

Figura 1 do artigo: Top 1 da Ecografia Vascular em 2025: Da Anatomia à Autonomia – Inteligência Artificial e Ultrassonografia das Carótidas

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

Tomografia Coronária em 2025: Evidências de Longo Prazo, Inteligência Artificial e a Era do Photon-Counting

Top 1 da Ecografia Vascular em 2025: Da Anatomia à Autonomia – Inteligência Artificial e Ultrassonografia das Carótidas

Cardiologia Nuclear: da Consolidação à Integração

Recalibrando o Barômetro: A Ecocardiografia na Disfunção Diastólica e a Era dos Novos Algoritmos

Cardiomiopatia Hipertrófica: Padronização da Avaliação Ecocardiográfica na Era das Novas Terapias

Comparação das Alterações Estruturais Cardíacas Após o Fechamento Cirúrgico e Percutâneo do Defeito do Septo Atrial Com Ecocardiografia Com Doppler Colorido

Performance Diagnóstica da Ecocardiografia com Realce na Diferenciação de Massas Cardíacas: Uma Revisão Sistemática com Metanálise

Desenvolvimento e Validação de um Modelo Preditivo para Insuficiência Mitral Funcional Atrial

Complicações Cardiovasculares de Pacientes com COVID-19 e sua Relação com a Mortalidade: Uma Perspectiva Ecocardiográfica

Correlação Entre o Venous Excess Ultrasound e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada



ABC
Imagem
Cardiovascular

Sumário – Contents



Clique no título para ler o artigo

Editorial

Tomografia Coronária em 2025: Evidências de Longo Prazo, Inteligência Artificial e a Era do Photon-Counting

Coronary CT Angiography in 2025: Long-Term Evidence, Artificial Intelligence, and the Photon-Counting Era
Tiago A. Magalhães

Top 1 da Ecografia Vascular em 2025: Da Anatomia à Autonomia – Inteligência Artificial e Ultrassonografia das Carótidas

Top 1 Vascular Ultrasound in 2025: From Anatomy to Autonomy – Artificial Intelligence and Carotid Ultrasound
Simone Nascimento dos Santos, Gustavo Dannenhauer

Cardiologia Nuclear: da Consolidação à Integração

Nuclear Cardiology: From Consolidation to Integration
Simone Cristina Soares Brandão

Recalibrando o Barômetro: A Ecocardiografia na Disfunção Diastólica e a Era dos Novos Algoritmos

Recalibrating the Barometer: Echocardiography in Diastolic Dysfunction and the Era of New Algorithms
Maria Estefania Bosco Otto, Jorge Eduardo Assef, Gustavo Nishida

Cardiomiopatia Hipertrófica: Padronização da Avaliação Ecocardiográfica na Era das Novas Terapias

Hypertrophic Cardiomyopathy: Standardization of Echocardiographic Assessment in an Era of New Therapies
Marcelo Goulart Paiva

Artigo Original – Original Article

Comparação das Alterações Estruturais Cardíacas Após o Fechamento Cirúrgico e Percutâneo do Defeito do Septo Atrial Com Ecocardiografia Com Doppler Colorido

Comparison of Cardiac Structural Changes After Surgical and Transcatheter Atrial Septal Defect Closure With Color Doppler Echocardiography

Tuğçe Akin, Zeynep Bilge Yılmaz Dere, Yılmaz Yozgat, Halil Türkoğlu, Murat Ugurlucan

Performance Diagnóstica da Ecocardiografia com Realce na Diferenciação de Massas Cardíacas: Uma Revisão Sistemática com Metanálise

Diagnostic Performance of Contrast-Enhanced Echocardiography in Differentiating Cardiac Masses: A Systematic Review and Meta-analysis

João Guilherme G. Pedrosa, Felizardo José Leandro Pereira, Antonio Lacerda Cavalcanti Neto, Renata Ramos Stropp, Giordano Persuhn Rolim de Moura, Marcelo Tavares, Sadrak Lyon Dantas Pontes, Alex dos Santos Felix

Minieditorial – Short Editorial

A Ecocardiografia com Agentes de Realce Ultrassonográfico e o Desafio Diagnóstico das Massas Cardíacas: Evidência Sólida para um Problema Clínico Complexo

Echocardiography with Ultrasound Enhancement Agents and the Diagnostic Challenge of Cardiac Masses: Solid Evidence for a Complex Clinical Problem

Rafael Bonafim Piveta, Miguel Osman Dias Aguiar

Artigo Original – Original Article

Desenvolvimento e Validação de um Modelo Preditivo para Insuficiência Mitral Funcional Atrial

Development and Validation of a Predictive Model for Atrial Functional Mitral Regurgitation

Alexandre Costa Souza, Bruna de Mattos Ivo Junqueira, Stephanie de Azevedo Drubi, Priscila Pinheiro, Laila Caroline Gomes, Pedro Henrique Correia Filgueiras, Ricardo André Sales Pereira Guedes, Marco André Moraes Sales, Yuri Xavier de Carvalho, Carolina Thé Macêdo

Minieditorial – Short Editorial

Regurgitação Mitral Funcional de Causa Atrial: Busca por Critérios Diagnósticos

Functional Mitral Regurgitation of Atrial Origin: Search for Diagnostic Criteria

Minna Moreira Dias Romano

Artigo Original – Original Article

Complicações Cardiovasculares de Pacientes com COVID-19 e sua Relação com a Mortalidade: Uma Perspectiva Ecocardiográfica

Cardiovascular Complications in Patients with COVID-19 and Their Relationship with Mortality: An Echocardiographic Perspective

João Henrique Andrade de Almeida, Gustavo Miranda de Azevedo Ferreira, Marina de Azevedo Martins Andrade, Heloísa Marceliano Nunes, Igor Brasil Costa

Correlação Entre o Venous Excess *Ultrasound* e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada

Correlation Between Venous Excess Ultrasound and N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide Levels in Patients With Acute Decompensated Heart Failure

Marcella Pereira Flores, Alexandre Costa Souza, Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho, Rodrigo Morel Vieira de Melo, Lívia Rodrigues Sampaio Cavalcante, Natália Duarte Barroso, Yuri Xavier de Carvalho, Raisa Mainarte Franco Barros, Clara Talita Silva Lobo, Adriano Chaves de Almeida Filho

Minieditorial – Short Editorial

Fenotipagem da Congestão na Insuficiência Cardíaca Descompensada: Acurácia que Salva Vidas

Phenotyping of Congestion in Decompensated Heart Failure: Life-Saving Accuracy

Amanda Fernandes

Artigo de Revisão – Review Article

Avaliação Ecocardiográfica Tridimensional do Ventrículo Direito: Porque Devemos Utilizá-la

Three-Dimensional Echocardiographic Assessment of the Right Ventricle: Why Should We Use It

Tiago R. Politi, Rodrigo B.M. Barretto, João Cesar Nunes Sbrano, David Costa de Souza Le Bihan Wilson Mathias Jr.

Sarcoidose Cardíaca: Papel da Multimodalidade de Imagens

Cardiac Sarcoidosis: The Role of Multimodal Imaging

Lara Cristiane Terra Ferreira Carreira, Lívia Carreira, Adriana Soares Xavier de Brito

Passo a Passo na Avaliação da Pericardite Constrictiva

Step-by-Step Approach to the Evaluation of Constrictive Pericarditis

Aline Travessa, Paulo Henrique Pereira, Louise Moutinho Machado, Natalia Sousa Esteves

O Uso da Inteligência Artificial no Diagnóstico da Amiloidose Cardíaca: Revisão Integrativa

The Use of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Cardiac Amyloidosis: Integrative Review

Nilson Batista Lemos, Gabriela Aparecida Moreira Araújo, Marcelo Dantas Tavares de Melo

Manifestações Neurológicas da Arterite de Takayasu: Relato de Caso e Revisão de Literatura

Neurological Manifestations of Takayasu Arteritis: A Case Report and Literature Review

Amanda Antunes Arantes Rolim, Tainá Cândida de Almeida Gontijo Carneiro, Flávia de Campos, Dilson Palhares Ferreira

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

Como Eu Faço a Diferenciação de Derrame Pericárdico com e sem Repercussão Hemodinâmica

My Approach to Differentiating Pericardial Effusion with and without Hemodynamic Repercussions

Helder Moura Gomes, Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva

Como Eu Faço a Avaliação do Fluxo Coronariano ao Ecocardiograma Transtorácico

My Approach to Coronary Flow Assessment With Transthoracic Echocardiography

José Maria Del Castillo, Issam Shehadeh

Como Eu Faço Avaliação do VExUS pela Ecocardiografia Transesofágica: Um Guia Passo a Passo

My Approach to VExUS Assessment Using Transesophageal Echocardiography: A Step-by-Step Performance Guide

Angelo Antunes Salgado, Marcos Paulo Lacerda Bernardo, Marcelo Ramalho Fernandes

Relato de Caso – Case Report

Implante de Stent Pós-Dilatável em Coarctação da Aorta por Acesso Carotídeo em Recém-Nascido com Anomalia de Ebstein: Relato de Caso

Implantation of a Post-Dilatable Stent in Aortic Coarctation Via Carotid Access in a Newborn With Ebstein's Anomaly: Case Report

Jonathan Guimarães Lombardi, Paulo Correia Calamita, Orlando Carlos Barbosa, Mayra Rosana Palmeira Barreto, Giulliano Gardenghi

Repercussão Hemodinâmica da Cardiomiopatia Hipertrófica em Repouso e Durante o Esforço em Bicicleta Supina: Valor Adicional da Avaliação Pós-Prandial

