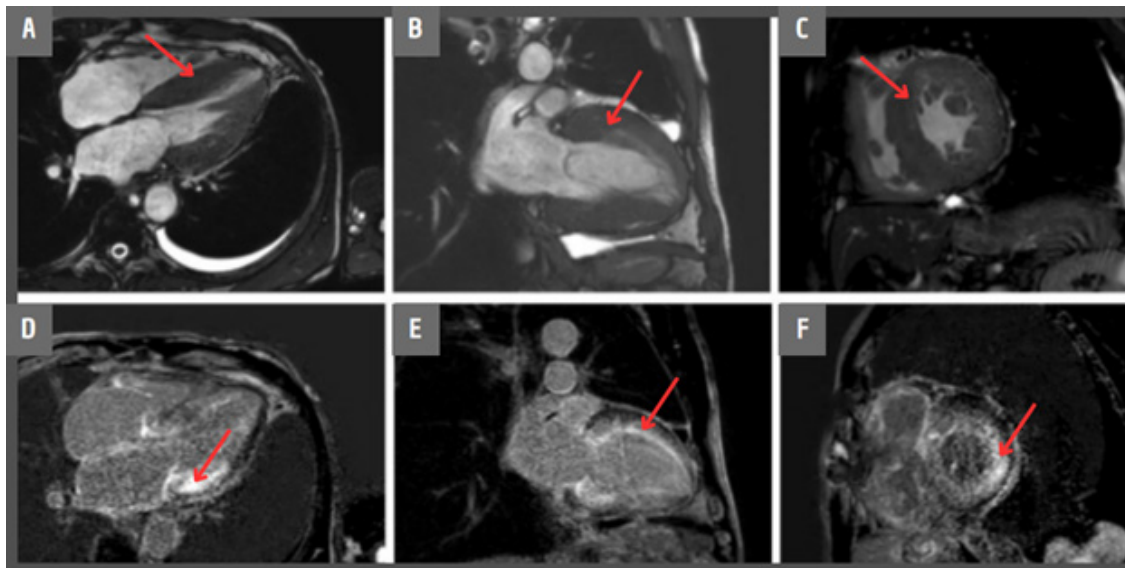


Figura 1 – RM mostrando espessamento das paredes ventriculares (painéis A, B e C) e padrão difuso de realce tardio com contraste de gadolínio (mostrado nos painéis D, E e F). Esse padrão decorre de uma diferença na captação do contraste ao longo do tecido cardíaco, podendo ser encontrado em diversas lesões miocárdicas.

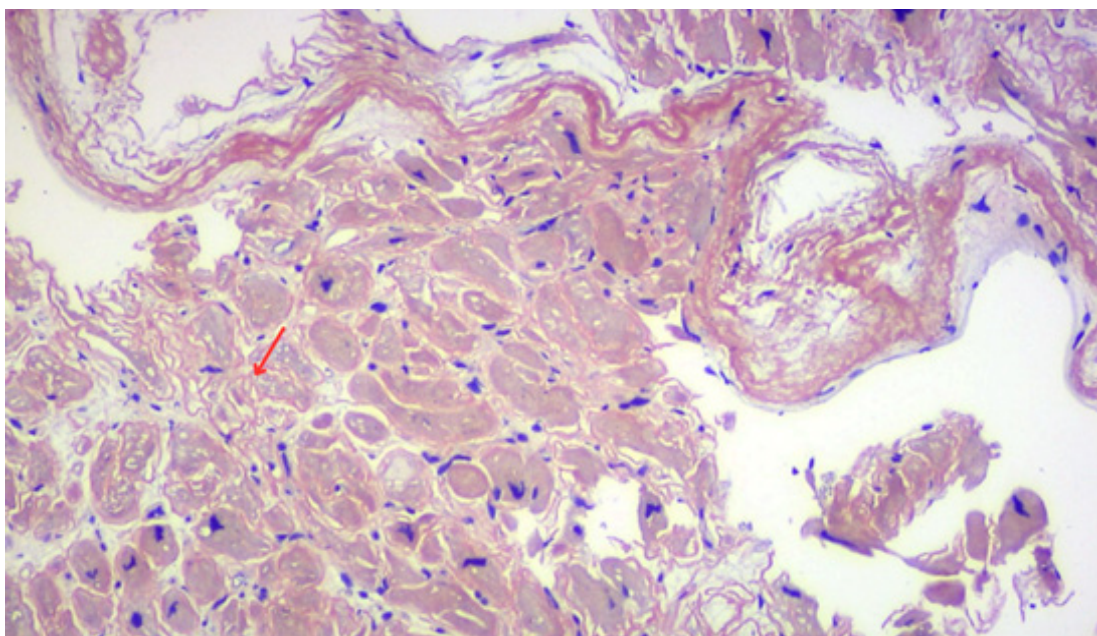


Figura 2 – Biópsia endomiocárdica do ventrículo esquerdo, corada com Vermelho de Congo, mostrando coloração avermelhada sutil dos depósitos de proteína amiloide. A avaliação sob luz polarizada pode ser utilizada para aumentar a sensibilidade.

devido à deposição de AL lambda. As biópsias de medula óssea e pele/subcutâneo não mostraram infiltrações. Foi realizada uma biópsia endomiocárdica (Figura 2), corada com Vermelho de Congo, que exibiu birrefringência

característica da infiltração amiloide sob luz polarizada (Figura 3). A espectrometria de massas confirmou o subtipo AL. O paciente apresentou melhora clínica após tratamento específico para amiloidose AL.

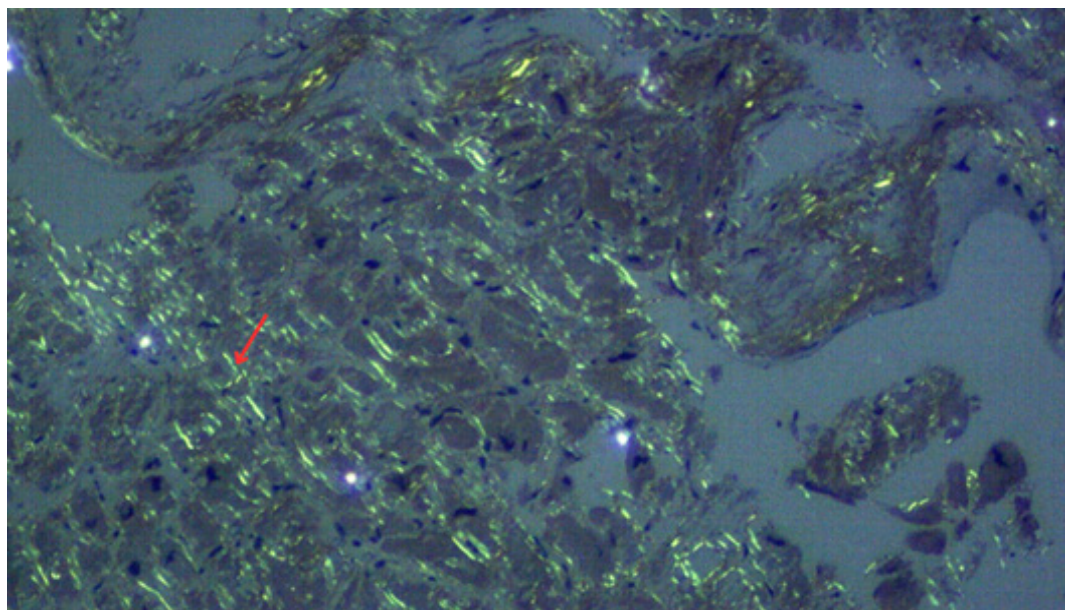


Figura 3 – Biópsia endomiocárdica do ventrículo esquerdo, corada com Vermelho de Congo, exibindo padrão de birrefringência sob luz polarizada. A birrefringência verde-maçã é característica dos depósitos de proteína amiloide, pois a coloração reage com as proteínas mal conformadas formando complexos que apresentam reatividade óptica. A avaliação sob luz polarizada aumenta a sensibilidade da técnica de coloração.

Discussão

Amiloidose AL

A amiloidose por AL, também conhecida como amiloidose primária, é a forma mais comum entre as variantes sistêmicas da doença, decorrendo da deposição tecidual de imunoglobulinas de cadeia leve no tecido cardíaco, produzidas em excesso por plasmócitos normais ou malignos. É uma condição rara, com 5,1 a 12,8 casos por milhão de pessoas-ano em todo o mundo. A maioria dos pacientes afetados tem mais de 40 anos, com idade mediana ao diagnóstico de 64 anos. A progressão da doença é rápida e representa riscos significativos quando não identificada precocemente.² A deposição da proteína amiloide é caracterizada pelo espessamento significativo das paredes ventriculares, septos e valvas, resultando em IC de caráter restritivo. Atualmente, a amiloidose cardíaca representa cerca de 13% dos casos de IC-FEP.⁴ O diagnóstico se inicia com a investigação de achados clínicos compatíveis com IC-FEP. Os sintomas podem estar mais associados à IC esquerda (congestão pulmonar, dispneia) ou à direita (edema, ascite). Outras alterações importantes surgem da infiltração amiloide nos átrios, causando fibrilação atrial e outras arritmias, e no sistema de condução cardíaco, produzindo bloqueios atrioventriculares.⁵ Níveis séricos elevados de marcadores cardiovasculares (especialmente troponina T e NT-ProBNP) devem estar presentes. O eletrocardiograma desses pacientes geralmente apresenta baixa tensão do QRS, incompatível com a espessura da parede ventricular, especialmente na Amiloidose AL.

A investigação deve prosseguir com ecocardiograma e RM, que revelam achados mais específicos da doença. A redução do strain longitudinal com padrão de preservação apical, ou *apical sparing*, é uma alteração importante observada no ecocardiograma, juntamente com o espessamento dos ventrículos e valvas. A RM pode revelar padrão de realce tardio difuso com contraste à base de gadolínio, com distribuição subendocárdica ou transmural, compatível com a presença de depósitos amiloides. Por fim, a investigação das AL de imunoglobulina, combinada com biópsia periférica (ou, se necessário, cardíaca), será conclusiva para o diagnóstico. A avaliação das AL é melhor realizada com a combinação de três exames: imunofixação no sangue e urina, que auxilia na detecção, e a dosagem da razão entre cadeias kappa e lambda, que devolve resultados positivos quando anormal.⁵

O fator mais importante na determinação do prognóstico é a extensão do comprometimento do tecido cardíaco. Compreender a fisiopatologia da amiloidose e discutir suas manifestações clínicas e morfológicas é fundamental para o diagnóstico precoce dessa condição, que é cada vez mais compreendida, porém ainda sub-reconhecida na prática médica.

O modelo 3D

O modelo tridimensional (Figura 4) foi produzido a partir dos exames de imagem do paciente (RM). O processamento dos arquivos inclui as etapas de segmentação, sendo o isolamento das estruturas anatômicas desejadas e fatiamento, que consiste na divisão da estrutura em camadas imprimíveis. A partir dessas intervenções, o arquivo final (em formato STL,

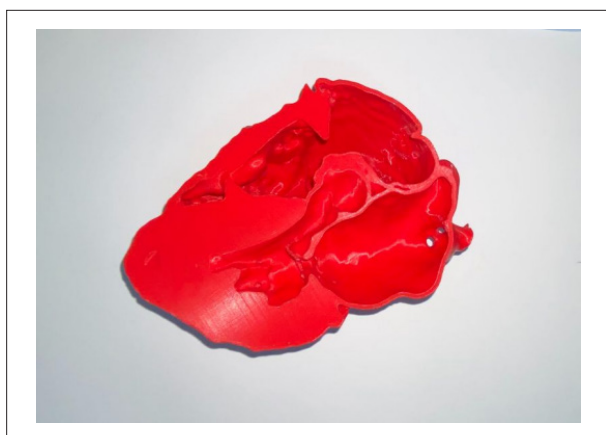


Figura 4 – Modelo tridimensional de coração com amiloidose AL, produzido a partir de dados de imagem de RM.

Linguagem de Tesselção Padrão) pode ser lido pela máquina como uma sequência de planos bidimensionais, que são então construídos uns sobre os outros pela impressora (fabricação aditiva). O material utilizado neste processo foi filamento plástico, um componente sólido que é derretido pela máquina e remodelado conforme os contornos da peça desejada. Esse tipo de impressora opera com a técnica FDM (Modelagem por Deposição Fundida), que é a mais acessível entre as opções para modelagem tridimensional. A modelagem por filamento foi selecionada neste projeto para demonstrar a aplicabilidade da técnica, mesmo nas formas mais simples dessa tecnologia.

O modelo exibe as alterações morfológicas características da amiloidose no tecido cardíaco, reforçando sua semelhança com a fisiologia da IC. Nota-se espessamento do ventrículo esquerdo, com redução significativa do lúmen ventricular, além de espessamento considerável do septo interventricular. Em menor grau, essa mesma modificação é observada na parede do ventrículo direito. Esse tipo de material, com uma correspondência anatômica e patológica significativa com o órgão real, pode ser aplicado em diversos contextos da prática médica. Seu uso para fins educacionais, instrução de pacientes e familiares, e especialmente no planejamento de abordagens cirúrgicas, beneficia-se de uma compreensão mais completa e consistente das estruturas estudadas do órgão. Além disso, a disseminação e popularização das impressoras 3D têm facilitado o desenvolvimento de modelos mais realistas e reproduzíveis, sem impor custos financeiros significativos.⁶ Modelos 3D podem melhorar a educação de profissionais e pacientes por meio da experiência visual e tátil que proporcionam. Nesse sentido, enfatizamos o

grande potencial de exploração dessa ferramenta na área da saúde, complementando os estudos por imagem e, possivelmente, revelando novas informações que aprimoram nossa compreensão sobre as doenças.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Cruz MP, Yahiro DS, Simões MV, Mesquita CT. Obtenção de dados: Cruz MP, Yahiro DS, Neves DG, Barbosa RP, Fabro AT, Garibaldi PMM. Análise e interpretação dos dados: Cruz MP, Yahiro DS. Redação do manuscrito: Cruz MP, Yahiro DS. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Cruz MP, Yahiro DS, Simões MV, Mesquita CT.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado pela Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado de Rio de Janeiro (FAPERJ) e pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte do Trabalho de Conclusão de Curso de Mariana de Paula Cruz pela Universidade Federal Fluminense (UFF).

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Faculdade de Medicina da UFF sob o número de protocolo 6.594.419/CAAE:70417223.1.0000.5243. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Todo o conjunto de dados que dá suporte aos resultados deste estudo está disponível mediante solicitação ao autor correspondente: Mariana de Paula Cruz.

Referências

1. Porcari A, Fontana M, Gillmore JD. Transthyretin Cardiac Amyloidosis. *Cardiovasc Res.* 2023;118(18):3517-35. doi: 10.1093/cvr/cvac119.
2. Baker KR. Light Chain Amyloidosis: Epidemiology, Staging, and Prognostication. *Methodist Debaque Cardiovasc J.* 2022;18(2):27-35. doi: 10.14797/mdcvj.1070.
3. Jaiswal V, Agrawal V, Khulbe Y, Hanif M, Huang H, Hameed M, et al. Cardiac Amyloidosis and Aortic Stenosis: A State-of-the-Art Review. *Eur Heart J Open.* 2023;3(6):oead106. doi: 10.1093/ehjopen/oead106.
4. González-López E, Gallego-Delgado M, Guzzo-Merello G, de Haro-Del Moral FJ, Cobo-Marcos M, Robles C, et al. Wild-Type Transthyretin

-
- Amyloidosis as a Cause of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. Eur Heart J. 2015;36(38):2585-94. doi: 10.1093/eurheartj/ehv338.
5. Simões MV, Fernandes F, Marcondes-Braga FG, Scheinberg P, Correia EB, Rohde LEP, et al. Position Statement on Diagnosis and Treatment of Cardiac Amyloidosis - 2021. Arq Bras Cardiol. 2021;117(3):561-98. doi: 10.36660/abc.20210718.
6. Barros PHF, Borges CS, Ferreira CPDC, Hernani BL, Abreu IP Neto, Tastaldi L, et al. Hernia 3D Training Model: A New Inguinal Hernia 3D-Printed Simulator. Einstein. 2024;22:eAO0620. doi: 10.31744/einstein_journal/2024AO0620.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Pseudoaneurisma do Ventrículo Esquerdo Descoberto Tardamente: Um Caso Clínico Raro

Late Discovery of Left Ventricular Pseudoaneurysm: A Rare Clinical Case

Angélica Pedreira da Silva,¹ Gilson Soares Feitosa,¹ Gabriel de Castro Vaz Leal,¹ Rilson Fraga Moitinho,¹
Jorge Andion Torreão¹

Hospital Santa Izabel,¹ Salvador, BA – Brasil

Resumo

O pseudoaneurisma do ventrículo esquerdo (VE) é uma complicação rara do infarto agudo do miocárdio (IAM). O presente artigo relata o caso de um paciente de 67 anos visto em 2024 que, após um IAM em 2019, foi diagnosticado com um pseudoaneurisma do VE após queixas de dispneia e a realização de exames de imagem como ecocardiograma e ressonância magnética. O paciente foi submetido à cirurgia de aneurismectomia e revascularização, evoluindo de forma satisfatória no pós-operatório.