Hemodynamic Impact of Hypertrophic Cardiomyopathy at Rest and During Supine Bicycle Exercise: Additional Value of Postprandial Assessment

Marília Esther Benevides Abreu, Tereza Cristina Pinheiro Diógenes, Isadora Sucupira Machado Chagas, Humberto Mororó Xerex, José Sebastião De Abreu

Aneurisma da Porção Supra-Hepática da Veia Cava Inferior: Relato de Caso

Aneurysm of the Suprahepatic Inferior Vena Cava: A Case Report

Gabriella Ghattas Mariano, Calina Araujo Thaines, Gabrielle Silva Desani, Letícia de Castro Gouvêa, Paulo Vítor Cabral Covilo, Rogério de Paula Garcia Caravante

Coexistência de Conexão Venosa Pulmonar Anômala Parcial e Fístulas de Artéria Coronária: Um Relato de Caso Raro

Coexistence of Partial Anomalous Pulmonary Venous Connection and Coronary Artery Fistulas: A Rare Case Report

Mourad Haj Abdo, Hussain Latsh, Mathias Wagner, George König, Sebastian Barth

Comunicação Breve – Brief Communication

Integral Velocidade–Tempo do Trato de Saída do Ventriculo Esquerdo (LVOT VTI) Como Marcador de Desempenho Cardíaco: Dados de Mortalidade da Coorte ELSA-Brasil

Left Ventricular Outflow Tract Velocity-Time Integral (LVOT VTI) as a Marker of Cardiac Performance: Mortality Data of the ELSA-Brasil Cohort

Mariana de Castro Lopes, Altair Ivory Heidemann Jr., Eduardo G. Pianca, Bruce B. Duncan, Murilo Foppa, Angela B.S. Santos



ABC
Imagem
Cardiovascular

Departamento de Imagem Cardiovascular

Diretor Presidente

Adenvalva Lima de Souza Beck - DF

Diretor Vice-Presidente Ecocardiografia

Marco Stephan Lofrano Alves - PR

Diretor Vice-Presidente Cardiologia Nuclear

Adriana Pereira Glavam - RJ

Diretor Vice-Presidente Ecografia Vascular

Marcos Paulo Lacerda Bernardo - RJ

Diretor Vice-Presidente de Ressonância Magnética

Gabriela Liberato de Sousa - SP

Diretor Vice-Presidente de Tomografia Computorizada

Antonio Tito Paladino Filho - SP

Diretor Vice-Presidente de Cardiopatia Congênita e Cardiologia Pediátrica

Cristiane Nunes Martins - MG

Diretor Administrativo

Daniela do Carmo Rassi Frota - GO

Diretor Financeiro

Mohamed Hassan Saleh - SP

Editor da Revista

Marcelo Dantas Tavares de Melo - PB

Conselho Consultivo

Membros

André Luiz Cerqueira de Almeida - BA
Carlos Eduardo Rochitte - SP
Marcelo Luiz Campos Vieira - SP
Samira Saady Morhy - SP
Silvio Henrique Barberato - PR

Comissão Científica

Coordenador

Marco Stephan Lofrano Alves - PR

Membros

Adriana Pereira Glavam - RJ
Marcos Paulo Lacerda Bernardo - RJ
Gabriela Liberato De Sousa - SP
Antonio Tito Paladino Filho - SP
Cristiane Nunes Martins - MG

Comissão de Certificação de Área de Atuação em Ecocardiografia

Coordenador

Rafael Modesto Fernandes - BA

Membros Eco Adulto

Alex dos Santos Félix - RJ
Angele Azevedo Alves Mattoso - BA
Arthur Cortez Gonçalves - MG
Eliza de Almeida Gripp - RJ
Gracielly Rodrigues de Barros - ES
Liria Maria Lima da Silva - SP
Marcio Mendes Pereira - MA
Renato de Aguiar Hortegal - SP
Vitoria Regia Beserra Barbosa Ximenes - PI

Membros eco congênita

Danielle Lopes Rocha - ES
Flavia Engers Salles Benites - MS
Halsted Alarcao Gomes Pereira da Silva - SP
Maria Elisa Martini Albrecht - SP

Seniores

Glaucia Maria Penha Tavares - SP
José Aldo Ribeiro Teodoro - SP
Marcelo Iorio Garcia - RJ
Márcio Miranda Brito - TO
Tatiane Mascarenhas Santiago Emerich - ES

Comissão de Mídias Sociais

Coordenador

Bruna Olandoski Erban - PR
Alex dos Santos Félix - RJ

Membros

Kelvin Henrique Vilalva - SP
Claudia Cosentino Gallafrio - SP
Karen Saori Shiraishi Sawamura - SP

Comissão de Defesa Profissional e Relações Institucionais

Coordenador

Andrea de Andrade Vilela - SP

Membros

Antonio Tito Paladino Filho - SP
Daniela do Carmo Rassi Frota - GO
Gracielly Rodrigues de Barros - ES
Isabel Cristina Britto Guimarães - BA
Simone Nascimento dos Santos - DF

Comissão de ensino e acreditação

Coordenador

Edgar Bezerra de Lira Filho - SP

Membros

Andrea de Andrade Vilela - SP
Daniela do Carmo Rassi Frota - GO
Edgar Daminello - SP
José Luiz Barros Pena - MG
Marcos Paulo Lacerda Bernardo - RJ
Sandra Nívea dos Reis Saraiva Falcão - CE

Comissão inter-societária

Coordenador

Silvio Henrique Barberato - PR

Membros

Marcelo Luiz Campos Vieira - SP

Delegado DIC SISIAC

Ivan Romero Rivera - AL

Comissão DIC jovem

Coordenadores

Alexandre Costa Souza - BA

Membros

Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho - BA
Camila Martins Ferreira - DF
Fernanda Maria Franco Castro - MG
Lucas Feldman Paz de Lima - RJ
Luiz Otavio de Arruda Santos - SP
Marina Albanex Albuquerque de Medeiros - PE

Comissão DIC Mulher

Coordenador

Marly Maria Uellendahl Lopes - SP

Membros

Karen Saori Shiraishi Sawamura - SP
Simone Nascimento dos Santos - DF
Simone Cristina Soares Brandão - PE
Mônica Luiza de Alcantara - RJ
Marina Albanex Albuquerque de Medeiros - PE
Samira Saady Morhy - SP

Conselho Administrativo – Mandato 2026 (Sociedade Brasileira de Cardiologia)

Região Norte/Nordeste

Gilson Soares Feitosa-Filho (BA)
Sérgio Tavares Montenegro (PE) – Presidente do Conselho Administrativo

Região Leste

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

Região Paulista

Álvaro Avezum (SP)
Miguel Antônio Moretti (SP) – Vice-Presidente do Conselho Administrativo

Região Central

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

Região Sul

Paulo Ricardo Avancini Caramori (RS)
Sérgio Luiz Zimmermann (SC)

Comitê Científico (Sociedade Brasileira de Cardiologia)

Evandro Tinoco Mesquita
Gilson Soares Feitosa-Filho
Luiz Passaglia

Conselho Editorial Nacional

Adelino Parro Junior
Adenvalva Lima de Souza Beck
Adriana Pereira Glavam
Afonso Akio Shiozaki
Afonso Yoshikiro 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 Villaça 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 Castillo
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 Juacaba 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
Sílvio 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
Sílvia Alvarez
Vera Rigolin
Vitor Coimbra Guerra

ABC Imagem Cardiovascular

Volume 39, Nº 1, Janeiro/Fevereiro/Março 2026

Indexação: SciELO (Scientific Electronic Library Online), 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/>

Tomografia Coronária em 2025: Evidências de Longo Prazo, Inteligência Artificial e a Era do Photon-Counting

Coronary CT Angiography in 2025: Long-Term Evidence, Artificial Intelligence, and the Photon-Counting Era

Tiago A. Magalhães^{1,2} 

Hcor,¹ São Paulo, SP – Brasil

Complexo Hospital de Clínicas, Universidade Federal do Paraná (CHC-UFPR),² Curitiba, PR – Brasil

A Angiotomografia de Coronárias (CCTA) consolidou-se como exame de primeira linha na avaliação da dor torácica, apoiada por evidências robustas de impacto prognóstico, avanços em Inteligência Artificial (IA) e evolução tecnológica com a tomografia *photon-counting*. As publicações de 2025 reposicionam a CCTA como uma plataforma central na estratificação de risco e na orientação terapêutica da doença coronariana.

O seguimento de dez anos do SCOT-HEART é um grande marco desse processo. Em 4.146 pacientes com dor torácica estável, randomizados para cuidado padrão com ou sem CCTA, houve redução sustentada de óbito por doença coronariana ou infarto não fatal no grupo orientado por CCTA (HR 0,79; IC 95% 0,63–0,99).¹ Embora as taxas de revascularização não tenham diferido, o uso de terapia preventiva foi mais intenso e mantido ao longo do tempo no braço CCTA. Esses achados demonstram que a identificação direta de aterosclerose leva a intervenções mais agressivas, com repercussão duradoura nos desfechos, consolidando a AngioTC como ferramenta modificadora de doença em síndrome coronariana crônica.

Complementando essa perspectiva, o estudo DISCHARGE avaliou desfechos em 3.561 indivíduos com dor torácica estável e probabilidade intermediária de Doença Arterial Coronariana (DAC), randomizados para CCTA ou angiografia invasiva.² Após 3,5 anos, a qualidade de vida e a redução de angina foram semelhantes entre as estratégias. Mulheres apresentaram pior status basal, porém maior ganho relativo em alguns domínios. Assim, enquanto o SCOT-HEART confirma benefício em desfechos duros, o DISCHARGE mostra que a avaliação por CCTA não acarreta piores desfechos comparativamente ao cateterismo, reforçando seu papel como exame inicial recomendado em diretrizes.