Introdução

Pseudoaneurisma de ventrículo esquerdo (VE) é uma entidade clínico-patológica e constitui uma complicação mecânica rara do infarto agudo do miocárdio (IAM).¹ É formado quando a ruptura cardíaca é contida por pericárdio ou tecido cicatricial, sem a presença de miocárdio como componente tecidual.¹ Geralmente, ocorre na parede ventricular inferior e posterior, pois rupturas da parede anterior tendem a levar ao tamponamento cardíaco e à morte imediata, enquanto que a face ínfero-posterior do coração se apoia sobre o diafragma, facilitando a contenção da cavidade ventricular pelo pericárdio.² Atendendo à sua composição, é grande o risco de ruptura, ditando a necessidade de correção cirúrgica.³

Relato do caso

Relatamos o caso de um paciente masculino de 67 anos, morador do estado da Bahia, hipertenso há 10 anos, diabético há 5 anos e ex-tabagista há 32 anos, com carga tabágica estimada em 51 maços-ano.

Em 2019, apresentou quadro de IAM com supradesnivelamento do segmento ST na parede

anterior. Porém, só chegou em unidade com serviço de hemodinâmica após 8 dias do diagnóstico, sem ter recebido terapia fibrinolítica. Ao ser admitido, realizou cineangiocoronariografia que evidenciou primeiro ramo diagonal com estenose de 90% e demais artérias coronarianas apenas com irregularidades parietais. Foi submetido à angioplastia transluminal e obteve alta hospitalar. Houve a orientação de acompanhamento ambulatorial no serviço de cardiologia, o que não foi seguido pelo paciente.

Após 5 anos, o paciente voltou em consulta solicitando liberação para cirurgia de herniorrafia inguinal. Queixava-se de dispneia aos médios esforços, como subir ladeira, mas afirmava que tal sintoma estava presente desde 2019, sem progressão. Negou associação com dor torácica ou outros equivalentes anginosos. O cirurgião geral relatou que havia massa no VE na tomografia de tórax.

Ao exame físico, possuía precórdio ativo, ictus cordis aparente visível e palpável no 4º espaço intercostal esquerdo, entre a linha hemiclavicular esquerda e linha axilar anterior, propulsivo, 3 polpas digitais. Vinha em uso de ácido acetilsalicílico 100 mg/dia, succinato de metoprolol 50 mg 12/12h, espironolactona 25 mg/dia, atorvastatina 80 mg/dia, enalapril 20 mg 12/12h, metformina XR 500 mg 12/12h. Optou-se pelo internamento para confirmação diagnóstica.

Na radiografia estava presente uma massa adjacente ao VE (Figura 1) e no eletrocardiograma foi possível notar supradesnivelamento do segmento ST residual em derivações precordiais (Figura 2).

No ecocardiograma transtorácico, houve a descrição de acinesia dos segmentos médio e apical das paredes anteroseptal, anteroapical, inferobasal e inferosseptal do VE, além de formação de pseudoaneurisma na parede inferolateral com disfunção sistólica global de grau importante, com fração de ejeção (FE) de 21% pelo método de Simpson. Foram observados enchimento diastólico e doppler tecidual compatíveis com disfunção diastólica do tipo 3 (padrão restritivo). No exame realizado em 2019, encontrava-se FE de 27% e comprometimento segmentar do VE com disfunção sistólica grave, sem menção à formação de pseudoaneurisma.

Foi realizada a ressonância cardíaca e assim foi estabelecido o diagnóstico de pseudoaneurisma do VE com tamanho de 48 × 36 × 30 mm a partir do segmento anterior apical, com colo de 30 mm. Apresentava realce tardio transmural maior que 50% em toda a região apical e anteroseptal (Figura 3).

O paciente foi submetido à nova cineangiocoronariografia pela programação de intervenção cirúrgica, sendo visto

Palavras-chave

Falso Aneurisma; Diagnóstico por Imagem; Ruptura Cardíaca Pós-Infarto

Correspondência: Angélica Pedreira da Silva •

Hospital Santa Izabel. Praça Conselheiro Almeida Couto. CEP: 40050-410. Salvador, BA – Brasil

E-mail: angelica.pedreira@outlook.com

Artigo recebido em 26/01/2025; revisado em 26/03/2025;

aceito em 27/04/2025

Editor responsável pela revisão: Isabela Costa

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250006>

primeiro ramo marginal com 75% de estenose na bifurcação, segundo ramo marginal com 90% de estenose ostial, ramo pósterio-lateral com 75% a 90% em terço médio e coronária direita com 75% em terço médio (Figura 4).

O paciente foi encaminhado para cirurgia de aneurismectomia e revascularização de ramo marginal e coronária direita com ponte de safena. Constatou-se, durante a cirurgia, o diagnóstico de pseudoaneurisma (Figura 5). No pós-operatório, evoluiu com acidente vascular cerebral após episódio de fibrilação atrial de alta reposta ventricular, porém recebeu alta cerca de 7 dias após o procedimento e sem sequelas.

Discussão

O IAM é a causa mais comum de pseudoaneurisma do VE (55%). Menos frequentemente, os pseudoaneurismas ocorrem como complicação de cirurgia cardíaca, trauma torácico, em consequência de endocardite e, raramente, após pericardite supurativa ou infiltração tumoral.^{1,4,5}

As complicações mecânicas no contexto de IAM são, atualmente, pouco frequentes em virtude da implementação eficaz de estratégias de revascularização precoce. Ainda que rara, a ruptura cardíaca é um dos eventos mais temíveis.³ No caso do pseudoaneurisma, cerca de 30% a 45% possuem a chance de ruptura e, diante disso, a intervenção cirúrgica pode diminuir substancialmente esse risco.^{1,4,5}

Alguns pacientes podem apresentar sintomas de insuficiência cardíaca pela disfunção ventricular esquerda. Porém, cerca de 10% são assintomáticos.⁴

O pseudoaneurisma pode ser detectado à radiografia do tórax como uma área adjacente ao coração. Ao eletrocardiograma, pode haver alterações inespecíficas de repolarização.⁶

O ecocardiograma identifica alteração em 90% dos casos, mas cerca de 67% a 75% dos casos são confundidos com aneurisma.^{4,5,7} A ventriculografia esquerda, por seu lado, tem sido considerada uma modalidade de imagem importante, com uma acuidade diagnóstica da ordem dos 85%, uma vez que é possível determinar o colo do pseudoaneurisma e a ausência de coronárias circundantes.^{3,7}

Em 2005, Konen et al. avaliaram 22 imagens de ressonância cardíaca de pacientes com pseudoaneurisma ou aneurisma do VE. O realce tardio pericárdico era mais comum nos pacientes com pseudoaneurisma, levando a uma sensibilidade de 100% e especificidade de 83,3%. Para esses pacientes, o volume diastólico final era maior do que naqueles com aneurisma verdadeiro. Assim, este exame tem papel importante para diferenciar as duas patologias.⁸

O tratamento para os casos agudos e sintomáticos se restringe à correção cirúrgica, sendo levado em consideração o risco do paciente.¹

Em 1998, Yeo et al. acompanharam 52 pacientes com pseudoaneurisma por cerca de 4 anos. A maioria teve

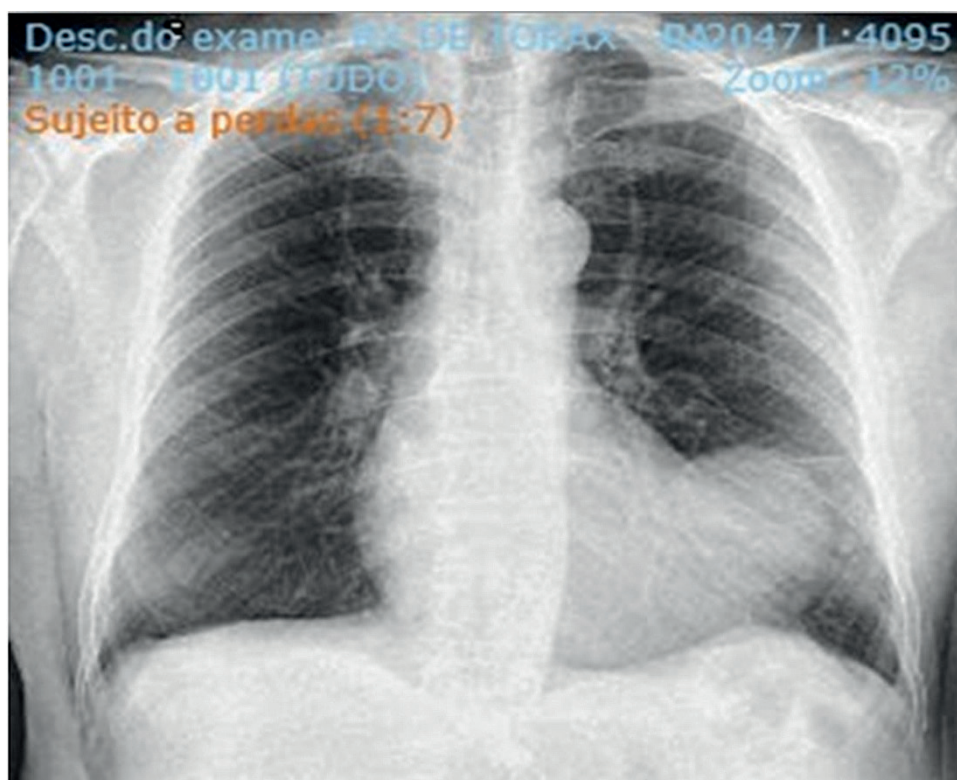


Figura 1 – Radiografia de tórax. Alteração da silhueta cardíaca.

Relato de Caso

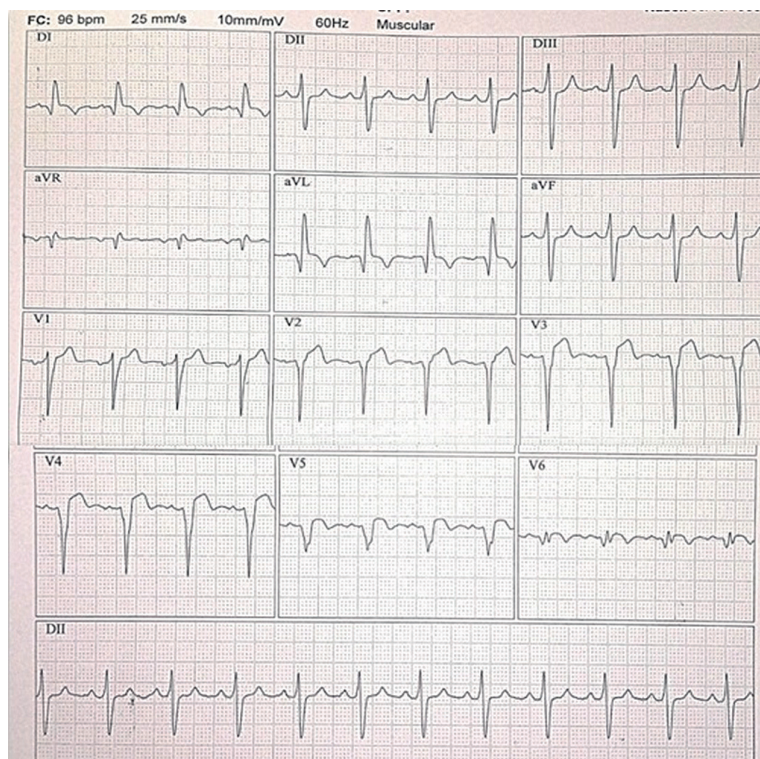


Figura 2 – Eletrocardiograma. Supradesnivelamento do segmento ST em V1 a V5.

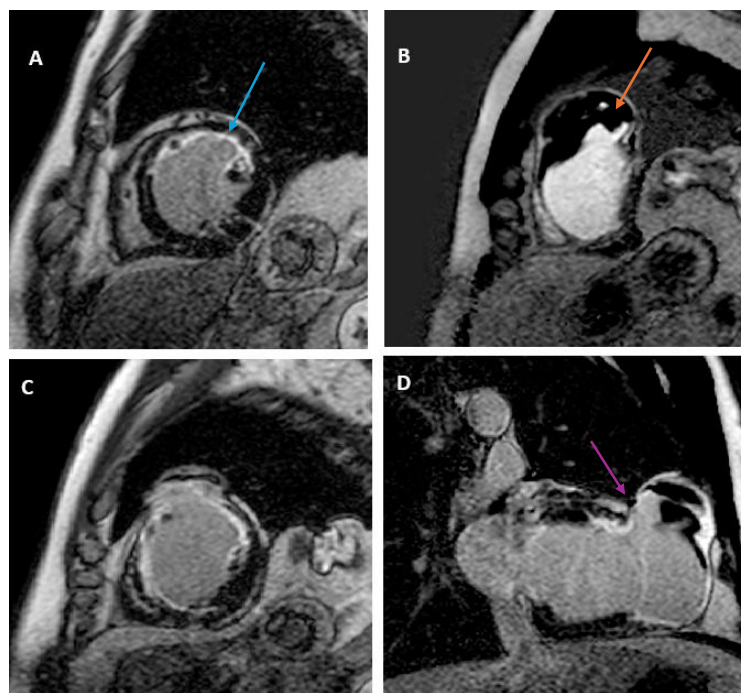


Figura 3 – Cine-ressonância magnética cardíaca. Na imagem A, na região média do coração, é possível notar área de infarto anterior pela presença do realce tardio (seta azul). Na imagem B, numa visualização apical, há a constatação de trombo intracavitário (seta laranja). Na imagem D, o colo do pseudoaneurisma torna-se evidente (seta roxa).

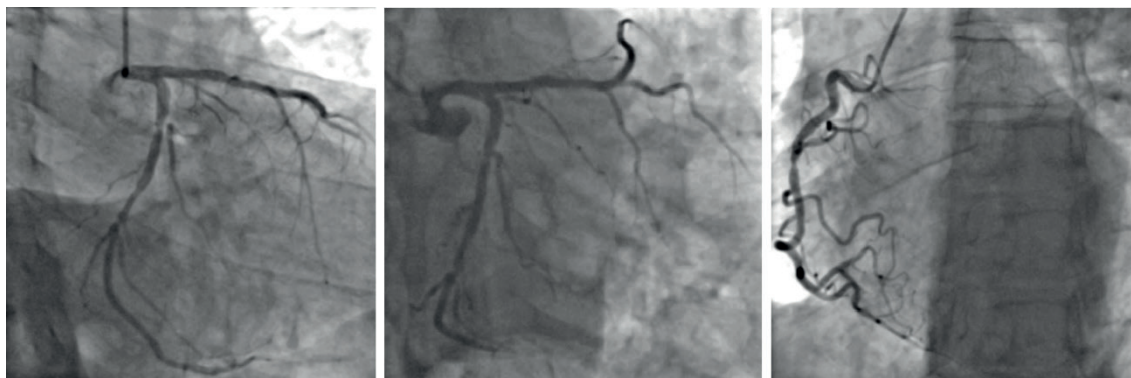


Figura 4 – Cineangiogramia. Padrão biarterial residual, com lesões significativas em território direito e de circunflexa.