No campo da inteligência artificial, 2025 marca a transição da CCTA para uma ferramenta de medicina personalizada.

Palavras-chave

Tomografia; Angiografia Coronária; Doença da Artéria Coronariana

Correspondência: Tiago Magalhães •

Hospital do Coração. Desembargador Eliseu Guilherme, 147. CEP: 04004-030. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: tiaugusto@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250106>

O Consensus Statement do QCI Study Group, publicado no *Nature Reviews Cardiology*, recomenda o uso rotineiro de análise quantitativa de placa assistida por IA para orientar o tratamento preventivo.³ O documento propõe iniciar terapia farmacológica sempre que houver presença de placa e intensificar o tratamento quando o seu volume for superior ao percentil 70 ajustado para idade e sexo. Esse movimento desloca a tomada de decisão dos escores clínicos tradicionais para “biomarcadores de imagem”.

A revisão de Irannejad *et al.* no *International Journal of Cardiovascular Imaging* detalha o estado atual da IA aplicada à CCTA, abordando segmentação arterial automatizada, quantificação de placas, derivação de índices funcionais e modelos preditivos de eventos adversos.⁴ Entre os desafios, persistem validação externa, transparência dos modelos e integração prática aos fluxos clínicos.

Evidência direta da performance de algoritmos de IA surge no estudo de Maaniitty *et al.*, publicado no *Journal of the American Heart Association*.⁵ Em 1.772 pacientes com suspeita de DAC, um algoritmo de isquemia derivado de CCTA apresentou concordância moderada a substancial com a referência híbrida CCTA/PET ($\kappa \approx 0,61$) e desempenho prognóstico semelhante, com C-index $\sim 0,73$ para óbito, infarto ou angina instável após sete anos de seguimento. Com isso, estratégias tomográficas, potencializadas por IA, emergem como alternativas mais simples e custo-efetivas em comparação a abordagens híbridas.

No campo do hardware, a tomografia *photon-counting* destaca-se como um avanço transformador. A revisão de Shiyovich *et al.*, no *JACC: Cardiovascular Imaging*, apresenta ganhos substanciais da tecnologia: maior resolução espacial, redução de artefatos e superior avaliação de *stents* e placas calcificadas.⁶ Embora baseada principalmente em estudos observacionais, a evidência sugere progressiva adoção da tecnologia em centros especializados, ampliando a capacidade da CCTA de integrar anatomia, caracterização de placa e, futuramente, perfusão e realce tardio.

A aplicação clínica desses benefícios é demonstrada por Nakashima *et al.*, no *Journal of Clinical Medicine*.⁷ Em 820 pacientes pareados, o *photon-counting* (PCCT) superou a tomografia convencional em acurácia diagnóstica para estenose significativa, caracterização de placas e encaminhamento apropriado para angiografia invasiva, especialmente em cenários com calcificação abundante. Isso indica que os avanços do PCCT se traduzem em maior precisão no cuidado clínico.

Somando-se essas evidências, impacto prognóstico, estratificação terapêutica baseada em IA e hardware de última geração, emerge um novo paradigma em que a Tomografia Coronária não só diagnóstica, mas orienta prevenção e manejo a longo prazo. A CCTA aproxima-se de uma plataforma unificada de medicina de precisão aplicada à aterosclerose.

O desafio adiante é integrar esses avanços em algoritmos clínicos validados, incorporá-los às diretrizes e disseminá-los para a prática cotidiana. O ano de 2025 pode representar o momento em que a Tomografia Coronária ultrapassou o papel anatômico tradicional e passou a atuar como eixo central da decisão terapêutica na doença coronariana.

Referências

1. Williams MC, Wereski R, Tuck C, Adamson PD, Shah ASV, van Beek EJR, et al. Coronary CT Angiography-Guided Management of Patients with Stable Chest pain: 10-Year Outcomes from the SCOT-HEART Randomised Controlled Trial in Scotland. *Lancet*. 2025;405(10475):329-37. doi: 10.1016/S0140-6736(24)02679-5.
2. Rieckmann N, Neumann K, Maurovich-Horvat P, Kofoed KF, Benedek T, Bossert M, et al. Health Status Outcomes after Computed Tomography or Invasive Coronary Angiography for Stable Chest Pain: A Prespecified Secondary Analysis of the DISCHARGE Randomized Clinical Trial. *JAMA Cardiol*. 2025;10(7):728-39. doi: 10.1001/jamacardio.2025.0992.
3. Schulze K, Stantien AM, Williams MC, Vassiliou VS, Giannopoulos AA, Nieman K, et al. Coronary CT Angiography Evaluation with Artificial Intelligence for Individualized Medical Treatment of Atherosclerosis: A Consensus Statement from the QCI Study Group. *Nat Rev Cardiol*. 2026;23(2):100-15. doi: 10.1038/s41569-025-01191-6.
4. Irannejad K, Mafi M, Krishnan S, Budoff MJ. Artificial Intelligence in Coronary CT Angiography: Transforming the Diagnosis and Risk Stratification of Atherosclerosis. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2025;41(9):1643-56. doi: 10.1007/s10554-025-03440-8.
5. Maaniitty T, Bär S, Nabeta T, Bax JJ, Saraste A, Knuuti J. Prognostic Value of a Coronary Computed Tomography Angiography-Derived Ischemia Algorithm: Comparison Against Hybrid Coronary Computed Tomography Angiography/Positron Emission Tomography Imaging. *J Am Heart Assoc*. 2025;14(2):e040726. doi: 10.1161/JAHA.124.040726.
6. Shiyovich A, Singh A, Blair CV, Cardoso R, Huck D, Peng G, et al. Photon-Counting Computed Tomography in Cardiac Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2026;19(1):94-117. doi: 10.1016/j.jcmg.2025.07.022.
7. Nakashima M, Miyoshi T, Hara S, Miyagi R, Nishihara T, Miki T, et al. Photon-Counting CT Enhances Diagnostic Accuracy in Stable Coronary Artery Disease: A Comparative Study with Conventional CT. *J Clin Med*. 2025;14(17):6049. doi: 10.3390/jcm14176049.



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

Top 1 da Ecografia Vascular em 2025: Da Anatomia à Autonomia – Inteligência Artificial e Ultrassonografia das Carótidas

Top 1 Vascular Ultrasound in 2025: From Anatomy to Autonomy – Artificial Intelligence and Carotid Ultrasound

Simone Nascimento dos Santos,¹ Gustavo Dannenhauer² 

ECCOS,¹ Brasília, DF – Brasil

Clínica Biocor,² Caxias do Sul, RS – Brasil

Introdução

Nos últimos anos, estamos vivenciando um avanço universal e sem precedentes da inteligência artificial (IA) em diversos cenários médicos, com impacto particularmente relevante no diagnóstico por imagem e, em especial, na ultrassonografia.

O exame ultrassonográfico é um método amplamente disponível, de baixo custo, realizado em tempo real, com aquisição rápida de imagens e sem exposição à radiação ionizante. Apesar dessas vantagens, a ultrassonografia permanece limitada por sua natureza operador e equipamento dependente, o que contribui para significativa variabilidade interobservador e interinstitucional, além de dificultar sua padronização em larga escala.^{1,2}

Neste editorial da *ABC Imagem Cardiovascular*, discutimos os achados revolucionários do sistema UltraBot, descritos no artigo “Towards expert-level autonomous carotid ultrasonography with large-scale learning-based robotic system”, publicado por Jiang et al. na *Nature Communications* em 2025.³ O estudo ilustra uma mudança estrutural no campo, ao demonstrar a transição de sistemas robóticos baseados em regras rígidas para um modelo de autonomia completa, impulsionado por aprendizado profundo (*deep learning*) e aprendizado por imitação (*imitation learning*) em larga escala (Figura 1).

Discussão

A realização do exame ultrassonográfico depende, tradicionalmente, da operação manual do profissional. Esse processo exige não apenas treinamento técnico prolongado, mas também uma elevada capacidade de coordenação motora e visual, associada ao raciocínio clínico, para definir, em tempo real, o posicionamento ideal do transdutor. Cada exame requer estratégias individualizadas, ajustadas às variações anatômicas e clínicas do paciente.

Palavras-chave

Doenças das Artérias Carótidas; Ultrassonografia; Inteligência Artificial.

Correspondência: Simone Nascimento dos Santos •

ECCOS Diagnóstico Cardiovascular. SMDB Conj 16 Lote 5 Casa A. CEP:

71680-160. Brasília, DF – Brasil

E-mail: simone.eccos@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260001>

Essa forte dependência da experiência do operador resulta em maior variabilidade entre exames, comprometendo a padronização dos resultados e podendo impactar negativamente a acurácia diagnóstica. Em contrapartida, o avanço dos robôs médicos de alto grau de autonomia surge como uma solução promissora, ao reduzir a influência direta do examinador humano e promover maior uniformidade no processo diagnóstico.