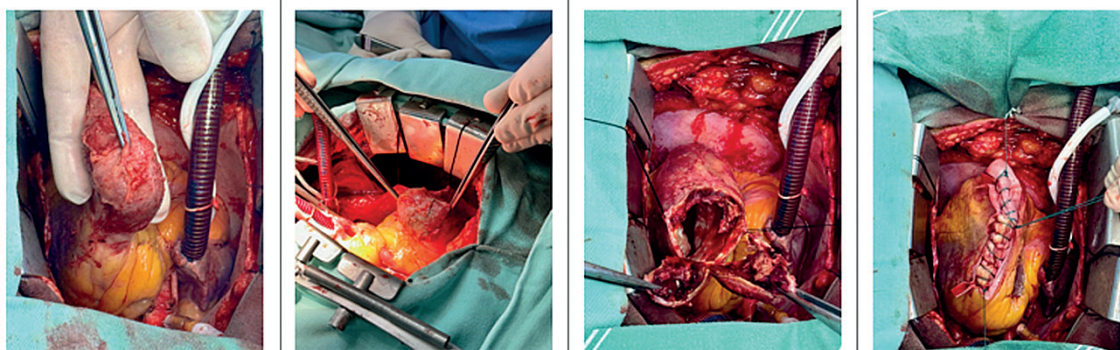


Figura 5 – Cirurgia cardíaca. Aneurismectomia.

o diagnóstico de forma incidental; 42 pacientes foram submetidos à correção cirúrgica e a mortalidade chegou a 7%. Dez pacientes foram tratados de forma conservadora; não foram submetidos ao procedimento pelo risco elevado. Dezenove pacientes faleceram com 2,3 anos de estudo, sendo 6 do grupo conservador. Não houve relato de ruptura.^{9,10}

Seguindo esse mesmo modelo, em 2003, Moreno et al. acompanharam 10 pacientes ao longo de 3,8 anos, todos com diagnóstico de pseudoaneurisma e em tratamento conservador, sendo que nenhum deles evoluiu para ruptura fatal nesse período. Porém, a incidência de acidente vascular cerebral chegou a 33%, o que sugere a possibilidade de anticoagulação crônica adjacente ao tratamento.¹⁰

De acordo com Faustino et al., para casos crônicos, o tratamento ainda não é um consenso, mas a indicação cirúrgica se torna rotineira pelo risco de ruptura e embolização trombótica. Em pacientes com pseudoaneurisma maior que 3 cm, o procedimento é indiscutível.⁴ No caso de pacientes com alto risco cirúrgico, pode-se avaliar o procedimento percutâneo. Como é uma afecção que também pode estar presente em pacientes previamente operados, a presença de aderências dificulta o manejo intraoperatório e eleva a mortalidade. Os defeitos

podem ser ocluídos com oclusores septais, assim como os usados nas cardiopatias congênitas.^{1,4,11}

Conclusão

Este caso ilustra a importância do diagnóstico do pseudoaneurisma do VE, que levou ao comprometimento da FE. É uma condição rara que pode permanecer assintomática por anos, mas apresenta risco significativo de complicações. A vigilância e o acompanhamento regular são essenciais, especialmente em pacientes com histórico de IAM. O diagnóstico e a intervenção cirúrgica são fundamentais pelo risco elevado de ruptura, mesmo na ausência de sintomas. Modalidades de imagem, como a ressonância magnética, são cruciais para avaliação e planejamento do tratamento.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Silva AP, Feitosa GS; obtenção de dados: Silva AP, Moitinho RF, Torreão JA; análise e interpretação dos dados: Silva AP, Feitosa GS, Leal GCV, Moitinho RF, Torreão JA; redação do manuscrito: Silva AP; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Feitosa GS, Leal GCV, Torreão JA.

Relato de Caso

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo *Comitê de Ética do Hospital Santa Izabel* sob o número de protocolo

90416125.4.0000.5520. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Inayat F, Ghani AR, Riaz I, Ali NS, Sarwar U, Bonita R, et al. Left Ventricular Pseudoaneurysm: An Overview of Diagnosis and Management. *J Investig Med High Impact Case Rep.* 2018;6:2324709618792025. doi: 10.1177/2324709618792025.
2. Coelho SC, Jorge CF, Carlos PB, Delgado A, Vicente L. Evolved Inferior Wall Myocardial Infarction with Left Ventricular Pseudoaneurysm: A Diagnostic Dilemma. *Arq Bras Cardiol.* 2020;114(4):730-1. doi: 10.36660/abc.20200029.
3. Oliveira SM, Dias P, Pinho T, Gavina C, Almeida PB, Madureira AJ, et al. Giant Left Ventricular Pseudoaneurysm: The Diagnostic Contribution of Different Non-Invasive Imaging modalities. *Rev Port Cardiol.* 2012;31(6):439-44. doi: 10.1016/j.repc.2012.04.009.
4. Faustino M, Ranchordás S, Abecasis J, Freitas A, Ferreira M, Gil V, et al. Left Ventricular Pseudoaneurysm - A Challenging Diagnosis. *Rev Port Cardiol.* 2016;35(6):373.e1-6. doi: 10.1016/j.repc.2015.09.008.
5. Jacob JL, Buzelli G, Machado NC, Garzon PG, Garzon SA. Pseudoaneurysm of Left Ventricle. *Arq Bras Cardiol.* 2007;89(1):e1-2. doi: 10.1590/s0066-782x2007001300012.
6. Fialho GL, Fischer CH, Cordovil A, Campos O Filho. Chronic Left Ventricular Pseudoaneurysm of Undetermined Etiology. *Arq Bras Cardiol.* 2010;94(1):e4-6. doi: 10.1590/s0066-782x2010000100024.
7. Frances C, Romero A, Grady D. Left Ventricular Pseudoaneurysm. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32(3):557-61. doi: 10.1016/s0735-1097(98)00290-3.
8. Konen E, Merchant N, Gutierrez C, Provost Y, Mickleborough L, Paul NS, et al. True versus False Left Ventricular Aneurysm: Differentiation with MR Imaging--Initial Experience. *Radiology.* 2005;236(1):65-70. doi: 10.1148/radiol.2361031699.
9. Yeo TC, Malouf JF, Oh JK, Seward JB. Clinical Profile and Outcome in 52 Patients with Cardiac Pseudoaneurysm. *Ann Intern Med.* 1998;128(4):299-305. doi: 10.7326/0003-4819-128-4-199802150-00010.
10. Moreno R, Gordillo E, Zamorano J, Almeria C, Garcia-Rubira JC, Fernandez-Ortiz A, et al. Long Term Outcome of Patients with Postinfarction Left Ventricular Pseudoaneurysm. *Heart.* 2003;89(10):1144-6. doi: 10.1136/heart.89.10.1144.
11. Manica JLL, Bender LP, Borges MS, Prates PRL, Rossi-Filho RI. Percutaneous Treatment of Left Ventricle and Aortic Pseudoaneurysms: Three Case Series. *Rev Bras Cardiol Invasiva.* 2015;23(1):73-6. doi: 10.1016/j.rbciev.2015.02.002.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Turmoil de Sintomas: O Impacto Devastador de um Linfoma Cardíaco – Múltiplas Manifestações Clínicas e as Causas Letais de Acometimento Cardíaco

Turmoil of Symptoms: The Devastating Impact of Cardiac Lymphoma – Multiple Clinical Manifestations and the Lethal Causes of Cardiac Involvement

Gustavo Carvalho,¹ Maria Fernanda Miranda Carvalho,¹ Tiago Magalhães,^{1,2} Alexandre Manoel Varela,³ Kamila Fernanda Staszko,¹ Mariana Rie Hayashida¹

Universidade Federal do Paraná,¹ Curitiba, PR – Brasil

Hospital do Coração,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital Erasto Gaertner,³ Curitiba, PR – Brasil

Resumo

O linfoma cardíaco primário (LCP) é uma neoplasia rara e altamente letal, cuja apresentação clínica inespecífica dificulta o diagnóstico precoce. Este artigo relata o caso de um paciente idoso, previamente saudável, que apresentou tonturas e síncope por quatro meses antes da descoberta de uma grande massa tumoral no coração. Exames de imagem, como ecocardiograma e ressonância magnética, foram cruciais para a identificação do tumor, e a biópsia confirmou tratar-se de um linfoma de células B com alta replicação. No entanto, diante da gravidade do quadro e da recusa da família em prosseguir com o tratamento, o paciente evoluiu para morte súbita duas semanas após o diagnóstico. Os tumores cardíacos primários (TCPs) são subdiagnosticados, com sintomas variados que podem incluir obstruções vasculares, arritmias e insuficiência cardíaca. Os LCPs representam apenas 1 a 2% das massas cardíacas primárias, sendo mais comuns em homens idosos. O diagnóstico é desafiador devido à ausência de sinais específicos, tornando exames de imagem e biópsias fundamentais para a confirmação da doença. O caso ilustra a complexidade do manejo dos LCPs, cuja evolução rápida limita as opções terapêuticas. A falta de sintomas específicos e a progressão silenciosa ressaltam a importância do diagnóstico precoce. A alta taxa de mortalidade reforça a necessidade de maior atenção médica para essa condição, que frequentemente leva a desfechos fatais antes da possibilidade de intervenção eficaz.

Introdução

Os tumores cardíacos primários (TCPs) são entidades raras na prática clínica, podendo ser classificados como lesões benignas

(mixomas) e malignas (sarcomas e linfomas).^{1,2} Com o aumento da expectativa de vida da população, é esperado o incremento na incidência desses tumores, assim, cresce a necessidade de maior atenção aos seus possíveis sintomas, principalmente ao considerar que suas manifestações clínicas são diversas.^{2,3}

Tendo isso em vista, é importante ressaltar que os TCPs frequentemente são subdiagnosticados, podendo levar o paciente à óbito antes que uma abordagem terapêutica possa ser efetivamente implementada.² No caso a ser discorrido neste artigo, é retratado um linfoma miocárdico primário em um idoso, previamente hígido, que evoluiu para morte súbita duas semanas após o diagnóstico.

Com isso, o objetivo desse estudo é discutir as particularidades clínicas e diagnósticas dos TCPs.

Relato de Caso

Homem, 78 anos de idade, previamente hígido, com queixa de tonturas e síncope com evolução de 4 meses. Chegou a ser atendido em outras unidades de pronto atendimento, porém houve piora progressiva de suas insatisfações.

Ao exame físico, nada digno de nota. No eletrocardiograma, ritmo sinusal e alteração difusa da repolarização ventricular. Radiografia de tórax demonstrando área cardíaca no limite superior da normalidade e velamento dos seios costofrênicos bilateralmente. Ao ecocardiograma transtorácico foi constatado grande massa tumoral infiltrada no septo interventricular e na parede ínfero-lateral do ventrículo direito, invadindo as cavidades atrial e ventricular direita, e a cavidade ventricular esquerda junto ao septo (Figura 1).

Diante disso, foi encaminhado para exame de ressonância magnética para melhor estudo da neoplasia, que corroborou os achados do ecocardiograma (Figura 2). A biópsia endomiocárdica foi realizada guiada pelo ecocardiograma transtorácico e pela fluoroscopia, realizados simultaneamente na sala de Hemodinâmica. O estudo anatomopatológico e a análise imuno-histoquímica concluíram se tratar de um linfoma de células B invasivo com intensa replicação celular (Figura 3).

Após o esclarecimento detalhado do caso clínico complexo e grave para o próprio paciente e seus familiares, eles se recusaram implementação de qualquer tipo de tratamento e solicitaram alta para seu domicílio, onde permaneceu

Palavras-chave

Neoplasias Cardíacas; Ecocardiografia; Arritmias Cardíacas; Biópsia

Correspondência: Gustavo Carvalho •

CHC UFPR. Dionira M Klemtz, 201, casa 107. CEP: 81320-390. Bairro

Fazendinha, Curitiba, PR – Brasil

E-mail: gustavocarvalho1975@gmail.com

Artigo recebido em 05/05/2025; revisado em 05/05/2025;

aceito em 05/05/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250033>

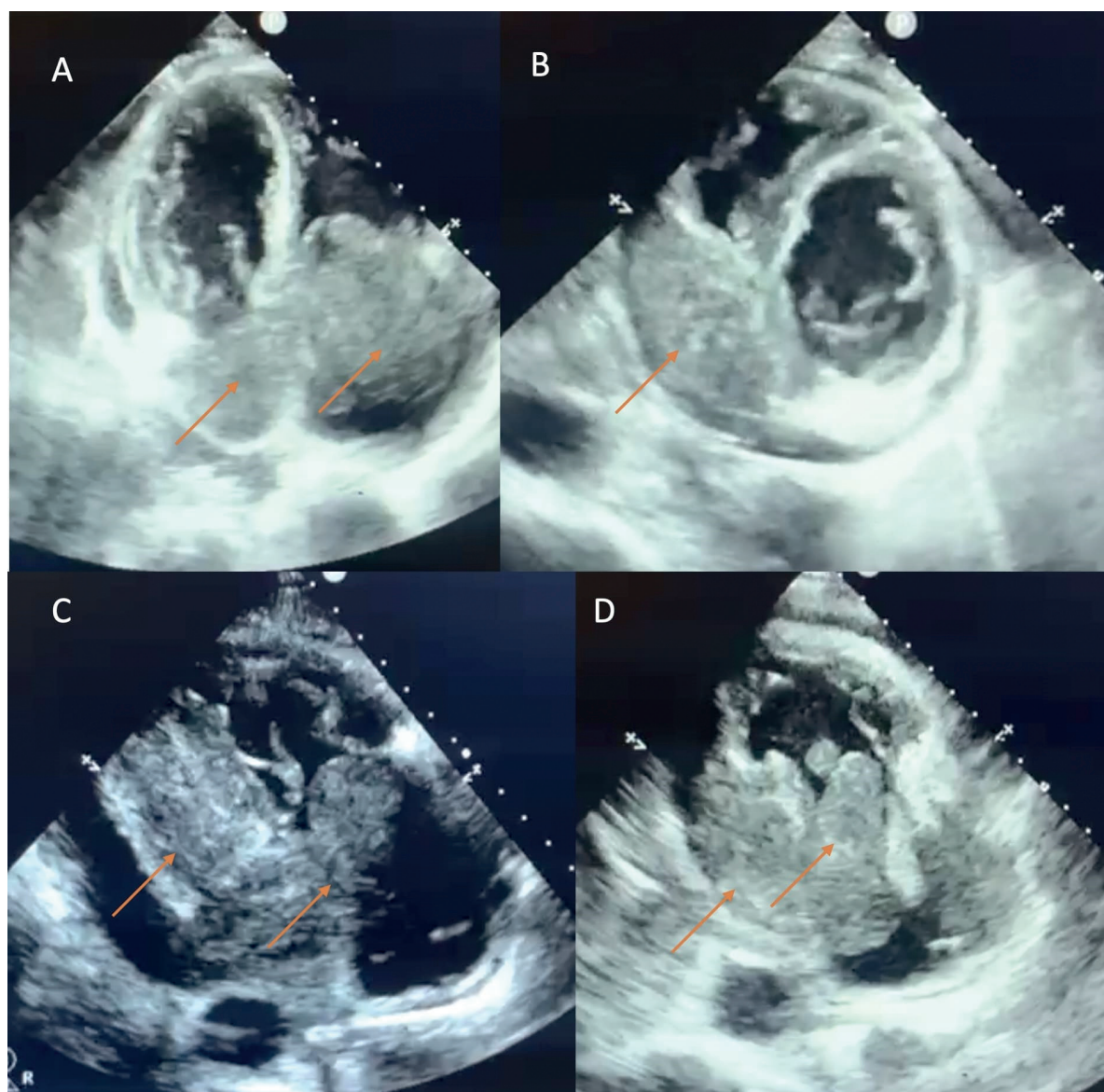


Figura 1 – Ecocardiograma transtorácico demonstrando massa tumoral infiltrada nas válvulas atrioventriculares, no miocárdio ventricular ao nível do septo, paredes anterior e inferior de ambos ventrículos. Além disso, o tumor ocupa cavidades atriais e ventricular direita (setas). Derrame pericárdico.

assintomático por cerca de mais duas semanas, quando apresentou morte súbita.