Nesse contexto, o estudo de Jiang et al.³ teve como objetivo desenvolver e validar um robô de ultrassonografia vascular totalmente autônomo, capaz de operar em nível comparável ao de especialistas humanos, que analisa dinamicamente os sinais de ultrassom coletados de pacientes, ajusta as trajetórias e posições da sonda em tempo real e realiza tarefas de escaneamento e medição em cenários clínicos reais. Os autores optaram pelo estudo ultrassonográfico das artérias carótidas devido à sua forte relevância clínica na detecção de placas ateromatosas e à associação com fatores de risco para doenças cardiovasculares, responsáveis pelas maiores taxas de mortalidade no mundo.^{4,5}

O UltraBot se diferencia de abordagens anteriores por adotar um arcabouço de aprendizado por imitação em larga escala, treinado com base em exames reais realizados por especialistas.⁶⁻⁸ Diferentemente de abordagens baseadas em regras pré-definidas ou em ambientes simulados, o sistema aprende simultaneamente anatomia, navegação e tomada de decisão durante a aquisição do exame, configurando um modelo verdadeiramente *end-to-end*, da percepção à ação, com elevada capacidade de generalização clínica. Os autores acreditam que o estudo não apenas destaca o potencial do sistema, mas também traça um caminho viável para preencher a lacuna entre a pesquisa teórica e a adoção clínica no mundo real.

Foram coletados dados em larga escala de exames de artérias carótidas realizados em indivíduos reais, compreendendo 247.297 pares de imagens de ultrassom e abrangendo uma ampla gama de variações estruturais de tecidos observadas no mundo real e de ações de adaptação de especialistas operadores.

A taxa de sucesso de escaneamento foi superior a 90% em uma população diversificada (idade: 19 a 70 anos; índice de massa corporal: 16,5 a 30,8; de ambos os sexos), confirmando seu forte desempenho de generalização em variações anatômicas, incluindo o escaneamento bem-sucedido de pacientes com placas.

O UltraBot controla o transdutor em seis graus de liberdade, ajustando continuamente sua trajetória com

base exclusivamente nos sinais visuais do ultrassom, em um processo que mimetiza a coordenação “mão–olho–cérebro” do médico. Além disso, o sistema realiza automaticamente a mensuração da espessura íntima-média e do diâmetro luminal, bem como a triagem de placas ateroscleróticas. É interessante ressaltar que o robô utiliza sensores de força e câmeras externas, o que assegura conforto e segurança ao paciente durante o procedimento.

Estudos anteriores também demonstraram o processamento automático da segmentação arterial, extraíndo parâmetros de forma padronizada, rápida e reproduzível. He et al.⁹ utilizaram uma base com mais de 3 mil imagens tridimensionais de artérias carótidas, treinando um modelo multitarefa para a segmentação automática da parede, detecção da placa e classificação de vulnerabilidade. A acurácia foi de 94%, com área sob a curva de 0,94, e redução de mais de 80% no tempo de análise, em comparação à revisão manual, demonstrando o funcionamento da IA no fluxo clínico real. Outro estudo relevante é um seguimento do banco de dados do Reino Unido — o UK Biobank — que reúne imagens, análises genéticas e dados clínicos, e permite correlacionar o fenótipo de placa com essas variáveis.¹⁰

Esses achados abrem caminho para uma avaliação de risco verdadeiramente integrada, em que o ultrassom de carótidas, por exemplo, integra-se a modelos preditivos baseados em IA multimodal.

O aprendizado profundo está quebrando as barreiras de custo e de complexidade do hardware.

Tradicionalmente, para medir a rigidez arterial e características morfológicas da placa, é necessária a utilização de equipamentos de alta resolução, elastógrafos dedicados, agentes realçadores ultrassonográficos e transdutores tridimensionais. Com o avanço dos algoritmos de aprendizado

profundo, já é possível extrair essas informações diretamente da imagem bidimensional convencional.

Um exemplo muito interessante é o conceito da elastografia virtual. A IA analisa padrões sutis de movimento e dispersão de pixels no vídeo de ultrassom convencional e estima a rigidez tecidual de forma não invasiva, sem necessidade de hardware dedicado de elastografia. Em estudo recente, Tang et al.¹¹ mostraram correlação de 0,85 entre a técnica virtual e a elastografia real, com erro médio < 10%. Podemos inferir que estamos perto de transformar qualquer aparelho de ultrassom em uma ferramenta capaz de medir rigidez arterial com base em IA.

Os modelos de aprendizado profundo modernos conseguem rodar em hardware simples, como laptops clínicos, porque foram otimizados para baixo consumo computacional. Isso permite levar a análise avançada de imagens para o consultório — e até para exames portáteis.

Talvez já façamos parte de uma era em que o aprendizado profundo possa democratizar a alta tecnologia, em que a IA não avalia apenas uma variável, mas entende como cada “camada” se relaciona com o risco de eventos vasculares. Trata-se de um conceito novo, chamado “*imaging at scale*”, que pode ser o próximo passo para revolucionar a prevenção cardiovascular.

Conclusão

O UltraBot sinaliza que a ultrassonografia autônoma de alta precisão deixou de ser uma promessa distante para se tornar uma realidade técnica viável. Para a comunidade da imagem cardiovascular, esse avanço sugere um futuro em que a tecnologia não substitui o médico, mas amplia sua expertise, elevando o padrão de cuidado por meio da padronização, da reprodutibilidade e da democratização do acesso a diagnósticos precisos.

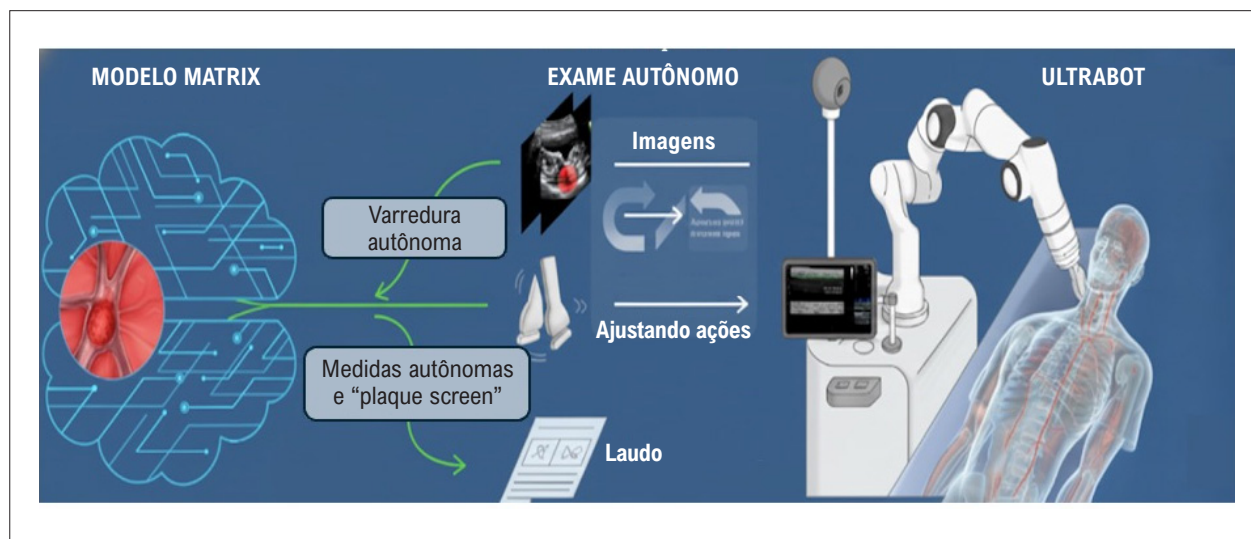


Figura 1 – Exame ultrassonográfico robótico autônomo. Por meio de um modelo baseado em aprendizado profundo e aprendizado por imitação, o sistema robótico realiza automaticamente a varredura vascular, as medições biométricas e a triagem de placas ateroscleróticas, gerando o laudo e demonstrando potencial aplicabilidade clínica. Fonte: Adaptado de Jiang et al.³

Referências

1. Won D, Walker J, Horowitz R, Bharadwaj S, Carlton E, Gabriel H. Sound the Alarm: The Sonographer Shortage Is Echoing Across Healthcare. *J Ultrasound Med.* 2024;43(7):1289-301. doi: 10.1002/jum.16453.
2. Shah S, Bellows BA, Adedipe AA, Totten JE, Backlund BH, Sajed D. Perceived Barriers in the Use of Ultrasound in Developing Countries. *Crit Ultrasound J.* 2015;7(1):28. doi: 10.1186/s13089-015-0028-2.
3. Jiang H, Zhao A, Yang Q, Yan X, Wang T, Wang Y, et al. Towards Expert-Level Autonomous Carotid Ultrasonography with Large-Scale Learning-Based Robotic System. *Nat Commun.* 2025;16(1):7893. doi: 10.1038/s41467-025-62865-w.
4. Song P, Fang Z, Wang H, Cai Y, Rahimi K, Zhu Y, et al. Global and Regional Prevalence, Burden, and Risk Factors for Carotid Atherosclerosis: A Systematic Review, Meta-Analysis, and Modelling Study. *Lancet Glob Health.* 2020;8(5):e721-e729. doi: 10.1016/S2214-109X(20)30117-0.
5. Global Burden of Cardiovascular Diseases and Risks 2023 Collaborators. Global, Regional, and National Burden of Cardiovascular Diseases and Risk Factors in 204 Countries and Territories, 1990-2023. *J Am Coll Cardiol.* 2025;86(22):2167-243. doi: 10.1016/j.jacc.2025.08.015.
6. Huang D, Bi Y, Navab N, Jiang Z. Motion Magnification in Robotic Sonography: Enabling Pulsation-Aware Artery Segmentation. *arXiv.* 2023; arXiv:2307.03698. doi: 10.48550/arXiv.2307.03698.
7. Yanwei H, Xiao W, Wang C, Liu H, Huang R, Sun Z. Towards Fully Autonomous Ultrasound Scanning Robot With Imitation Learning Based on Clinical Protocols. *IEEE Robot Autom Lett.* 2021;6(2):3671-8. doi: 10.1109/LRA.2021.3064283.
8. Huang Q, Gao B, Wang M. Robot-Assisted Autonomous Ultrasound Imaging for Carotid Artery. *IEEE Trans Instrum Meas.* 2024.7:3-9. doi: 10.1109/TIM.2024.3353836.
9. He L, Yang Z, Wang Y, Chen W, Diao L, Wang Y, et al. A Deep Learning Algorithm to Identify Carotid Plaques and Assess their Stability. *Front Artif Intell.* 2024;7:1321884. doi: 10.3389/frai.2024.1321884.
10. Omarov M, Zhang L, Jorshery SD, Malik R, Das B, Bellomo TR, et al. Automated Deep Learning-Based Detection of Early Atherosclerotic Plaques in Carotid Ultrasound Imaging. *medRxiv.* 2025:2024.10.17.24315675. doi: 10.1101/2024.10.17.24315675.
11. Tang X, Zhang L, He D, Hu B, Jia C, Gu S, et al. Automatic Generation and Risk Stratification of Carotid Plaque in Virtual Shear Wave Elastography Using a Generative Adversarial Network. *Comput Med Imaging Graph.* 2025;124:102600. doi: 10.1016/j.compmedimag.2025.102600.



Cardiologia Nuclear: da Consolidação à Integração

Nuclear Cardiology: From Consolidation to Integration

Simone Cristina Soares Brandão^{1,2} 

Universidade Federal de Pernambuco,¹ Recife, PE – Brazil

Brigham and Women's Hospital, Harvard Medical School,² Boston, MA – EUA

Introdução

A cardiologia nuclear passou por uma transformação profunda ao longo da última década.¹⁻⁵ O que antes era predominantemente uma ferramenta diagnóstica focada na detecção de isquemia evoluiu para uma plataforma abrangente de compreensão fisiológica, estratificação de risco e cuidado cardiovascular de precisão.^{2,6-12} Nesse contexto, a área deixou de simplesmente identificar a doença para elucidar os seus mecanismos subjacentes, ecoando a percepção de Marie Curie de que “nada na vida deve ser temido, apenas compreendido”.

O ano de 2025 não se destacou por descobertas disruptivas isoladas, mas por algo igualmente relevante: a consolidação clínica.^{1,2,13} Nesse período, conceitos emergentes amadureceram e se transformaram em paradigmas clínicos aplicáveis, permitindo que a área avançasse da promessa à prática.^{1,13}

A tomografia por emissão de pósitrons (PET) tornou-se uma modalidade central para a avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo miocárdico, da disfunção microvascular e dos mecanismos fisiopatológicos que envolvem as cardiomiopatias.^{1,7,10,12-14} Os avanços em radiofármacos, na tecnologia dos equipamentos e nos métodos de análise permitiram que a PET evoluísse da prova de conceito para a aplicação clínica estruturada, reforçando seu papel na imagem cardiovascular contemporânea.^{1,2,13}

Neste contexto, 2025 representou um ano de transição decisivo para a cardiologia nuclear, definido por amadurecimento, integração e crescente relevância clínica. Este editorial aborda áreas-chave com evidências consolidadas, destaca aplicações emergentes que ganharam impulso e delineia direções atuais e futuras, com a PET posicionada no centro da imagem cardiovascular de precisão.

Da Detecção de Isquemia ao Fenótipo Fisiológico: Consolidação em 2025

Um dos desenvolvimentos mais marcantes na cardiologia nuclear nos últimos anos foi a transição da detecção de isquemia para o fenótipo fisiológico, mudança que remodelou

Palavras-chave

Tomografia por Emissão de Pósitrons; Inflamação; Medicina de Precisão.

Correspondência: Simone Cristina Soares Brandão •

20 Chapel St., Apt. B411. CEP: 02446.

Brookline, MA - EUA

Email: ssoaresbrandao@bwh.harvard.edu

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260007>

a prática clínica.^{1,14} Central a essa evolução é o reconhecimento da disfunção microvascular coronariana (DMC) como um fenótipo clinicamente relevante, e não como um achado incidental ou secundário.¹⁵ A DMC tem sido cada vez mais compreendida como um substrato biológico fundamental subjacente a sintomas persistentes, doença cardiometabólica, aterosclerose coronariana difusa e insuficiência cardíaca, mesmo na ausência de doença epicárdica obstrutiva.^{1,7,10,13}

Nesse contexto, a PET emergiu como padrão de referência para a avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo miocárdico e da reserva de fluxo miocárdico.¹³ A capacidade de quantificar a fisiologia coronariana em todo o miocárdio de forma não invasiva remodelou a avaliação clínica, permitindo diagnóstico mais preciso, decisões terapêuticas mais fundamentadas e melhor estratificação de risco em pacientes com padrões de doença complexos ou difusos. Em 2025, essas métricas quantitativas derivadas da PET ultrapassaram o âmbito da pesquisa e foram incorporadas progressivamente aos fluxos clínicos de rotina em centros especializados.¹

O amadurecimento clínico do flurpiridaz exemplifica essa mudança de paradigma.^{3,14,16,17} Antes considerado um radiofármaco investigacional promissor, o flurpiridaz entrou em fase de implementação clínica por suas características favoráveis de imagem, vantagens logísticas e desempenho fisiológico robusto.^{14,16} Seu potencial para expandir o acesso à imagem de perfusão miocárdica por PET, por meio de uma melhor qualidade de imagem, protocolos de estresse mais flexíveis e fluxos de trabalho mais otimizados, representa um passo crucial para a maior adoção da imagem fisiológica.^{3,16} Em conjunto, esses avanços evidenciam uma mudança fundamental na cardiologia nuclear.

Expansão Além da Doença Coronária Obstrutiva

Em 2025, a cardiologia nuclear continuou a expandir-se além do modelo tradicional de doença arterial coronária obstrutiva, refletindo uma compreensão mais ampla da doença cardiovascular como um sistema biológico complexo e dinâmico.^{4,6} A doença cardiovascular é reconhecida como resultado da interação de processos metabólicos, inflamatórios, neuro-hormonais e fibróticos que evoluem ao longo do tempo, com reconhecimento crescente da estreita interação entre o metabolismo miocárdico e a ativação imune como determinantes fundamentais da expressão da doença.¹⁸ Nenhuma métrica isolada é capaz de capturar plenamente essa complexidade, o que ajuda a explicar a ampla variabilidade de apresentação clínica, resposta terapêutica e de desfecho entre pacientes.

Nesse contexto, a imagem molecular assumiu papel estratégico. Seu valor reside não apenas na detecção da doença,

mas na visualização e quantificação *in vivo* de processos biológicos subjacentes, muitos dos quais representam alvos terapêuticos potencialmente modificáveis. Ao investigar inflamação, ativação de fibroblastos, disfunção autonômica e fisiologia microvascular, a cardiologia nuclear oferece uma janela para mecanismos de doença que vão além da anatomia luminal,^{5,6} incluindo ativação imune induzida por estresse metabólico.¹⁹

Diversos domínios clínicos ilustram essa expansão. Na insuficiência cardíaca, a imagem por PET permite uma fenotipagem mais refinada por meio da avaliação da DMC, fornecendo informações sobre remodelamento miocárdico e declínio funcional. Nas doenças de condução, especialmente no bloqueio de ramo esquerdo, a imagem nuclear ultrapassou descrições puramente morfológicas e passou a caracterizar dissincronia mecânica, padrões regionais de perfusão e associações com remodelamento adverso.⁸ Na cardio-oncologia, a PET cardíaca com FDG emergiu como ferramenta robusta para investigar respostas metabólicas e inflamatórias miocárdicas iniciais à terapia oncológica,^{9,20} capturando uma vulnerabilidade biológica que pode preceder e não refletir-se consistentemente na deterioração funcional precoce.²¹ Essas alterações metabólicas não se correlacionam de forma consistente com reduções precoces na fração de ejeção do ventrículo esquerdo ou na deformação longitudinal global, indicando que a PET-FDG capta um sinal distinto e biologicamente significativo, em vez de servir apenas como um marcador substituto para comprometimento funcional.⁹

Coletivamente, essas aplicações refletem uma mudança conceitual mais ampla. A cardiologia nuclear está em transição de uma imagem predominantemente diagnóstica e prognóstica para um instrumento orientador de terapias baseadas em mecanismos. A imagem obtida é cada vez mais utilizada para guiar a seleção de pacientes, definir o momento ideal para intervenção e monitorar a resposta biológica ao tratamento.^{6,22} Nesse paradigma em evolução, o verdadeiro valor da cardiologia nuclear reside em sua capacidade de quantificar processos biológicos passíveis de intervenção em benefício do paciente.²

Tecnologia e Radiofármacos: da Inovação à Implementação Clínica

Em 2025, os avanços tecnológicos e em radiofármacos na cardiologia nuclear foram definidos menos pela novidade e mais pela prontidão clínica.^{2,7,14,16,22,23} Melhorias na reprodutibilidade de métricas quantitativas, fluxos de trabalho mais curtos e maior integração entre plataformas de hardware e software marcaram a transição da prova de conceito para a implementação clínica estruturada. Em conjunto, esses desenvolvimentos fortaleceram a confiança na PET quantitativa e facilitaram uma maior adoção na prática clínica de rotina.^{5,16}

A amiloidose cardíaca exemplifica esse amadurecimento. Embora os radiofármacos SPECT com afinidade óssea permaneçam fundamentais para o diagnóstico, avanços recentes superaram as abordagens tradicionais.² Radiofármacos PET, como o 124I-*evuzamitide* (AT-01), e

agentes SPECT emergentes, incluindo o 99mTc-p5+14, destacam o potencial para caracterização tecidual mais específica.^{22,23} Essas ferramentas podem aprimorar a diferenciação entre amiloidose por cadeia leve e por transtirretina, favorecer a detecção mais precoce da doença e melhorar a integração entre diagnóstico, prognóstico e decisão terapêutica.