Discussão

Os TCPs, apesar de serem relatados desde o século XVI, são pouco frequentes na prática clínica, variando de **0,0017% a 0,03%** em estudos de necrópsia.¹⁻³ Podem se manifestar principalmente como lesões benignas, com uma taxa de incidência de 75%, ou como malignas, com 25%.³⁻⁵

Os linfomas cardíacos primários (LCPs), por sua vez, são classificados como uma neoplasia maligna, representando

cerca de 1 a 2% de todos os casos de massas cardíacas primárias.²⁻⁵ Apesar de, em geral, os TCPs acometerem mais mulheres, os linfomas cardíacos primários são mais comuns em homens acima de 60 anos, fato bem representado pelo paciente descrito neste relato.⁴⁻⁶

Os LCPs reproduzem quadros clínicos muitas vezes inespecíficos e multivariados. Os pacientes acometidos podem ser, inicialmente, desde assintomáticos e oligossintomáticos, que com sua evolução, apresentam sinais e sintomas diversos decorrente do acometimento direto e/ou indireto de múltiplos órgãos e sistemas, por mecanismos heterogêneos, simultâneos e diversificados, como os fenômenos vasculares obstrutivos

Relato de Caso

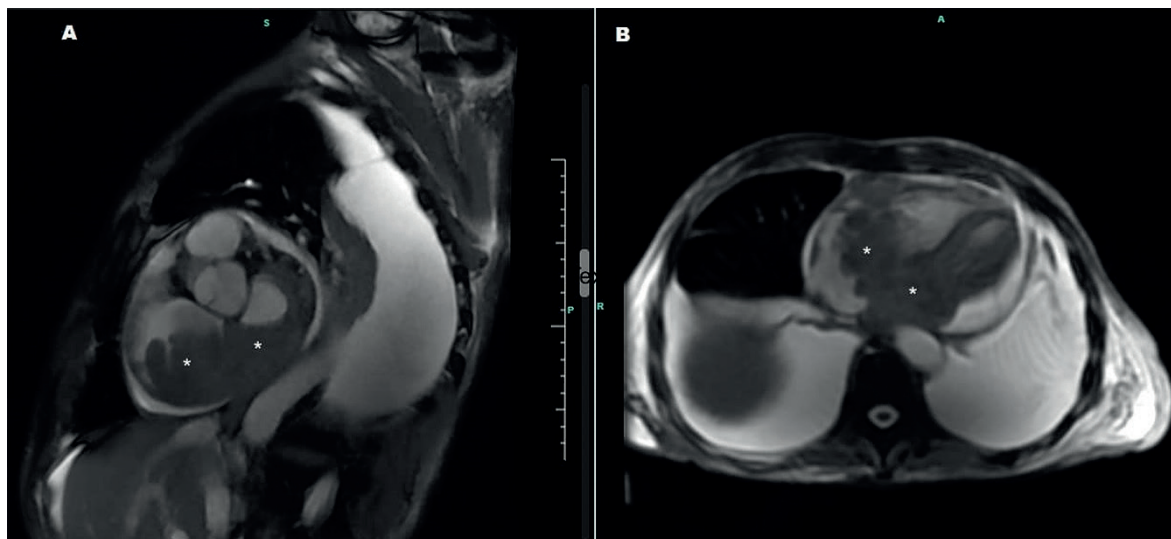


Figura 2 – Ressonância Magnética demonstrando a extensão do envolvimento cardíaco pelo linfoma (*) demonstrados nos eixos sagital (A) e transversal (B), além de derrame pericárdico e pleural bilateral.

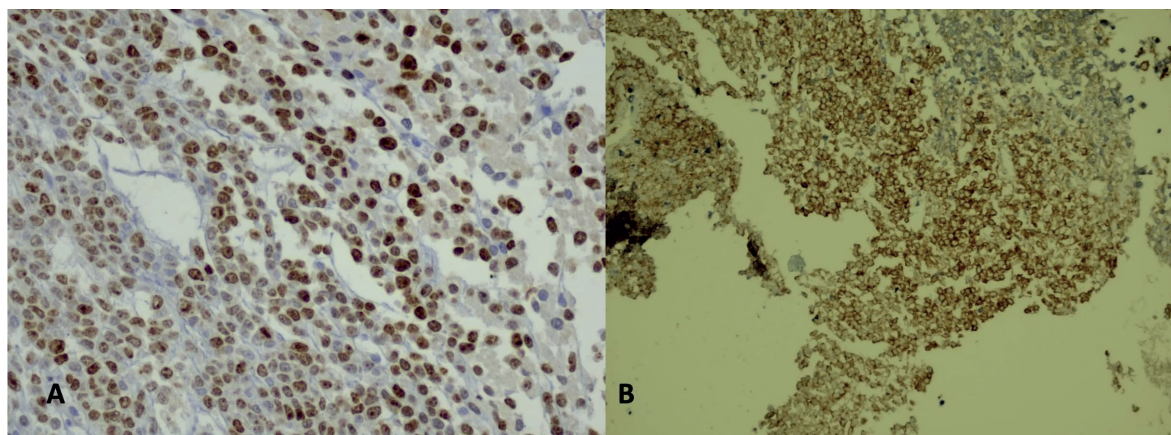


Figura 3 – Achados histopatológicos e de imuno-histoquímica demonstrando o linfoma de células B com intensa proliferação celular no *kie67* (A), e os linfócitos B marcados no *CD20* (B).

recorrentes por trombos e/ou fragmentos tumorais (acidente vascular cerebral, embolias arteriais periféricas e viscerais e trombo embolia pulmonar).⁴⁻⁷

O próprio tumor pode ocasionar uma obstrução fixa ou transitória do fluxo sanguíneo intracardíaco, a depender de suas dimensões e morfologia (intramural ou intracavitário pedunculado), e ainda, comprometendo o débito cardíaco.^{2,4} Uma vez que há o acometimento do sistema de condução elétrico do miocárdio, as arritmias podem se fazer presentes, e inesperadamente fatais, como possivelmente ocorreu no caso aqui apresentado.⁵⁻⁷

Tendo isso em vista, diante de casos de tumores cardíacos, é inegável que com a sintomatologia inespecífica, firmar um diagnóstico a tempo de se aplicar uma terapêutica efetiva é considerado um desafio para a equipe de assistência à saúde, assim como fora demonstrado no caso deste relato.^{6,7} Outrossim, faz-se imprescindível ressaltar a importância dos exames de imagem como o ecocardiograma e a ressonância magnética cardíaca, no papel de detecção dessas massas tumorais que também auxiliam na realização das biópsias endomiocárdica, para que um diagnóstico histopatológico seja concretamente definido.⁸⁻¹²

Conclusão

O linfoma cardíaco primário (LCP) representa uma condição rara, mas de extrema gravidade, cuja apresentação clínica inespecífica e evolução silenciosa tornam seu diagnóstico um grande desafio. Como discutido neste relato, suas múltiplas manifestações podem mascarar a real extensão da doença, resultando em um prognóstico desalentador. O acometimento cardíaco pelo linfoma não apenas compromete a função do órgão, mas também expõe o paciente a um alto risco de eventos letais, como arritmias fatais e obstruções vasculares críticas.

Diante desse cenário, a importância de uma investigação precoce e criteriosa, utilizando exames de imagem, aspectos histopatológicos e imuno-histoquímicos para a definição diagnóstica é fundamental. No entanto, como evidenciado no caso descrito, mesmo com o diagnóstico estabelecido, as opções terapêuticas podem ser limitadas pela rápida progressão da doença e pelas decisões do próprio paciente.

Assim, o impacto devastador do linfoma cardíaco vai além das suas repercussões fisiológicas, estendendo-se à limitação terapêutica e ao desfecho abrupto, ressaltando a necessidade de maior atenção e entendimento médico-científico para futuras abordagens dessa entidade insólita e fatal.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Carvalho G; obtenção de dados: Carvalho G, Carvalho MFM, Magalhães T, Hayashida MR, Staszko KF; análise e interpretação dos dados: Carvalho G, Carvalho MFM, Varela AM; redação do manuscrito: Carvalho G, Carvalho MFM; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Carvalho G, Carvalho MFM, Magalhães T, Hayashida MR, Staszko KF, Varela AM; revisão das referências:

Carvalho MFM; imagens da ressonância magnética: Magalhães T; análise da anatomia patológica: Hayashida MR; imagens do ecocardiograma: Staszko KF.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital De Clínicas Da Universidade Federal Do Paraná sob o número de protocolo 90118225.4.0000.0096. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. Houve dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Leja MJ, Shah DJ, Reardon MJ. Primary Cardiac Tumors. *Tex Heart Inst J*. 2011;38(3):261-2.
2. Tyebally S, Chen D, Bhattacharyya S, Mughrabi A, Hussain Z, Manisty C, et al. Cardiac Tumors: JACC CardioOncology State-of-the-Art Review. *JACC CardioOncol*. 2020;2(2):293-311. doi: 10.1016/j.jacc.2020.05.009.
3. Cresti A, Chiavarelli M, Glauber M, Tanganelli P, Scalese M, Cesareo F, et al. Incidence Rate of Primary Cardiac Tumors: A 14-Year Population Study. *J Cardiovasc Med*. 2016;17(1):37-43. doi: 10.2459/JCM.0000000000000059.
4. Carras S, Berger F, Chababreysse L, Callet-Bauchut E, Cordier JF, Salles G, et al. Primary Cardiac Lymphoma: Diagnosis, Treatment and Outcome in a Modern Series. *Hematol Oncol*. 2017;35(4):510-9. doi: 10.1002/hon.2301.
5. Sarjeant JM, Butany J, Cusimano RJ. Cancer of the Heart: Epidemiology and Management of Primary Tumors and Metastases. *Am J Cardiovasc Drugs*. 2003;3(6):407-21. doi: 10.2165/00129784-200303060-00004.
6. Butany J, Nair V, Naseemuddin A, Nair GM, Catton C, Yau T. Cardiac Tumors: Diagnosis and Management. *Lancet Oncol*. 2005;6(4):219-28. doi: 10.1016/S1470-2045(05)70093-0.
7. Bruce CJ. Cardiac Tumours: Diagnosis and Management. *Heart*. 2011;97(2):151-60. doi: 10.1136/hrt.2009.186320.
8. Biersmith MA, Tong MS, Guha A, Simonetti OP, Addison D. Multimodality Cardiac Imaging in the Era of Emerging Cancer Therapies. *J Am Heart Assoc*. 2020;9(2):e013755. doi: 10.1161/JAHA.119.013755.
9. Zaragoza-Macias E, Chen MA, Gill EA. Real Time Three-Dimensional Echocardiography Evaluation of Intracardiac Masses. *Echocardiography*. 2012;29(2):207-19. doi: 10.1111/j.1540-8175.2011.01627.x.
10. Motwani M, Kidambi A, Herzog BA, Uddin A, Greenwood JP, Plein S. MR Imaging of Cardiac Tumors and Masses: A Review of Methods and Clinical Applications. *Radiology*. 2013;268(1):26-43. doi: 10.1148/radiol.13121239.
11. Jeong D, Patel A, Francois CJ, Gage KL, Fradley MG. Cardiac Magnetic Resonance Imaging in Oncology. *Cancer Control*. 2017;24(2):147-60. doi: 10.1177/107327481702400207.
12. Esposito A, De Cobelli F, Ironi G, Marra P, Canu T, Mellone R, et al. CMR in the Assessment of Cardiac Masses: Primary Malignant Tumors. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7(10):1057-61. doi: 10.1016/j.jcmg.2014.08.002.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Síndrome de Lutembacher Associada à Hipertensão Pulmonar: A Importância do Diagnóstico Precoce para Viabilizar o Tratamento Cirúrgico

Lutembacher Syndrome Associated With Pulmonary Hypertension: The Importance of Early Diagnosis for Enabling Surgical Treatment

Ana Luiza Caldeira Lopes,¹ Maria Estefânia Bosco Otto,² Bianca Corrêa Rocha de Mello,^{1,3} Michelle Bruna da Silva Sena,¹ Wagner Luis Galí¹

Hospital Universitário de Brasília,¹ Brasília, DF – Brasil

Universidade de Brasília,² Brasília, DF – Brasil

Instituto de Cardiologia e Transplantes do Distrito Federal,³ Brasília, DF – Brasil

Introdução

A síndrome de Lutembacher (SL) é definida pela presença concomitante de comunicação interatrial (CIA) e estenose mitral (EM). Embora seja uma condição rara, sua importância clínica decorre do impacto hemodinâmico significativo e da possibilidade de evolução precoce para hipertensão pulmonar (HP) irreversível.

A prevalência exata da SL permanece desconhecida. No entanto, para fins de estimativa, considera-se que a EM é a manifestação mais frequente da febre reumática (FR) em mulheres jovens,¹ sendo que a prevalência de FR em países em desenvolvimento varia entre 5 e 10 casos por 1.000 crianças. Além disso, a incidência de CIA congênita em pacientes com EM situa-se entre 0,6% e 0,7%.²

Os efeitos hemodinâmicos da SL variam de acordo com o tamanho da CIA, a gravidade da EM, a complacência do ventrículo direito (VD) e o grau de resistência vascular pulmonar (RVP). Quando a EM é grave e a CIA apresenta repercussão hemodinâmica significativa, há um desvio do fluxo sanguíneo do átrio esquerdo (AE) para o átrio direito (AD), o que impede o aumento proporcional da pressão no AE em relação à gravidade da EM. Nesses casos, o desenvolvimento da hipertensão venosa pulmonar tende a ser mais lento. Entretanto, observa-se dilatação progressiva das câmaras direitas e hiperfluxo pulmonar, como no caso aqui descrito. Quando não tratada, a RVP tende a se elevar continuamente, culminando em insuficiência do VD. A hipertensão arterial pulmonar (HAP) nesses pacientes é geralmente hipercinética, decorrente da sobrecarga volumétrica nas câmaras direitas e do hiperfluxo pulmonar,

em contraste com a HAP observada na EM isolada grave, em que predomina a sobrecarga de pressão retrógrada. Nos casos em que a CIA não apresenta repercussão hemodinâmica relevante, o shunt é discreto e o quadro evolui de maneira semelhante ao da EM isolada.^{3,4}

Este relato de caso foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Brasília sob o número de protocolo 86333025.3.0000.5558.

Relato de caso

Mulher de 54 anos procurou atendimento apresentando quadro de dispneia aos mínimos esforços, palpitações, tosse seca e edema de membros inferiores. Relatava histórico de cardiopatia desde 2017, com múltiplas internações ao longo dos anos. O exame físico revelou sinais de congestão sistêmica e pulmonar, sopro diastólico mitral em ruflar 3+/6+ e desdobramento fixo da segunda bulha.

A eletrocardiografia (ECG) evidenciou flutter atrial e sinais de sobrecarga de câmaras direitas (Figura 1). A radiografia de tórax demonstrou aumento das câmaras direitas e congestão pulmonar (Figura 2). O ecocardiograma transtorácico revelou CIA do tipo *ostium secundum*, medindo 25 mm, com razão entre fluxo pulmonar (Qp) e sistêmico (Qs) de 2,5 e presença de shunt bidirecional. Observou-se aumento das câmaras direitas, com volume do AD de 92 ml/m², VD com diâmetro basal de 63 mm e diâmetro médio de 44 mm, além de disfunção moderada do VD, com hipocinesia difusa (*tricuspid annular plane systolic* [TAPSE]: 15 mm; *fractional area change* [FAC]: 25%). Evidenciou-se ainda EM acentuada, com área valvar de 1,2 cm² pelo método da planimetria e gradiente médio de 9 mmHg. O escore de Block Wilkins foi 11 (espessura: 2; calcificação: 2; mobilidade: 3; subvalvar: 2). A pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) estimada foi de 60 mmHg. Diante desses achados, estabeleceu-se o diagnóstico de SL (Figura 3 e Vídeo 1).

Além disso, dando seguimento à investigação da HP, foi realizada angiotomografia da artéria pulmonar com o objetivo de excluir tromboembolismo pulmonar crônico como possível mecanismo associado. O exame evidenciou aumento do tronco da artéria pulmonar, dilatação das câmaras direitas e ausência de obstruções na artéria pulmonar e em seus ramos (Figura 4).

Palavras-chave

Síndrome de Lutembacher; Hipertensão Pulmonar; Estenose da Valva Mitral; Comunicação Interatrial.

Correspondência: Ana Luiza Caldeira Lopes •

Hospital Universitário de Brasília. Campus Universitário Darcy Ribeiro, Asa Norte. CEP: 70840-901. Brasília, DF – Brasil

E-mail: analuizacaldeira93@gmail.com

Artigo recebido em 17/05/2025; revisado em 19/05/2025; aceito em 21/06/2025

Editor responsável pela revisão: Andrea Vilela

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250043>

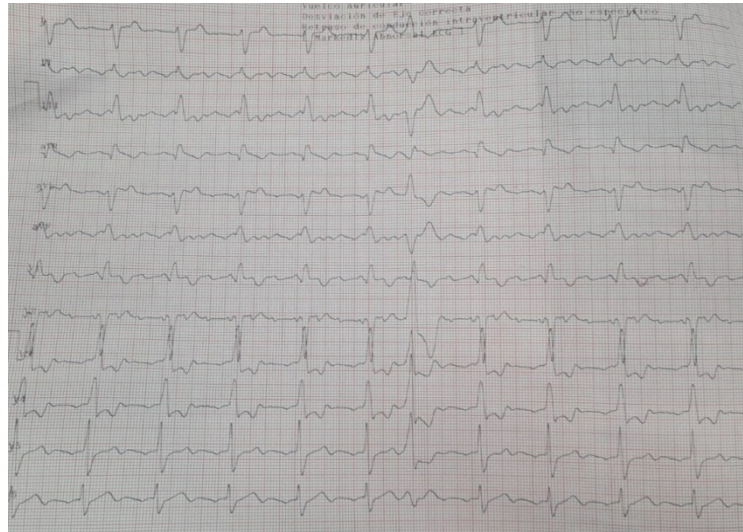


Figura 1 – ECG de 12 derivações em repouso apresentando flutter atrial atípico, desvio de eixo para direita e sobrecarga de câmaras direitas. Fonte: Arquivo interno do Hospital Universitário de Brasília.

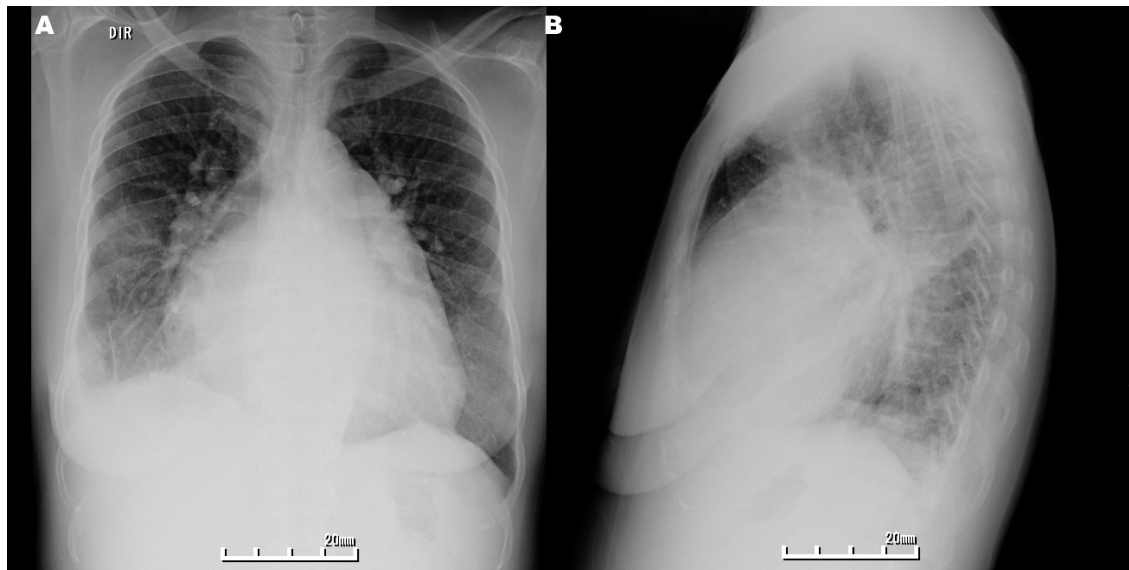


Figura 2 – Radiografia de tórax. A) Incidência posteroanterior e B) perfil evidenciando cardiomegalia e aumento das câmaras direitas. Fonte: Arquivo interno do Setor de Radiologia do Hospital Universitário de Brasília

Após otimização clínica com diuréticos, betabloqueador e sildenafil, a paciente foi submetida a cateterismo cardíaco direito, o qual confirmou HP de etiologia mista. Os achados hemodinâmicos incluíram pressão média da artéria pulmonar de 49 mmHg, pressão de oclusão da artéria pulmonar de 20 mmHg, RVP de 4,18 Unidades Wood e gradiente diastólico pulmonar de 10 mmHg. Durante o exame, observou-se resposta vasodilatadora favorável ao óxido nítrico, indicando que a HP não era fixa. Diante desses achados, foi indicada a

correção cirúrgica da EM e da CIA. Atualmente, a paciente encontra-se em fila para realização do procedimento.

Discussão

A evolução inicial da SL costuma ser oligossintomática, uma vez que a presença da CIA promove alívio da sobrecarga no AE causada pela EM, retardando o aparecimento de sintomas e o desenvolvimento da HP. Contudo, o shunt crônico leva ao

Relato de Caso

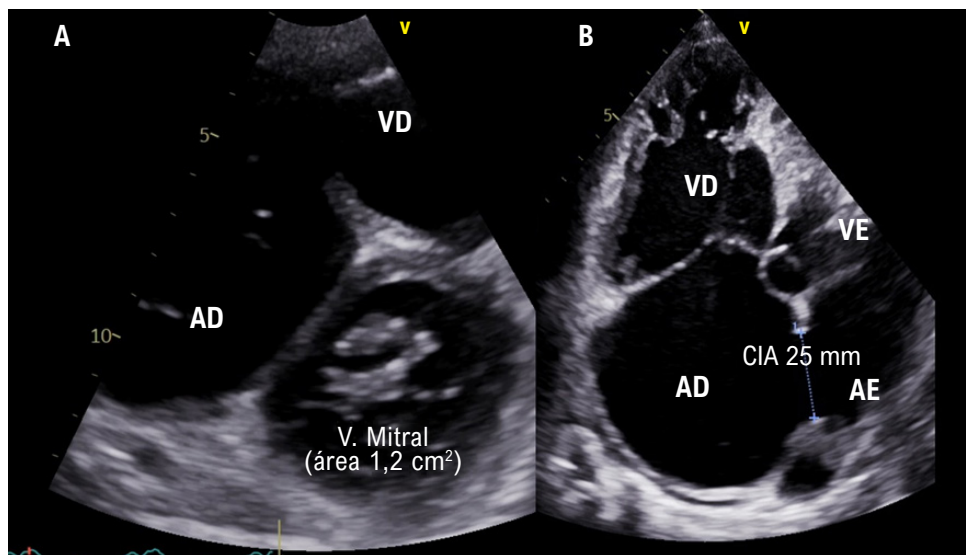
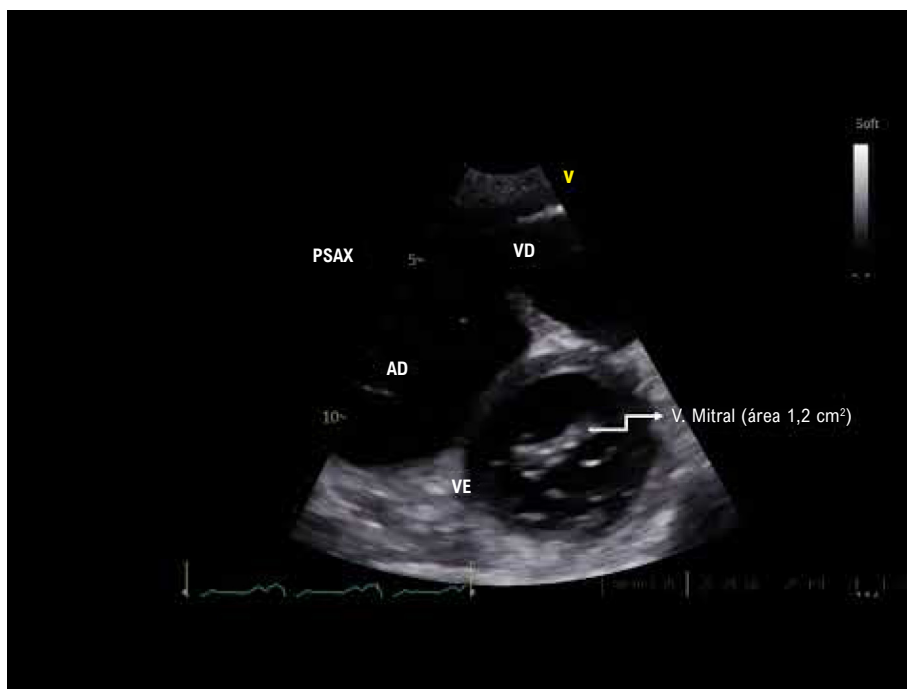


Figura 3 – Ecocardiograma transtorácico. A) Visão paraesternal em eixo curto mostrando fusão comissural da valva mitral e redução da área valvar. B) Visão apical de quatro câmaras com foco no VD, evidenciando CIA de 25 mm, aumento biatrial e dilatação do VD. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; CIA: comunicação interatrial; V: valva; VE: ventrículo esquerdo; VD: ventrículo direito. Fonte: Arquivo interno do Setor de Ecocardiografia do Hospital Universitário de Brasília.



Vídeo 1 – Visão apical de quatro câmaras com foco no VD e imagem de Doppler contínuo obtida na mesma projeção para estimativa da PSAP, demonstrando HP. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; CIA: comunicação interatrial; PLAX: visão paraesternal em eixo longo (parasternal long-axis view); PSAX: visão paraesternal em eixo curto (parasternal short-axis view); V: valva; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo. Fonte: Arquivo interno do Setor de Ecocardiografia do Hospital Universitário de Brasília. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2025/3803/2025-0043_video_01.mp4

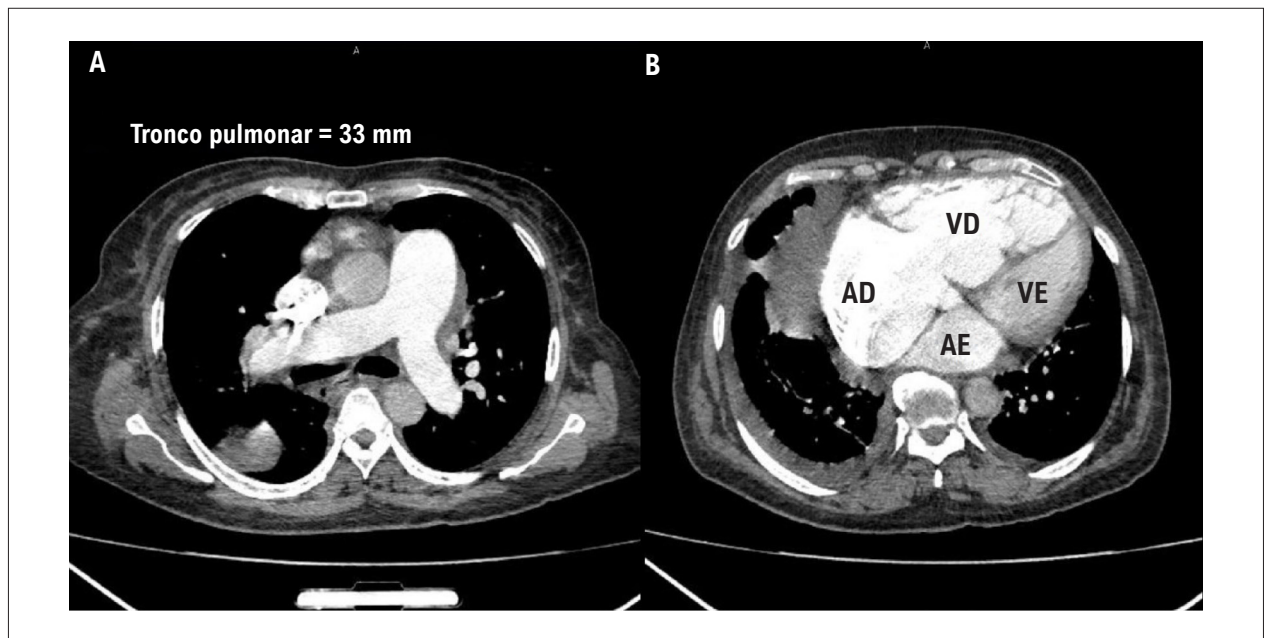


Figura 4 – Angiotomografia das artérias pulmonares evidenciando dilatação do tronco da artéria pulmonar e aumento das câmaras direitas. Fonte: Arquivo interno do Setor de Radiologia do Hospital Universitário de Brasília.

hiperfluxo pulmonar e à sobrecarga progressiva das câmaras direitas, como evidenciado no caso descrito.^{4,5} A resposta favorável à prova vasodilatadora durante o cateterismo cardíaco direito sugere potencial reversibilidade da HP, sendo um critério fundamental para a indicação de tratamento cirúrgico.^{6,7}

A EM isolada caracteriza-se pelo espessamento das cúspides e limitação da abertura da valva mitral, resultando em aumento da pressão no AE, HP pós-capilar e sobrecarga das câmaras direitas. A intervenção é indicada quando a EM é acentuada e sintomática ou, em casos assintomáticos, na presença de fatores complicadores.⁸ A gravidade anatômica da EM é definida por área valvar inferior a 1,5 cm², gradiente diastólico médio atrioventricular esquerdo superior a 10 mmHg e PSAP acima de 50 mmHg. Entre os principais fatores complicadores, destacam-se o desenvolvimento de HP e a fibrilação atrial de início recente.⁸ Na SL, a CIA proporciona uma descompressão do AE, o que pode levar à subestimação do gradiente transmitral. Nessa situação, a avaliação da área valvar mitral por planimetria torna-se mais fidedigna.