A avaliação fisiológica também avançou por meio do refinamento da quantificação de fluxo.^{12,17} A PET permanece como padrão de referência para a avaliação quantitativa do fluxo sanguíneo miocárdico,¹³ permitindo análise da perfusão transmural e subendocárdica e revelando vulnerabilidades regionais não capturadas por métricas globais isoladas.¹² Estudos de validação paralelos com câmeras SPECT de telureto de cádmio-zinco demonstraram forte correlação com a PET, indicando um futuro em que a fisiologia de precisão poderá tornar-se acessível a centros além dos altamente especializados.²⁴

Por fim, a inteligência artificial e grandes bases de dados estão remodelando a interpretação de imagens e a avaliação de risco.²⁵ A quantificação automatizada, a integração com biobancos e valores de referência específicos para sexo e idade estão aprimorando a robustez e reprodutibilidade.⁷ Registros como o REFINE PET, atualmente com mais de 35.000 pacientes, ilustram como abordagens orientadas por dados conectam imagem, fisiologia e cuidado cardiovascular personalizado.^{4,25}

Cardiologia Nuclear em 2026: A Era da Integração

A cardiologia nuclear entrou numa nova fase. O ano de 2025 representou mais do que progresso incremental; marcou a consolidação de um campo que agora desempenha papel decisivo na compreensão da fisiologia cardiovascular, no refinamento diagnóstico e na condução do manejo clínico. A PET quantitativa, sustentada por radiofármacos validados, hardware avançado e evidências clínicas robustas, tornou-se central nessa transformação.¹ Simultaneamente, avanços contínuos em metodologias quantitativas e o desenvolvimento de radiofármacos PET e SPECT cada vez mais sensíveis e específicos ampliam os conhecimentos biológicos e clínicos acessíveis pela cardiologia nuclear.^{3,22,23}

À medida que avançamos em 2026, espera-se que o foco se desloque da consolidação para a integração. A imagem orientada por fenótipo e prognóstico,⁸ apoiada por inteligência artificial, grandes bases de dados²⁵ e métricas quantitativas padronizadas,⁷ deverá informar cada vez mais a tomada de decisão clínica. Nesse cenário em evolução, a cardiologia nuclear deixa de ser vista apenas como modalidade diagnóstica complementar e passa a ser um componente central da medicina cardiovascular de precisão, transformando sinais biológicos complexos em conhecimento clinicamente aplicável.⁶ Nesse sentido, a área continua a refletir a visão de Marie Curie: avançar do que é temido para o que é compreendido. Se 2025 marcou a consolidação, 2026 marca a integração e o impacto (Figura 1).

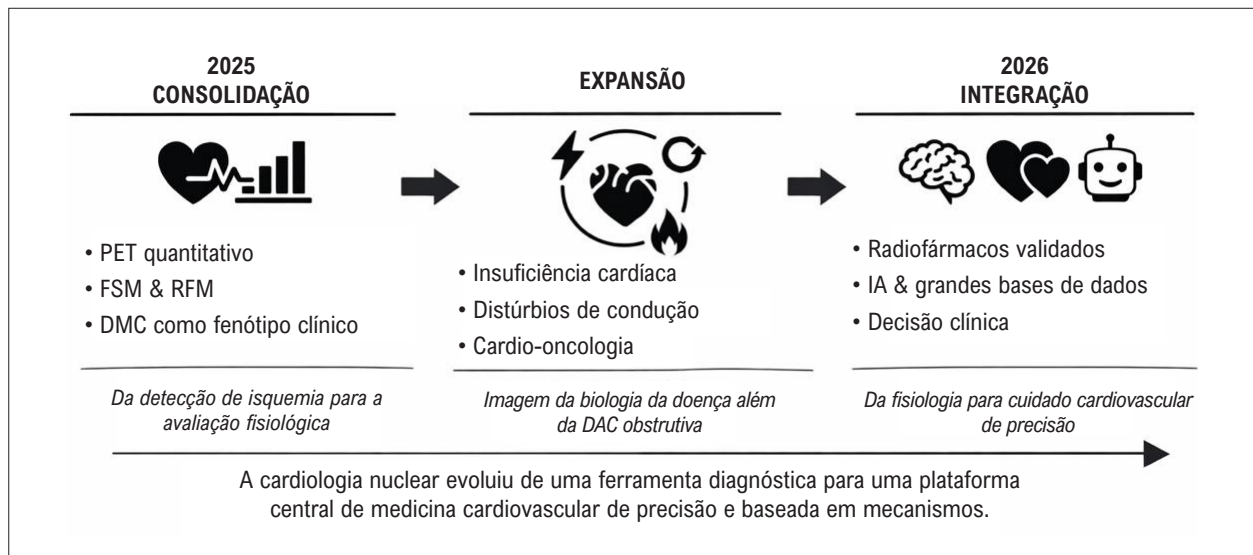


Figura 1 – Evolução da cardiologia nuclear da consolidação à integração (2025–2026). Em 2025 (Consolidação), a tomografia por emissão de pósitrons (PET) quantitativa, com avaliação rotineira do fluxo sanguíneo miocárdico (FSM) e da reserva de fluxo miocárdico (RFM), consolidou a transição da detecção de isquemia para a avaliação fisiológica, estabelecendo a disfunção microvascular coronária (DMC) como fenótipo clínico. A fase de Expansão reflete a ampliação da cardiologia nuclear além da doença arterial coronária (DAC) obstrutiva para a imagem da biologia da doença na insuficiência cardíaca, nos distúrbios de condução, particularmente no bloqueio de ramo esquerdo (BRE), e na cardio-oncologia. Em 2026 (Integração), radiofármacos validados, análise de grandes bases de dados orientada por inteligência artificial (IA) e tomada de decisão clínica guiada por imagem convergem para viabilizar o cuidado cardiovascular de precisão.

Referências

1. Bateman TM, Al-Mallah MH, Alnabelsi TS, Arumugam P, Calnon DA, Chareonthaitawee P, et al. Clinical Indications for Positron Emission Tomography Myocardial Perfusion Imaging and Myocardial Blood Flow Quantification: An American Society of Nuclear Cardiology Position Statement. *J Nucl Cardiol*. 2025;102619. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102619.
2. Aimo A, Chen YFF, Castiglione V, Passino C, Genovesi D, Giorgetti A, et al. Positron Emission Tomography in Cardiac Amyloidosis: Current Evidence and Future Directions. *Heart Fail Rev*. 2025;30(3):605-18. doi: 10.1007/s10741-025-10493-3.
3. Brandão SCS. A New Horizon in Nuclear Cardiology in Brazil: Impact and Barriers of F-18 Flurpiridaz. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2024;37(4):e20240118. doi: 10.36660/abcimg.20240118i.
4. Chareonthaitawee P. Our Adventure: A Year of Innovation, Collaboration, and Global Growth. *J Nucl Cardiol*. 2025;54:102569. doi:10.1016/j.nuclcard.2025.102569.
5. Di Carli MF. Another Year We Built Together. *J Nucl Cardiol*. 2025;54:102590. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102590.
6. Thackeray JT. Theranostics in Nuclear Cardiology: Approaching Harbour or Boundless Horizon? *J Nucl Cardiol*. 2025;54:102481. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102481.
7. Joseph L, Trinquart L, Lopez DM, Brandao S, Brown JM, Divakaran S, et al. Age- and Sex-Adjusted Myocardial Flow Reserve Percentiles for Personalized Cardiovascular Risk Assessment. medRxiv. 2025:2025.12.30.25343223. doi: 10.64898/2025.12.30.25343223.
8. Brandão SCS, Joseph L, Brown JM, Lopez D, Lemley M, Ramirez G, et al. Mechanical Dyssynchrony and Perfusion Heterogeneity Predict Adverse LV Remodeling in Patients with and without LBBB. medRxiv. 2026:2026.01.09.26343726. doi: 10.64898/2026.01.09.26343726.
9. Becker MMC, Buril RO, Wanderley MRB Jr, Berenguer DRF, Mourato FA, Costa IBSS, et al. Prospective Multicenter Evaluation of 18F-FDG PET/CT and Strain for Early Cardiotoxicity Detection in Lymphoma Patients. *Cardiooncology*. 2025;12(1):1. doi: 10.1186/s40959-025-00416-4.
10. Souza ACDAH, Troschel AS, Marquardt JP, Hadžić I, Foldyna B, Moura FA, et al. Skeletal Muscle Adiposity, Coronary Microvascular Dysfunction, and Adverse Cardiovascular Outcomes. *Eur Heart J*. 2025;46(12):1112-23. doi: 10.1093/eurheartj/ehae827.
11. Liang S, Hou P, Wang X, Liang W, Zhong S, Zhao R, et al. Comparison of 18F-FAPI-42 PET for Detecting Cardiac Fibroblast Activation in Dilated Cardiomyopathy with Histopathology and CMR. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2025;18(9):997-1009. doi: 10.1016/j.jcmg.2025.05.021.
12. Xu X, Divakaran S, Weber BN, Hainer J, Laychak SS, Auer B, et al. Relationship of Subendocardial Perfusion to Myocardial Injury, Cardiac Structure, and Clinical Outcomes among Patients with Hypertension. *Circulation*. 2024;150(14):1075-86. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.123.067083.
13. Vrints C, Andreotti F, Koskinas KC, Rossello X, Adamo M, Ainslie J, et al. 2024 ESC Guidelines for the Management of Chronic Coronary Syndromes. *Eur Heart J*. 2024;45(36):3415-537. doi: 10.1093/eurheartj/ehae177.
14. Lopez DM, Huck DM, Divakaran S, Brown JM, Weber BN, Lemley M, et al. Utility of 18F-Flurpiridaz PET Relative Flow Reserve in Differentiating Obstructive from Nonobstructive Coronary Artery Disease. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2025;18(11):e018323. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.125.018323.
15. Oliveira GMM, Almeida MCC, Valério CM, Giuffrida F, Espíndola L Neto, Izar MCO, et al. Position Statement on Cardiometabolic Health Across the Woman's Life Course - 2025. *Arq Bras Cardiol*. 2025;122(9):e20250615. doi: 10.36660/abc.20250615.
16. Rupa S, deKemp R, Horgan S, Al-Mallah MH, Bateman T, Case J, et al. Laboratory Considerations on the Use of F-18 Myocardial Perfusion Imaging Radiotracers: An ASNC Information Statement. *J Nucl Cardiol*. 2025;48:102230. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102230.

17. Builoff V, Lemley M, Miller RJH, Fujito H, Ramirez G, Kavanagh P, et al. Subendocardial Quantification Enhances Coronary Artery Disease Detection in 18F-Flurpiridaz PET. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2025;52(9):3342-52. doi: 10.1007/s00259-025-07174-6.
18. Fragasso G, Stolfo D, Anker MS, Bayes-Genis A, Chioncel O, Heymans S, et al. The Crosstalk between Immune Activation and Metabolism in Heart Failure. A Scientific Statement of the Heart Failure Association of the ESC. *Eur J Heart Fail*. 2025;27(9):1700-19. doi: 10.1002/ejhf.3703.
19. Pereira A, Alvarez-Argote S, Meite I, Inui H, Sterling JK, Thorp EJ, et al. Metabolic Stress and Immune Activation in Heart Failure with a Preserved Ejection Fraction. *Immunol Rev*. 2026;337(1):e70103. doi: 10.1111/imr.70103.
20. Berenguer DRF, Arruda GFA, Becker MMC, Dourado MLC, Buril RO, Mourato FA, et al. Monitoring Myocardial Metabolic Changes in Lymphoma Patients Undergoing Chemotherapy Using FDG PET/CT. *ABC Imagem Cardiovasc*. 2025;38(4):e20250067. doi: 10.36660/abcimg.20250067i.
21. Galán-Arriola C, Pérez-Camargo D, Jorge I, Bautista V, Ayaon-Albarrán A, Pérez-Martínez C, et al. Anthracycline Cardiotoxicity: Role of Metabolic Vulnerability Induced by Cardiac Pressure Overload. *Eur Heart J*. 2026;ehaf1060. doi: 10.1093/eurheartj/ehaf1060.
22. Smiley DA, Einstein AJ, O’Gorman KJ, Santana D, Teruya S, Chan N, et al. Early Detection of Transthyretin Cardiac Amyloidosis Using 124I-Evuzamitide Positron Emission Tomography/Computed Tomography. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2025;18(7):799-811. doi: 10.1016/j.jcmg.2025.01.018.
23. Martin E, Kassira A, Stuckey A, Whittle B, Guthrie S, Kennel SJ, et al. A Tale of Two Tracers - Amyloid Imaging with Investigational Radiotracers Iodine (124I) Evuzamitide and 99mTc-p5 + 14 (AT-05). *J Nucl Cardiol*. 2025;102451. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102451.
24. Yahiro DS, Leite LF, Azevedo GL, Al-Mallah MH, Mesquita CT. Comparison of PET-CT and CZT-SPECT on Myocardial Blood Flow and Flow Reserve Measurement: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Nucl Cardiol*. 2025;52:102279. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102279.
25. Ramirez G, Lemley M, Shanbhag A, Kwiecinski J, Miller RJH, Kavanagh PB, et al. The REgistry of Flow and Perfusion Imaging for Artificial Intelligence with Positron Emission Tomography (REFINE PET): Rationale and Design. *J Nucl Cardiol*. 2025;52:102449. doi: 10.1016/j.nuclcard.2025.102449.



Recalibrando o Barômetro: A Ecocardiografia na Disfunção Diastólica e a Era dos Novos Algoritmos

Recalibrating the Barometer: Echocardiography in Diastolic Dysfunction and the Era of New Algorithms

Maria Estefania Bosco Otto,^{1,2} Jorge Eduardo Assef,³ Gustavo Nishida³

Universidade de Brasília,¹ Brasília, DF – Brasil

Hospital DF Star,² Brasília, DF – Brasil

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

A disfunção diastólica (DD) permanece um desafio diagnóstico não por falta de parâmetros, mas pela incerteza que surge quando uma fisiologia complexa é traduzida em rótulos estáticos nos laudos ecocardiográficos. Na prática clínica, os médicos frequentemente se preocupam menos com o grau específico de DD e mais com suas implicações prognósticas e com o fato de saber se pressões de enchimento elevadas podem explicar a dispneia, orientar investigações adicionais e sustentar decisões terapêuticas. É precisamente nessas variáveis, a pressão média do átrio esquerdo (PMAE) e a pressão de enchimento do ventrículo esquerdo (PEVE), que a ecocardiografia precisa ser mais pragmática, minimizando o número de laudos “indeterminados” e oferecendo uma conclusão operacional fundamentada na fisiologia integrada.¹⁻⁴

O raciocínio estruturado que sustenta esse objetivo começou com a diretriz de 2009 da American Society of Echocardiography/European Association of Echocardiography sobre a avaliação da função diastólica do ventrículo esquerdo (VE),¹ um verdadeiro marco que organizou o pensamento moderno sobre a diástole, estabeleceu uma linguagem compartilhada para os principais mecanismos fisiopatológicos e sistematizou a interpretação dos parâmetros ecocardiográficos. Além de seu valor conceitual, reforçou um princípio crítico para os laboratórios de ecocardiografia: a avaliação da diástole deve se traduzir em uma mensagem clinicamente significativa, particularmente quando há suspeita de insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada (ICFEP).

A atualização de 2016 da diretriz representou outro passo importante ao simplificar e melhorar a reprodutibilidade da avaliação multiparamétrica, com foco em variáveis amplamente disponíveis e adequadas para uso rotineiro.² Na prática, contudo, a experiência após 2016 revelou

um problema persistente: no mundo real, especialmente entre pacientes com ICFEP, uma proporção substancial de exames continuava sendo classificada como função diastólica “indeterminada”. Embora metodologicamente honesto, esse resultado frequentemente é clinicamente insuficiente.²⁻⁴

O estudo de Lababidi et al.³ representa um ponto de inflexão pragmático. Em uma coorte multicêntrica validada contra dados hemodinâmicos invasivos, os autores propuseram um algoritmo ecocardiográfico em etapas para estimar a PEVE. A primeira etapa baseia-se em medidas de alta factibilidade, enquanto a segunda resolve discordâncias ou dados incompletos utilizando parâmetros adicionais sustentados por forte fundamentação fisiopatológica. Sua relevância editorial é direta: o algoritmo foi desenvolvido para reduzir a proporção de casos “indeterminados” e melhorar a acurácia diagnóstica (de 80% para 86% em pacientes com ICFEP) na determinação da PEVE.³

Após a publicação de Lababidi et al.,³ a diretriz de 2025 “recalibra o barômetro” ao incorporar esses algoritmos propostos em uma estratégia estruturada para avaliação diastólica e diagnóstico de ICFEP.⁴ Essa atualização não apenas refina a acurácia da classificação da DD, mas também melhora a identificação de PEVE elevada, reduzindo significativamente a proporção de casos classificados como indeterminados.⁴ Esses fluxos se aplicam a pacientes em ritmo sinusal e sem condições valvares mitrais que distorçam a avaliação do relaxamento e da PEVE, como estenose mitral de qualquer grau e insuficiência mitral moderada ou importante, ou calcificação do anel mitral.

No entanto, a diretriz de 2025 apresenta duas figuras-chave (Figuras 2 e 3 desse documento⁴) que, em uma leitura superficial, podem parecer competir entre si e, portanto, gerar incerteza operacional. Em termos gerais, a Figura 2 dessa diretriz avalia a presença de DD, enquanto a Figura 3 classifica os achados com base na PMAE estimada.⁴ Quando interpretadas como vias alternativas, em vez de etapas complementares, podem perpetuar a incerteza e levar a resultados conflitantes.

Nesse contexto, a carta de Assef e Nishida⁵ ganha relevância prática. Os autores propõem integrar essas figuras de forma sequencial, redefinindo a Figura 2 como Algoritmo 1 (etapas para o diagnóstico de DD) e a Figura 3 como Algoritmo 2 (classificação da DD e estimativa da PMAE), ambos apresentados na Figura 1 deste Editorial, com regras de transição mais claras e critérios de desempate.⁵

Palavras-chave

Disfunção Ventricular Esquerda; Insuficiência Cardíaca Diastólica; Ecocardiografia; Strain Atrial Esquerdo.

Correspondência: Maria Estefania Bosco Otto •

Universidade de Brasília. SQSW 301 Bloco F, Apto 508. CEP: 70910-900. Brasília, DF – Brasil

E-mail: mariaestefaniaotto@gmail.com

Artigo recebido em 12/01/2026; revisado em 29/01/2026; aceito em 29/01/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260004>

Algoritmo 1 – Etapas para o diagnóstico de DD

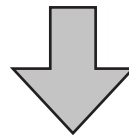


*Valores de corte ajustados por idade podem ser considerados para identificar anormalidades na velocidade e' ou redução da relação E/A.