A CIA corresponde a 5 a 10% das cardiopatias congênitas, sendo mais prevalente em indivíduos do sexo feminino. O tipo *ostium secundum* representa de 50 a 70% dos casos, com o defeito localizado na porção central do septo interatrial. Essa comunicação entre os átrios promove um shunt da esquerda para a direita, resultando em hiperfluxo na artéria pulmonar.⁶ Ambos os componentes da SL — a EM e a CIA — podem, isoladamente, levar ao desenvolvimento de HP; entretanto, quando associados, seus efeitos hemodinâmicos são potencializados.^{7,9} O diagnóstico precoce e a intervenção oportuna na SL são fundamentais para prevenir a progressão da HP para formas irreversíveis.⁵

As indicações para intervenção cirúrgica na CIA incluem a presença de shunt esquerda-direita, dilatação das câmaras

direitas e relação Qp/Qs superior a 1,5. Além disso, é necessário que a PSAP seja inferior a 50% da pressão sistólica sistêmica, que a RVP seja menor que um terço da resistência vascular sistêmica e que não haja cianose em repouso ou durante o esforço.¹⁰ O fechamento da CIA é contraindicado na presença da síndrome de Eisenmenger, caracterizada por HP irreversível com inversão do shunt para o sentido direita-esquerda.^{9,10}

O tratamento clínico da SL baseia-se no uso de diuréticos para alívio dos sintomas congestivos, além de betabloqueadores e bloqueadores dos canais de cálcio para controle da frequência cardíaca, especialmente em casos com arritmias atriais associadas. Deve-se também considerar a profilaxia para endocardite infecciosa.^{4,7}

No que se refere à correção intervencionista, a abordagem clássica tem sido a cirurgia cardíaca aberta. Contudo, com o avanço das técnicas percutâneas, a terapia transcâter — por meio da valvotomia para tratamento da EM e do fechamento da CIA com próteses específicas para o septo interatrial — tem se consolidado como alternativa viável.⁷ No presente caso, apesar da menor morbimortalidade associada ao tratamento percutâneo, optou-se pela correção cirúrgica aberta devido à contraindicação da valvoplastia com balão.¹⁰

Conclusão

A SL é uma condição rara e frequentemente subdiagnosticada. Deve ser considerada na avaliação de pacientes com sinais de EM, HP e sobrecarga de câmaras direitas desproporcional ao grau da lesão valvar. O diagnóstico precoce, aliado a uma avaliação hemodinâmica minuciosa, é essencial para determinar o momento ideal da intervenção, contribuindo para a prevenção da progressão da HP para formas irreversíveis.

Relato de Caso

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, análise estatística, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Lopes ALC, Otto ME, Mello BCR, Sena MB, Gali WL.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte do trabalho de conclusão de curso de Ana Luiza Caldeira Lopes pela Hospital Universitário de Brasília.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Faculdade de Medicina da Universidade de Brasília sob o número de protocolo 86333025.3.0000.5558. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Zühlke L, Engel ME, Karthikeyan G, Rangarajan S, Mackie P, Cupido B, et al. Characteristics, Complications, and Gaps in Evidence-Based Interventions in Rheumatic Heart Disease: The Global Rheumatic Heart Disease Registry (the REMEDY Study). *Eur Heart J*. 2015;36(18):1115-22a. doi: 10.1093/eurheartj/ehu449.
2. Carapetis JR, Steer AC, Mulholland EK, Weber M. The Global Burden of Group A Streptococcal Diseases. *Lancet Infect Dis*. 2005;5(11):685-94. doi: 10.1016/S1473-3099(05)70267-X.
3. Phan QT, Nguyen HL, Le TD, Lee W, Won H, Shin S, et al. Combined Percutaneous Procedure in Patient with Lutembacher Syndrome: A Case Report and Real-World Experience Review. *Cardiol Res*. 2018;9(6):385-91. doi: 10.14740/cr776w.
4. Bari MA, Haque MS, Uddin SN, Shamsuzzaman M, Khan GK, Sutradhar SR. Lutembacher's Syndrome. *Mymensingh Med J*. 2005;14(2):206-8.
5. Kulkarni SS, Sakaria AK, Mahajan SK, Shah KB. Lutembacher's Syndrome. *J Cardiovasc Dis Res*. 2012;3(2):179-81. doi: 10.4103/0975-3583.95381.
6. Tezcan M, Isilak Z, Atalay M, Uz O. Echocardiographic Assessment of Lutembacher Syndrome. *Kardiol Pol*. 2014;72(7):660. doi: 10.5603/KP.2014.0142.
7. Aminde LN, Dzudie A, Takah NF, Ngu KB, Sliwa K, Kengne AP. Current Diagnostic and Treatment Strategies for Lutembacher Syndrome: The Pivotal Role of Echocardiography. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2015;5(2):122-32. doi: 10.3978/j.issn.2223-3652.2015.03.07
8. Tarasoutchi F, Montera MW, Ramos AIO, Sampaio RO, Rosa VEE, Accorsi TAD, et al. Update of the Brazilian Guidelines for Valvular Heart Disease - 2020. *Arq Bras Cardiol*. 2020;115(4):720-75. doi: 10.36660/abc.20201047.
9. Calderaro D, Alves JLR, Fernandes CJCDS, Souza R. Pulmonary Hypertension in General Cardiology Practice. *Arq Bras Cardiol*. 2019;113(3):419-28. doi: 10.5935/abc.20190188.
10. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, Badagliacca R, Berger RMF, Brida M, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension. *Eur Heart J*. 2022;43(38):3618-731. doi: 10.1093/eurheartj/ehac237.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Desafios e Implicações do Defeito do Septo Atrioventricular Não Corrigido em Adultos: Um Relato de Caso Complexo

Challenges and Implications of Uncorrected Atrioventricular Septal Defect in Adults: A Complex Case Report

Saulo Rodrigo Cunha,¹ Rafael Felipe Minotto,¹ Fernanda Pandolfo,¹ Fernando Colares Barros,¹ Pedro Tregnago Barcellos,¹ Ana Carolina Martins Mazzuca,¹ Eduardo Gatti Pianca¹

Hospital Nossa Senhora da Conceição,¹ Porto Alegre, RS – Brasil

A prevalência de cardiopatias congênitas na população adulta tem apresentado crescimento contínuo nas últimas décadas. Esse aumento se deve, principalmente, aos avanços significativos no diagnóstico e no tratamento de defeitos cardíacos congênitos na infância, promovidos pela cardiologia pediátrica e pela cirurgia cardíaca congênita. Como resultado, a maioria das crianças com cardiopatias congênitas, inclusive as formas mais complexas, sobrevive até a vida adulta. Atualmente, estima-se que cerca de 90% das crianças diagnosticadas com cardiopatia congênita grave alcançam os 18 anos de idade. A crescente relevância clínica da população com cardiopatia congênita em adultos (CCA) destaca-se nesse contexto. Trata-se de um grupo heterogêneo, tanto em termos anatômicos e fisiopatológicos quanto em relação aos diferentes tipos de intervenções cirúrgicas corretivas ou paliativas às quais foram submetidos. Apesar do aumento absoluto no número de indivíduos com CCA, a quantidade de pacientes com determinadas anomalias específicas ou submetidos a tipos específicos de reparo pode ainda ser relativamente pequena.¹

O defeito do septo atrioventricular (AV) apresenta um aspecto morfológico caracterizado por uma junção AV comum, com ausência dos septos AV membranoso e muscular. Como resultado, no exame ecocardiográfico, observa-se as valvas AV situadas dentro do defeito.² Os defeitos septais atrioventriculares (DSAVs) podem ser classificados como parciais ou totais. O DSAV parcial ocorre quando há um orifício dividido pelos folhetos “ponte” superior e inferior, que estão conectados por uma estrutura tecidual conhecida como “connecting tongue”, a qual separa a valva em dois orifícios distintos — um esquerdo e outro direito. Por outro lado, o DSAV total caracteriza-se por um orifício único e não dividido, englobando as estruturas valvares tanto do lado esquerdo quanto do lado direito.²

Palavras-chave

Comunicação Interatrial; Cardiopatias Congênitas; Adulto.

Correspondência: Saulo Rodrigo Cunha •

Hospital Nossa Senhora da Conceição. Av. Francisco Trein, 596. CEP: 91350-200. Bairro Cristo Redentor, Porto Alegre, RS – Brasil

E-mail: saulo_rodrigom@hotmail.com

Artigo recebido em 16/02/2025; revisado em 30/04/2025; aceito em 25/06/2025

Editor responsável pela revisão: Andrea Vilela

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250014>

Relato de caso

Paciente do sexo masculino, 18 anos, admitido em hospital terciário com quadro de febre, tosse e dispneia há sete dias. A mãe relatou que o paciente procurou atendimento no segundo dia de sintomas em uma unidade de pronto atendimento, onde foi prescrito ibuprofeno e azitromicina para uso domiciliar. Devido à ausência de melhora, buscou assistência médica hospitalar.

Antecedentes patológicos incluem cardiopatia congênita, especificamente DSAV não corrigido cirurgicamente, uma vez que perdeu seguimento no hospital de referência desde a infância. Ao exame físico, encontrava-se em regular estado geral, tosse produtiva, taquipneico, com cianose perioral e de extremidades. Estava hemodinamicamente estável, com pressão arterial de 125 × 86 mmHg, frequência cardíaca de 105 bpm em ritmo de fibrilação atrial e saturação de oxigênio de 69% em ar ambiente.

Foram realizados exames laboratoriais, que revelaram: hemoglobina 16,2 g/dL, leucócitos 8.960/μL, PCR de dias diferentes: 69,82 – 65,88 – 152,55 mg/dl (VR < 5 mg/dl), ureia 20 mg/dL, creatinina 0,62 mg/dL, sódio 137 mEq/L, troponinas 12 e 11,9 ng/L (VR < 14), NT-proBNP 4.377 pg/mL e D-dímero 11.656 ng/mL. Hemoculturas, urocultura, teste rápido para COVID negativos. A bacterioscopia de escarro apresentou como resultado: alguns diplococos gram negativos e cultura de escarro negativa. Também foi pesquisado DNA de *Mycobacterium tuberculosis*, o qual apresentou resultado negativo. O eletrocardiograma evidenciou fibrilação atrial, e a radiografia de tórax foi solicitada para complementação diagnóstica (Figuras 1 e 2).

O paciente foi admitido na Unidade de Terapia Intensiva (UTI), onde foi ampliada antibioticoterapia com a introdução de amoxicilina/clavulanato, associada à azitromicina. Foram coletadas hemoculturas, cultura de escarro e realizada gasometria arterial. Além disso, foi solicitada uma angiotomografia de tórax, que descartou tromboembolismo pulmonar, porém contribuiu para a elucidação da cardiopatia congênita (Figura 3).

Após 48 horas na UTI, o paciente recebeu alta para a enfermaria, permanecendo sob os cuidados da equipe de cardiologia. Foi realizado um ecocardiograma transtorácico, que confirmou o diagnóstico de defeito do DSAV parcial, conforme descrito a seguir: Situs: isomerismo esquerdo. Posição cardíaca: Levocardia. Tipo de conexão AV: através de duas valvas localizadas no mesmo plano. Tipo de conexão ventrículo arterial: concordante. Modo de conexão ventrículo arterial: com vasos normorelacionados. Apresentava grande

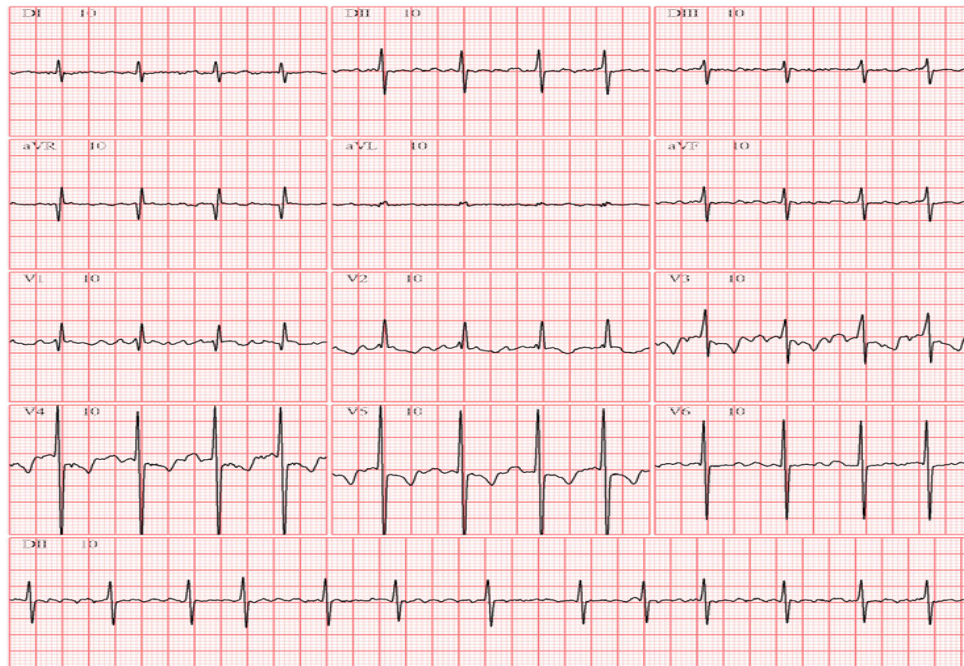


Figura 1 – Eletrocardiograma de repouso. Ritmo de fibrilação atrial, eixo elétrico QRS +30°, alterações secundárias da repolarização ventricular.

comunicação interatrial tipo átrio único, por ausência de septo interatrial. Insuficiência da valva AV esquerda moderada a importante (EROA: 0,22 cm², volume regurgitante de 16 mL e vena contracta de 0,45 cm). Insuficiência da valva AV direita moderada (EROA: 0,23 cm² e volume regurgitante de 21 mL, permitindo estimar velocidade máxima do jato em 3,95 m/s e pressão sistólica da artéria pulmonar em 72 mmHg). Hipertensão Pulmonar (HP). Artéria pulmonar com dilatação importante, medindo cerca de 5,0 cm. Ventrículo esquerdo com remodelamento concêntrico e função sistólica preservada (61%). Ventrículo direito com aumento das dimensões e função sistólica reduzida (FAC: 27,5%, onda S1 de 9,3 cm/s) (Figuras 4 e 5, Vídeo 1).

No presente relato de caso, observa-se a presença de uma lingueta de tecido conectando os dois folhetos “ponte”, resultando na separação da valva AV em dois orifícios distintos — um direito e outro esquerdo. Além disso, os folhetos “ponte” encontram-se fundidos ao topo do septo interventricular (Vídeo 1).

Em virtude do quadro clínico apresentado a hipótese diagnóstica estabelecida na internação foi de pneumonia adquirida na comunidade. Após antibioticoterapia, o paciente evoluiu com melhora da febre e do estado geral, embora com manutenção de dispneia aos esforços habituais e saturação de oxigênio basal de 87%. Recebeu alta com prescrição de rivaroxabana, sildenafil, carvedilol, enalapril, espironolactona, digoxina e furosemida. Em programação de iniciar bosentana com objetivo de melhorar classe funcional e qualidade de vida.

Embora não tenha sido realizado cateterismo cardíaco direito recentemente, podemos inferir que, devido aos achados ecocardiográfico, sugere que o paciente apresente síndrome de Eisenmenger, com alta resistência vascular pulmonar e, dessa forma, a correção cirúrgica do defeito do septo AV é contraindicada. O transplante combinado de coração e pulmão seria uma opção para pacientes com casos complexos, com mau prognóstico e que não respondem a terapia medicamentosa.

Discussão

Do ponto de vista do manejo, a maioria dos adultos com DSAV terá passado por reparo cirúrgico na infância. Se aqueles com DSAV completo (com grande Comunicação Interatrial (CIA) e Comunicação Interventricular (CIV)) não forem corrigidos precocemente (normalmente antes dos seis meses de idade), costuma-se desenvolver doença vascular pulmonar irreversível, resultando na fisiologia de Eisenmenger, o que impede a correção completa.³

Um estudo de 2014 constatou que a prevalência geral de HP em adultos com alguma cardiopatia congênita foi de 3,2%; sendo mais prevalente em pacientes com maior idade.⁴ Já a prevalência de HP em pacientes com correção prévia de defeitos simples congênitos (comunicação interatrial, comunicação interventricular, ou persistência do canal arterial), foi de 3%. O risco aumentou significativamente quanto maior a idade no momento da correção.⁵

Relato de Caso

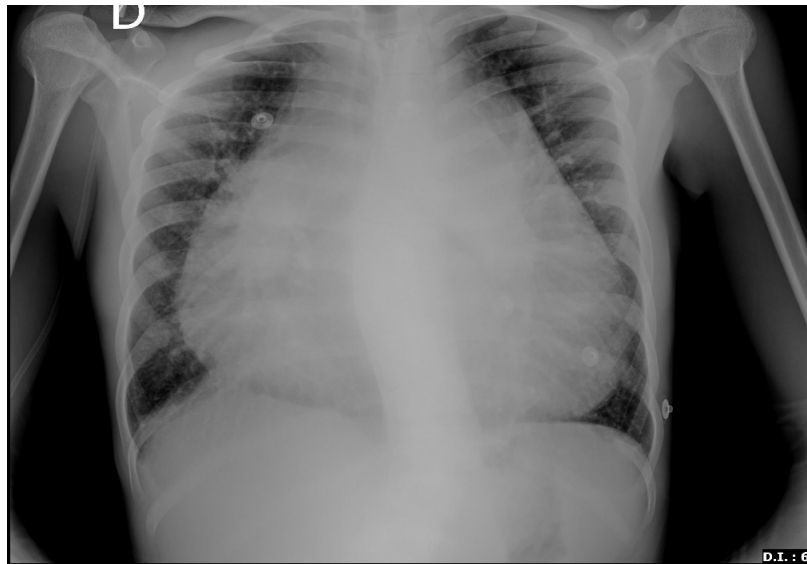


Figura 2 – Radiografia de tórax PA. Admissão hospitalar. Cardiomegalia global importante.

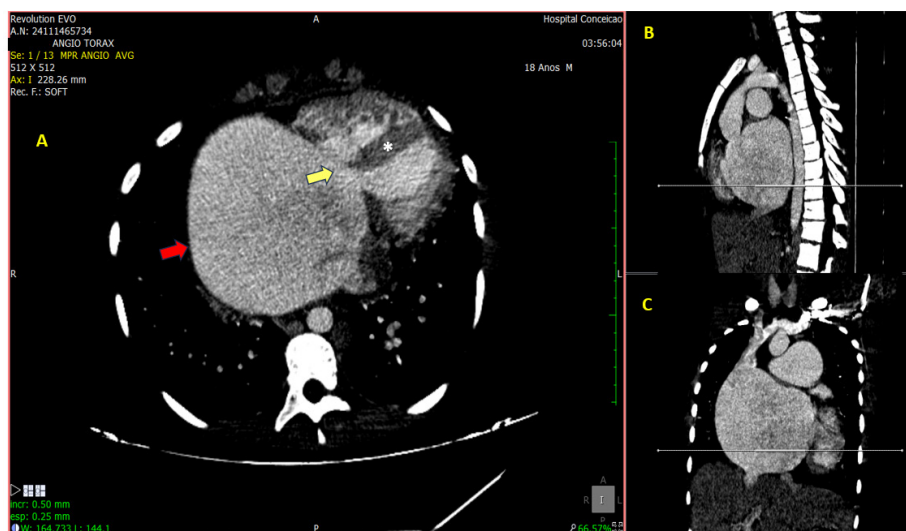


Figura 3 – Tomografia computadorizada de tórax com reconstrução multiplanar: A) Corte transversal com importante cardiomegalia e presença de defeito AV. A seta vermelha identifica átrio único, com aumento importante de suas dimensões. A seta amarela mostra o DSAV. O asterisco identifica o septo interventricular íntegro. B) Corte sagital mostrando dilatação da artéria pulmonar. C) Corte coronal.

A HP em CCA é uma complicação de amplo espectro clínico. O manejo desses pacientes envolve uma série de fatores com componente não medicamentoso (educação do paciente, cuidados dentários, vacinação e acompanhamento psicossocial) e medicamentoso, o qual têm apresentando evolução nas possibilidades de tratamento com melhora da qualidade de vida (medicações vasodilatadoras pulmonares com diferentes mecanismos de ação).⁶ A evolução dos pacientes com HP apresentou melhora em virtude da

maior disponibilidade de terapias de HP, melhor manejo perioperatório e abordagem multidisciplinar destes pacientes.⁷

Para aqueles que passaram por reparo cirúrgico, é necessário acompanhamento a longo prazo para monitorar possíveis complicações, como a regurgitação e estenose da válvula AV esquerda, obstrução do trato de saída do ventrículo esquerdo (TSVE) devido à forma anormal do TSVE, e taquiarritmias ou bradiarritmias. A regurgitação da válvula AV esquerda é a causa mais comum de reintervenção cirúrgica tardia. Existem poucos estudos

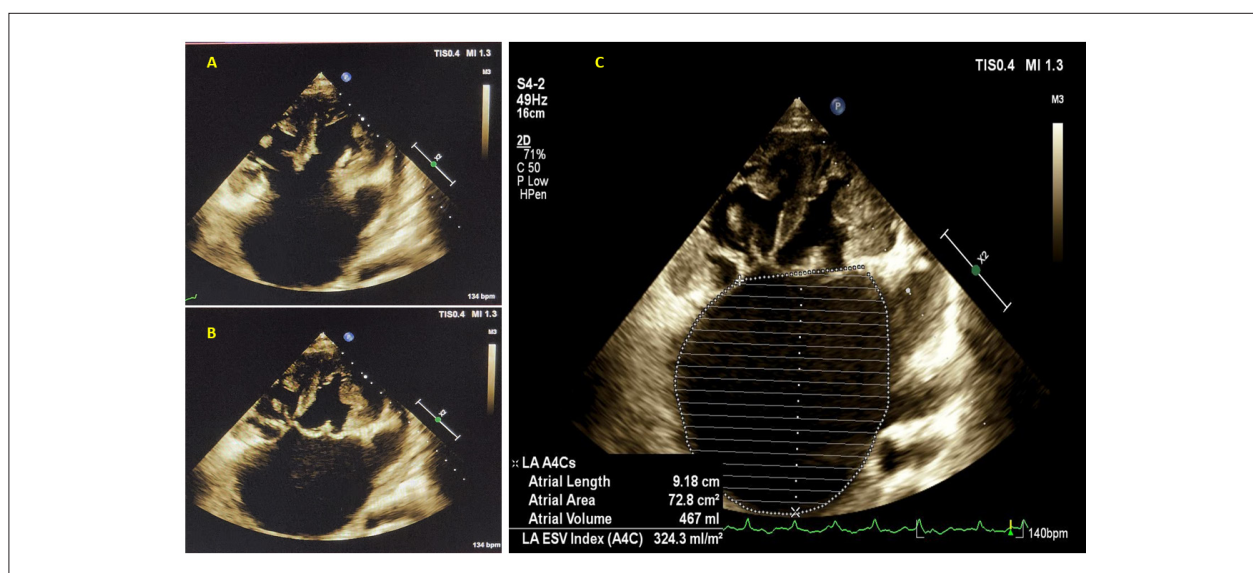


Figura 4 – Ecocardiograma transtorácico apical 4 câmaras (A4C): A) Valvas AV esquerda e direita abertas e no mesmo plano. B) Valvas AV esquerda e direita fechadas. C) A imagem mostra o volume do átrio único.

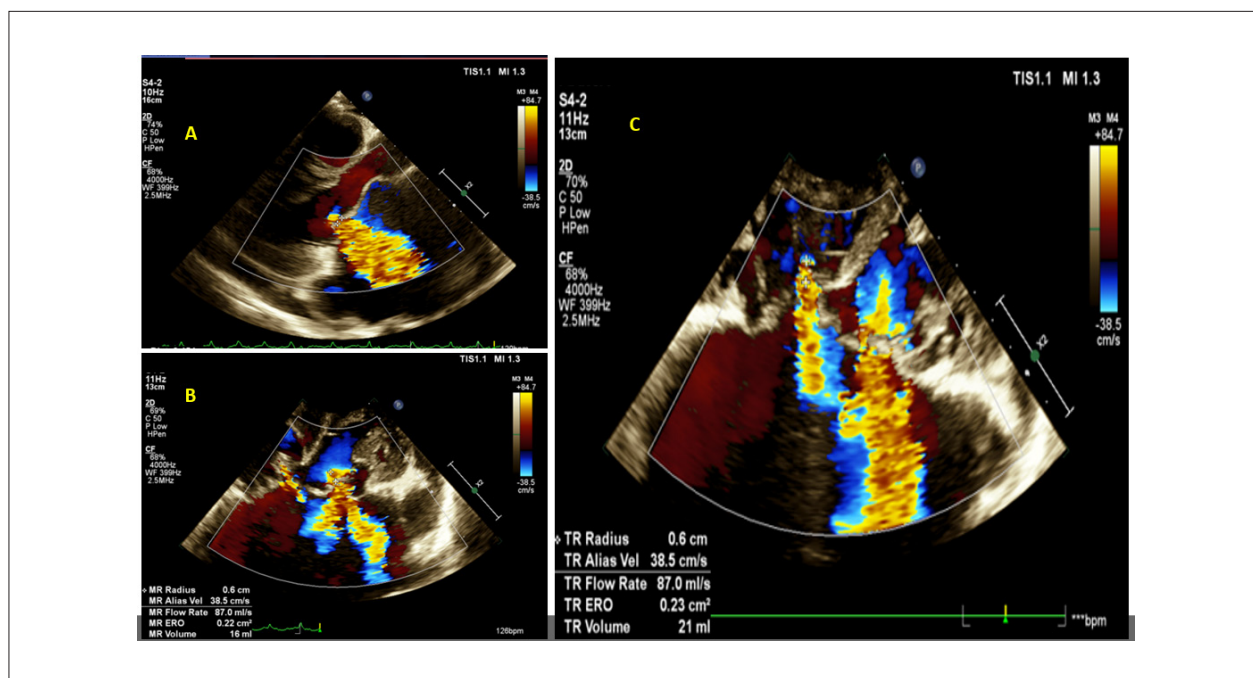


Figura 5 – Ecocardiograma transtorácico. A) Valva AV esquerda no corte paraesternal eixo longo, com medida de vena contracta do jato. B) Valva AV esquerda no corte A4C com medidas raio do jato regurgitante, EROA e volume regurgitante. C) Corte A4C mostrando átrio único e os jatos regurgitantes das valvas AV esquerda e direita com medidas desta última do raio do jato regurgitante, ERO e volume regurgitante.

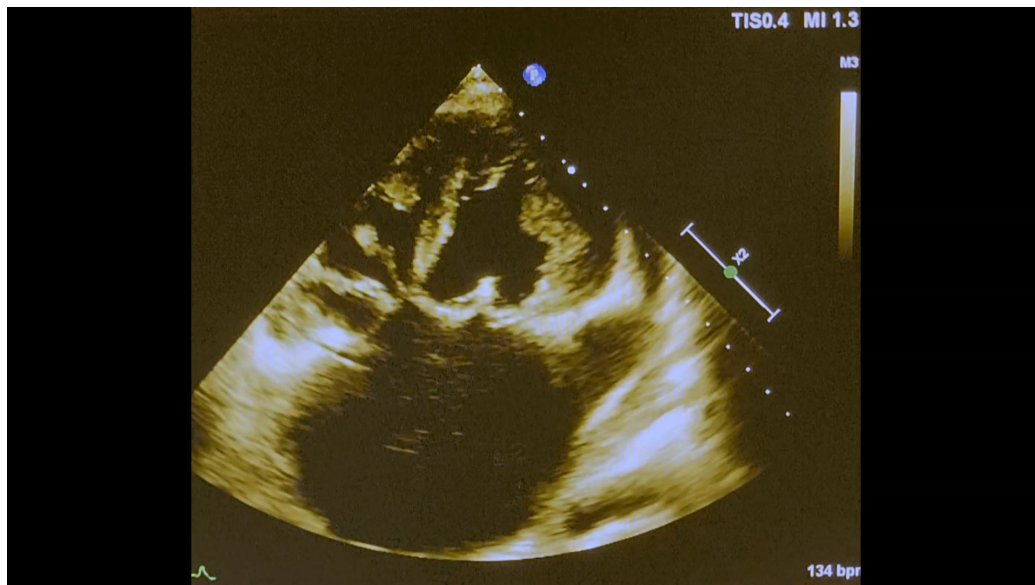
de acompanhamento a longo prazo de pacientes após reparo de DSAV na infância, portanto, o momento e o tipo mais eficazes e eficientes de monitoramento ainda estão sendo avaliados.⁸

Embora, no caso apresentado, a identificação de grande parte das características do DSAV tenha ocorrido pelo ecocardiograma 2D, quando existe a possibilidade de reparo

cirúrgico, o ecocardiograma 3D pode auxiliar na caracterização detalhada da válvula AV, auxiliando no planejamento cirúrgico da reconstrução valvar.^{8,9}

Os adultos com cardiopatia congênita não corrigida representam uma população em crescimento, caracterizando-se por casos clínicos complexos que demandam abordagens

Relato de Caso



Vídeo 1 – Ecocardiograma transtorácico mostrando valvas AVs esquerda e direita no mesmo plano com ampla comunicação interatrial.
Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2025/3801/2025-0014_video_1.mp4

terapêuticas altamente individualizadas. Nesse contexto, o ecocardiograma bidimensional torna-se uma ferramenta essencial, não apenas para o diagnóstico preciso, mas também para o suporte na elaboração de estratégias terapêuticas adequadas a cada paciente.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Cunha SR, Barros FC, Pandolfo F, Barcellos PT, Pianca EG; obtenção de dados: Cunha SR, Minotto RF, Barros FC, Mazzuca ACM, Pianca EG; análise e interpretação dos dados: Cunha SR, Minotto RF, Barros FC, Pandolfo F, Mazzuca ACM, Barcellos PT, Pianca EG; redação do manuscrito: Cunha SR, Pianca EG; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Pandolfo F, Mazzuca ACM, Barcellos PT, Pianca EG.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte da produção científica do Programa de Residência Médica em Ecocardiografia dos residentes e preceptores do Hospital Nossa Senhora da Conceição

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital Nossa Senhora da Conceição S.A. sob o número de protocolo CAAE: 91751125.8.0000.5530, Parecer: 7.974.789. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosen JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. 2018 AHA/ACC Guideline for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(12):e81-e192. doi: 10.1016/j.jacc.2018.08.1029.
2. Mann DL, Zipes DP, Libby P, Bonow RO. Braunwald – Tratado de Doenças Cardiovasculares. 10th ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2018.
3. Pena JLB, Vieira MLC, editors. Ecocardiografia e Imagem Cardiovascular. Rio de Janeiro: Thieme Revinter Publicações; 2021.

4. van Riel AC, Schuurin MJ, van Hessen ID, Zwinderman AH, Cozijnsen L, Reichert CL, et al. Contemporary Prevalence of Pulmonary Arterial Hypertension in Adult Congenital Heart Disease Following the Updated Clinical Classification. *Int J Cardiol.* 2014;174(2):299-305. doi: 10.1016/j.ijcard.2014.04.072.
5. Lammers AE, Bauer LJ, Diller GP, Helm PC, Abdul-Khaliq H, Bauer UMM, et al. Pulmonary Hypertension after Shunt Closure in Patients with Simple Congenital Heart Defects. *Int J Cardiol.* 2020;308:28-32. doi: 10.1016/j.ijcard.2019.12.070.
6. Martins AVV, Zorzanelli L, Thomaz AM. Pulmonary Hypertension in Adults with Congenital Heart Disease: Current Treatment. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo.* 2023;33(1)22-8. doi: 10.29381/0103-8559/2023330122-8.
7. Humbert M, Kovacs G, Hoeper MM, Badagliacca R, Berger RMF, Brida M, et al. 2022 ESC/ERS Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension. *Eur Heart J.* 2022;43(38):3618-731. doi: 10.1093/eurheartj/ehac237.
8. Moreno N, Almeida J, Amorim MJ. Atrioventricular Septal Defect in an Adult Patient: There are 'Clefts' and Clefts. *Rev Port Cardiol.* 2016;35(3):181.e1-4. doi: 10.1016/j.repc.2015.11.004.
9. Grewal J, Mankad S, Freeman WK, Click RL, Suri RM, Abel MD, et al. Real-Time Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography in the Intraoperative Assessment of Mitral Valve Disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(1):34-41. doi: 10.1016/j.echo.2008.11.008.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons

Seguimento Clínico de Paciente com Cardiomiopatia Relacionada a Mutação no Gene da Filamina C

Long-term Follow-Up of a Patient with FLNC Gene Mutation-Related Cardiomyopathy: A Case Report

Isabela Bispo Santos da Silva Costa,^{1,2} Bruno Soares da Silva Rangel,² Antonio Tito Paladino Filho,^{2,3} Bruno Normande Colombo,² Thamara Carvalho Moraes,² Ludhmila Abrahão Hajjar^{2,4}

Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Vila Nova Star,² São Paulo, SP – Brasil

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia,³ São Paulo, SP – Brasil

Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo,⁴ São Paulo, SP – Brasil

Introdução

Estima-se que aproximadamente 26 milhões de pessoas sejam afetadas por Insuficiência Cardíaca (IC) em todo o mundo.^{1,2} No Brasil, a prevalência é elevada, com cerca de 2 milhões de pacientes diagnosticados e uma incidência de aproximadamente 240 mil novos casos a cada ano. No Brasil, entre 2011 e 2021, foram registradas mais de 2,5 milhões de internações por IC no Sistema Único de Saúde (SUS), evidenciando a relevância da doença no contexto nacional.³ Esses dados ressaltam a necessidade de estratégias de diagnóstico precoce e definição etiológica para o manejo adequado desses pacientes. O diagnóstico etiológico é, por vezes, desafiador, mas extremamente necessário para que sejam fornecidos tratamento específicos para cada patologia e melhora prognóstica. O diagnóstico envolve a multimodalidade em imagem cardíaca, e tem a Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) como uma ferramenta útil na avaliação de fenótipos das cardiomiopatias não isquêmicas e definição do diagnóstico etiológico.⁴

Caso Clínico

Paciente masculino de 52 anos, com queixa de dispneia aos esforços e dor torácica em 2017, foi inicialmente investigado por ecocardiografia, que revelou nova disfunção ventricular esquerda. O paciente não apresentava comorbidades prévias conhecidas nem histórico familiar de cardiomiopatias. Investigações adicionais incluíram Ressonância Magnética Cardíaca (RMC), que mostrou aumento das dimensões do ventrículo esquerdo além de disfunção sistólica com Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE) de 38%, junto a múltiplos focos de Realce Tardio Miocárdico (RTM) de padrão não isquêmico, sem edema

miocárdico, inicialmente interpretado como cardiomiopatia inflamatória prévia (Figura 1). Naquele momento, o paciente foi diagnóstico com IC de Fração de Ejeção Reduzida (ICFER) e iniciado tratamento com betabloqueadores e inibidores da enzima de conversão da angiotensina.

Em 2024, o paciente foi encaminhado ao nosso serviço devido à persistência de ICFER e atualmente associado a palpitações frequentes. Decidido repetir a RMC para avaliação. O exame revelou disfunção sistólica biventricular (FEVE 42% e FEVD 40%), hipocinesia difusa, ausência de edema miocárdico, elevação de mapa T1 nativo (1120 ms) e do volume extracelular (42%) além de extensas áreas de RTM não isquêmico (> 35% da massa ventricular esquerda), com padrão *ring-like* (Figura 2), sendo sugerido cardiomiopatia genética e interrogado mutação por filamina C ou desmoplaquina. Notou-se progressão acentuada do RTM em relação ao exame anterior.

Pela queixa de palpitações associada a acentuada quantificação do RTM, optou-se pela realização de Holter 24-horas:

- Eventos totais: 102.754
- Frequência cardíaca: 57-74-141 bpm
- Ectopia ventricular: 10.130 eventos (10%)
 - 9.323 isolados; 44 em bigeminismo; 402 em pares; uma taquicardia ventricular não sustentada (TVNS) com três batimentos.

O teste genético (Tabela 1) indicou uma variante patogênica heterozigótica no gene da filamina C (FLNC). O tratamento clínico foi otimizado, indicado rastreamento de familiares e realizado implante de cardioversor-desfibrilador como prevenção de morte súbita cardíaca.

Palavras-chave

Cardiomiopatias; Genética; Ressonância Magnética Cardíaca; Arritmias Cardíacas; Morte Súbita Cardíaca

Correspondência: Isabela Bispo Santos da Silva •

Rua Dr. Alceu de Campos Rodrigues, 46, 1º andar. CEP: 04544-000, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: isabela.scosta@vilanovastar.com.br

Artigo recebido em 09/09/2025; revisado em 10/09/2025; aceito em 10/09/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250071>

Discussão

As cardiomiopatias genéticas associadas a mutações no gene da filamina C (FLNC) representam uma doença rara, de difícil diagnóstico. A filamina C é uma proteína do citoesqueleto que desempenha um papel essencial na manutenção da integridade estrutural e funcional dos cardiomiócitos. Mutações patogênicas nesse gene estão associadas a uma variedade de manifestações clínicas. A filamina C truncada é prevalente na cardiomiopatia dilatada e na Cardiomiopatia Arritmogênica do Ventrículo Direito (CAVD). A filamina C não truncada é prevalente na

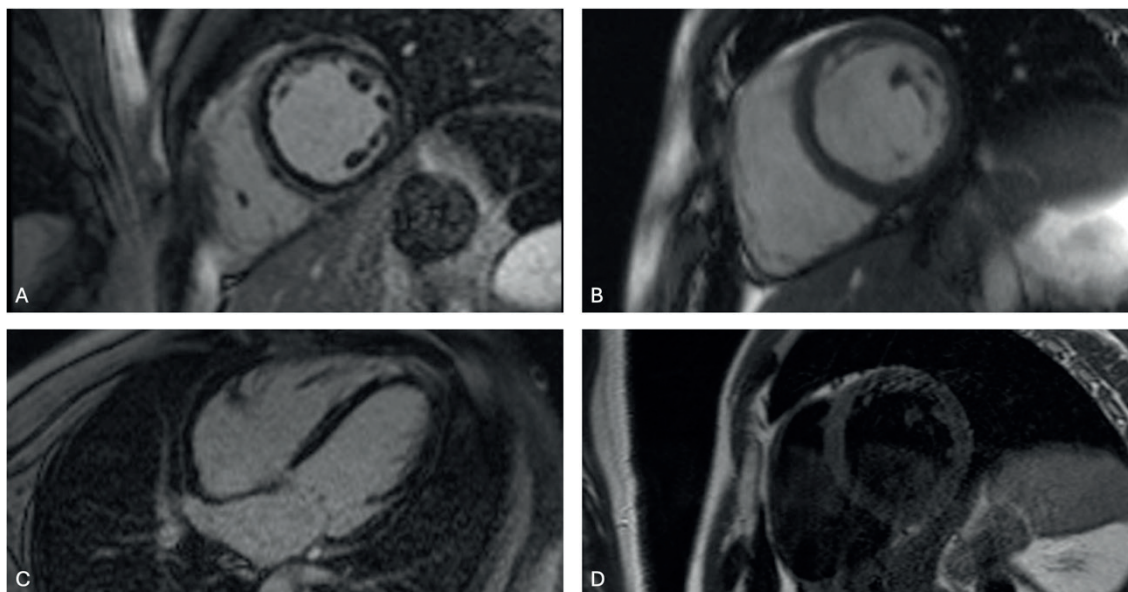


Figura 1 – Ressonância magnética cardíaca realizada em 2017. A e C: imagens de realce tardio miocárdico em eixo curto e 4 câmaras. B: imagem de cine-RM em eixo curto. D: imagem de sequência de sangue escuro com triplo inversão (triple IR).

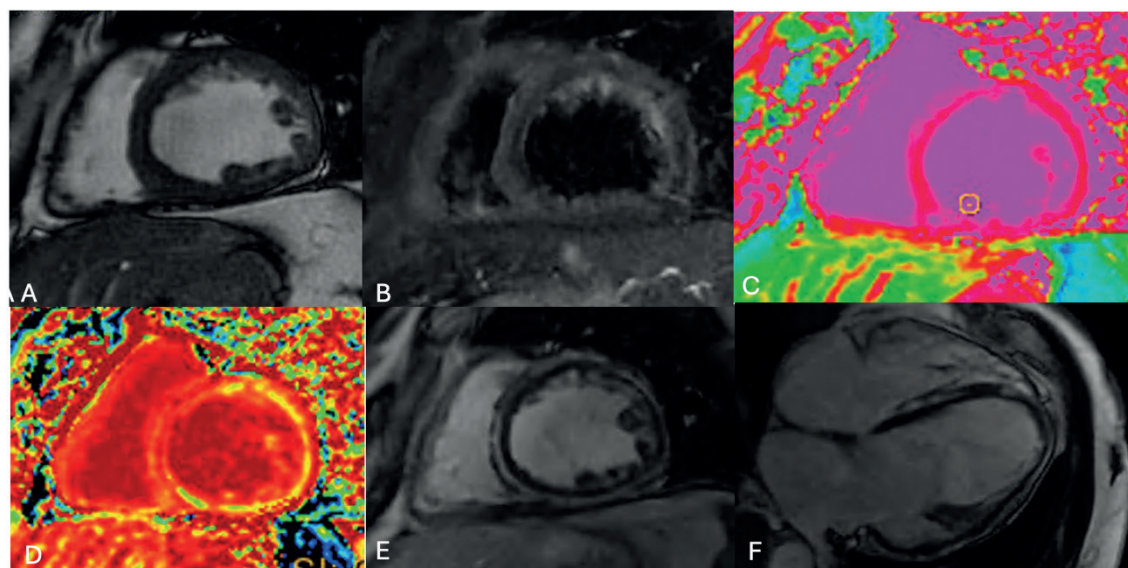


Figura 2 – Ressonância magnética cardíaca realizada em 2024. A: imagem de cine ressonância; B: imagem de sequência de sangue escuro com triplo inversão (triple IR); C: imagem de mapa T1 nativo; D: imagem de volume extracelular; E e F: imagens de realce tardio miocárdico em eixo curto e 4 câmaras, respectivamente, com extensas áreas de RTM de padrão não isquêmico.

cardiomiopatia hipertrófica e na cardiomiopatia restritiva. Dois principais mecanismos patogênicos na cardiomiopatia relacionada à filamina C foram descritos: agregação proteica resultante de mutações não truncantes e haplo insuficiência desencadeada pela truncação da filamina C.⁵

A cardiomiopatia associada à mutação no gene da filamina C, manifesta como um fenótipo de CMD, apresenta-se normalmente com dilatação do Ventrículo Esquerdo (VE), disfunção sistólica do VE e a presença de áreas de fibrose miocárdica identificadas como realce tardio miocárdico na

Relato de Caso

Tabela 1 – Teste genético

Gene/Transcrito	Exon	Variante	Frequência na população	Zigosidade	Classificação
FLNC (NM_001458.5)	4	C850+1G>A p.?	0%	Heterozigose	Provavelmente Patogênica

RMC.⁴ A suspeita clínica pode surgir em casos de pacientes com pacientes com miocardite recorrente ou familiar, em pacientes com arritmias, que a RMC mostre evolução da fibrose. A cardiomiopatia por mutações no gene da filamina C destaca-se por sua associação com vias inflamatórias que se sobrepõem à miocardite clássica, sendo uma causa rara, mas cada vez mais reconhecida, de cardiomiopatia arritmogênica.⁶

O risco de morte súbita nesses pacientes é elevado, principalmente devido à propensão a arritmias ventriculares malignas, como taquicardia ventricular sustentada ou fibrilação ventricular. Esse risco justifica a consideração precoce de estratégias de prevenção, como o de cardioversores-desfibriladores implantáveis (CDIs), especialmente em indivíduos com antecedentes de arritmias complexas ou disfunção ventricular significativa.⁷ No caso apresentado, a presença de disfunção ventricular (FEVE < 45%), associada a extensão área de fibrose, sobrevida maior que um ano, com grau de recomendação IIa.^{4,8}

A RMC tem um papel fundamental no diagnóstico das cardiomiopatias não isquêmicas, incluindo aquelas relacionadas a mutações no gene FLNC. Este exame permite uma avaliação morfofuncional, bem como a caracterização tecidual com a identificação de fibrose miocárdica. A localização e o padrão de fibrose miocárdica, como o anelado ou difuso (*ring-like*), pode fornecer informações valiosas para a diferenciação entre etiologias isquêmicas e não isquêmicas, além de correlacionar-se com o prognóstico e o risco arritmico. Além disso, a RMC com o emprego do mapeamento T1 e a quantificação do volume extracelular pode ser útil na identificação precoce de alterações teciduais, mesmo na ausência de anormalidades morfológicas evidentes.^{4,6,9}

A integração dos achados genéticos, clínicos e de imagem é essencial para uma abordagem diagnóstica e terapêutica eficaz nas cardiomiopatias genéticas, especialmente em pacientes como o descrito cuja progressão da doença foi acentuada. A identificação de mutações no gene da filamina C deve alertar para o potencial risco de quadros de insuficiência cardíaca refratários e risco de MSC, sendo importante o acompanhamento regular destes pacientes.

Referências

- van Riet EE, Hoes AW, Wagenaar KP, Limburg A, Landman MA, Rutten FH. Epidemiology of Heart Failure: The Prevalence of Heart Failure and Ventricular Dysfunction in Older Adults Over Time. A systematic review. Eur J Heart Fail. 2016;18(3):242-52. doi: 10.1002/ehf.483.
- McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. Eur Heart J. 2021;42(36):3599-726. doi: 10.1093/eurheartj/ehab368.
- Brasil. Ministério da Saúde. Comissão Nacional de Incorporação de Tecnologias no Sistema Único de Saúde (CONITEC) [Internet]. Brasília: Ministério da Saúde; 2024 [cited 2025 Nov 4]. Available from: <https://www.gov.br/conitec>.
- Arbelo E, Protonotarios A, Gimeno JR, Arbustini E, Barriales-Villa R, Basso C, et al. 2023 ESC Guidelines for the Management of Cardiomyopathies. Eur Heart J. 2023;44(37):3503-626. doi: 10.1093/eurheartj/ehad194.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Costa IBSS, Rangel BSS. Redação do manuscrito: Costa IBSS, Rangel BSS, Paladino Filho AT, Colombo BN, Moraes TC. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Hajjar LA.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

Não há vinculação deste estudo a programas de pós-graduação.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital São Luiz, Rede D'Or, sob o número de protocolo CAAE 91628425.0.0000.0087. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

Uso de Inteligência Artificial

Os autores não utilizaram ferramentas de inteligência artificial no desenvolvimento deste trabalho.

Disponibilidade de Dados

Os conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

5. Song S, Shi A, Lian H, Hu S, Nie Y. Filamin C in Cardiomyopathy: From Physiological Roles to DNA Variants. *Heart Fail Rev.* 2022;27(4):1373-85. doi: 10.1007/s10741-021-10172-z.
6. Del Franco A, Ruggieri R, Pieroni M, Ciabatti M, Zocchi C, Biagioni G, et al. Atlas of Regional Left Ventricular Scar in Nonischemic Cardiomyopathies: Substrates and Etiologies. *JACC Adv.* 2024;3(10):101214. doi: 10.1016/j.jacadv.2024.101214.
7. Ortiz-Genga MF, Cuenca S, Dal Ferro M, Zorio E, Salgado-Aranda R, Climent V, et al. Truncating FLNC Mutations are Associated with High-Risk Dilated and Arrhythmogenic Cardiomyopathies. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(22):2440-51. doi: 10.1016/j.jacc.2016.09.927.
8. Towbin JA, McKenna WJ, Abrams DJ, Ackerman MJ, Calkins H, Darrieux FCC, et al. 2019 HRS Expert Consensus Statement on Evaluation, Risk Stratification, and Management of Arrhythmogenic Cardiomyopathy: Executive Summary. *Heart Rhythm.* 2019;16(11):e373-e407. doi: 10.1016/j.hrthm.2019.09.019.
9. Schoonvelde SAC, Ruijmbek CWB, Hirsch A, van Slegtenhorst MA, Wessels MW, von der Thüsen JH, et al. Phenotypic Variability of Filamin C-Related Cardiomyopathy: Insights from a Novel Dutch Founder Variant. *Heart Rhythm.* 2023;20(11):1512-21. doi: 10.1016/j.hrthm.2023.08.003.



Este é um artigo de acesso aberto distribuído sob os termos da licença de atribuição pelo Creative Commons