**Após excluir aumento do AE em atletas, anemia, fibrilação atrial, flutter atrial e doença valvar mitral.

Δ Hipertensão pulmonar pré-capilar deve ser excluída.

∇ Após excluir aumento da massa do VE em atletas



Algoritmo 2 – Classificação da DD e estimativa da PAE

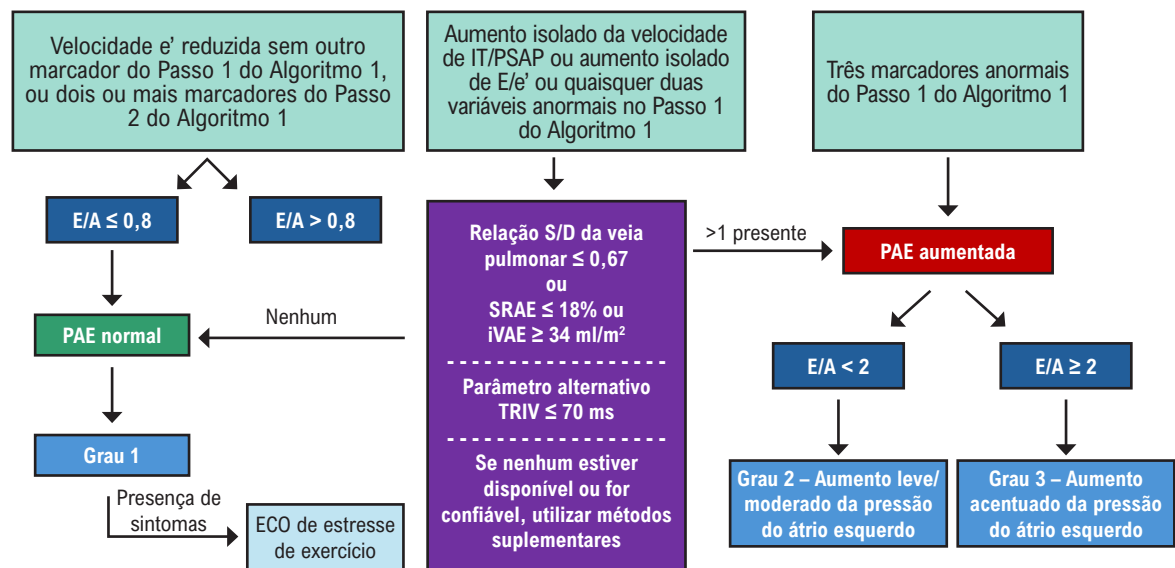


Figura 1 – Algoritmo integrado para DD (adaptado de Assef e Nishida5 com permissão). AE: átrio esquerdo; DD: disfunção diastólica; iMVE: índice de massa do ventrículo esquerdo (VE); iVAE: índice de volume do AE; IT: insuficiência tricúspide; PAE: pressão do AE; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; S/D: sistólico/diastólico; SRAE: strain do AE, fase de reservatório; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico.

Esse uso integrado facilita a interpretação e reduz a probabilidade de classificação incorreta. A resposta editorial dos autores da diretriz, ao esclarecer aspectos relacionados à interpretação e aplicabilidade, também contribui para harmonizar o entendimento e reduzir a variabilidade no uso dessas ferramentas.⁶

Na prática, essa integração tem duas consequências imediatas. Primeiro, preserva um conjunto central de medidas amplamente factíveis (Doppler transmitral, velocidades e' , relação E/e' e estimativa da pressão pulmonar) como etapa inicial de tomada de decisão, ao mesmo tempo em que direciona o uso de parâmetros adicionais com forte fundamentação fisiopatológica quando necessário. Segundo, os chamados parâmetros avançados passam a ocupar seu papel adequado: não como incrementos tecnológicos, mas como ferramentas para resolver discordâncias e aproximar o laudo da questão clínica central, PEVE aumentada versus não aumentada.^{4,5}

Além da reorganização do fluxo de trabalho, a diretriz de 2025 incorpora duas mensagens que refletem diretamente a prática clínica diária. A primeira é o reconhecimento do *strain* de reservatório do átrio esquerdo como uma variável adicional para a avaliação diastólica, particularmente em populações com fração de ejeção preservada, nas quais a faixa de normalidade é ampla e a dependência de carga exige maior sofisticação interpretativa.^{4,7} A segunda é o reforço de que as velocidades e' ao Doppler tecidual do anel mitral devem ser interpretadas no contexto da idade, reconhecendo o declínio fisiológico do relaxamento associado ao envelhecimento.⁴ Em conjunto, essas incorporações seguem a mesma direção: reduzir conflitos entre variáveis e aumentar a probabilidade de uma conclusão coerente quando o quadro clínico é sugestivo.^{4,7}

Além disso, o papel renovado do Doppler de veias pulmonares é consistente com a evolução histórica do campo. Já em 2009, esse parâmetro desempenhava um papel relevante na inferência da PEVE e na distinção dos padrões de enchimento.¹ Ao reposicioná-lo como uma variável de desempate, os algoritmos contemporâneos

resgatam sua capacidade de reduzir adequadamente a zona cinzenta diagnóstica.^{1,5}

A integração com algoritmos clínicos representa o próximo passo na redução de erros de atribuição em pacientes com dispneia multifatorial. Abordagens como o H_2 FPEF ajudam a estimar a probabilidade pré-teste e a identificar aqueles que podem se beneficiar de investigação adicional.⁸ De forma complementar, o algoritmo HFA-PEFF organiza a probabilidade diagnóstica e orienta decisões quanto à realização de testes funcionais ou avaliação hemodinâmica invasiva.⁹

Por fim, o aprimoramento da precisão diagnóstica tem uma consequência prática inevitável: a ICFEP agora conta com terapias que modificam desfechos. Sem transformar este Editorial em uma revisão terapêutica, é importante reconhecer que estudos como EMPEROR-Preserved (empagliflozina) e DELIVER (dapagliflozina) estabeleceram os inibidores de SGLT2 como intervenções benéficas em pacientes com ICFEP.^{10,11} Quanto mais consistente for o diagnóstico de um fenótipo de ICFEP, mais apropriada será a aplicação de estratégias terapêuticas baseadas em evidências.

Em síntese, “recalibrar o barômetro” na DD significa resgatar o que a diretriz de 2009¹ organizou conceitualmente, reconhecer o que a diretriz de 2016² simplificou e aplicar o que a diretriz de 2025⁴ operacionalizou: uma abordagem sequencial, integrada e orientada por propósito para classificar a função diastólica e estimar a PMAE.³⁻⁷ Novos algoritmos diastólicos permitem uma conclusão clinicamente acionável, ancorada na fisiologia, sobre a probabilidade de PEVE aumentada. Ao integrar sequencialmente a classificação da função diastólica com a estimativa da PEVE, conforme proposto por Assef & Nishida,⁵ as inconsistências observadas nas diretrizes recentes são substancialmente reduzidas, e o laudo ecocardiográfico ganha maior coerência e robustez, especialmente quando interpretado no contexto clínico do paciente.

Referências

1. Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(2):107-33. doi: 10.1016/j.echo.2008.11.023.
2. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF 3rd, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29(4):277-314. doi: 10.1016/j.echo.2016.01.011.
3. Lababidi H, Rahi W, Smiseth OA, Billick K, Inoue K, Khan FH, et al. New Algorithm for Estimating Left Ventricular Filling Pressure by Echocardiography. *Circulation.* 2025;152(7):424-35. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.125.074974.
4. 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.
5. Assef JE, Nishida G. Systematizing Diastolic Function Evaluation: From Algorithms to Practical Approach-Are we Finally Reaching Diagnostic Consistency? *J Am Soc Echocardiogr.* 2026;39(2):235-36. doi: 10.1016/j.echo.2025.09.023.
6. Nagueh SF, Sanborn DY, Oh JK, Anderson B, Billick K, Derumeaux G, et al. Reply to Multiple Letters regarding the American Society of Echocardiography's Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2026;39(2):239-40. doi: 10.1016/j.echo.2025.10.010.
7. Nagueh SF, Khan SU. Left Atrial Strain for Assessment of Left Ventricular Diastolic Function: Focus on Populations with Normal LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2023;16(5):691-707. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.10.011.

8. Reddy YNV, Carter RE, Obokata M, Redfield MM, Borlaug BA. A Simple, Evidence-Based Approach to Help Guide Diagnosis of Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Circulation*. 2018;138(9):861-70. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.118.034646.
9. Pieske B, Tschöpe C, de Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E, et al. How to Diagnose Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: the HFA-PEFF Diagnostic Algorithm: A Consensus Recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2019;40(40):3297-317. doi: 10.1093/eurheartj/ehz641.
10. Anker SD, Butler J, Filippatos G, Ferreira JP, Bocchi E, Böhm M, et al. Empagliflozin in Heart Failure with a Preserved Ejection Fraction. *N Engl J Med*. 2021;385(16):1451-61. doi: 10.1056/NEJMoa2107038.
11. Solomon SD, McMurray JJV, Claggett B, de Boer RA, DeMets D, Hernandez AF, et al. Dapagliflozin in Heart Failure with Mildly Reduced or Preserved Ejection Fraction. *N Engl J Med*. 2022;387(12):1089-98. doi: 10.1056/NEJMoa2206286.



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

Cardiomiopatia Hipertrófica: Padronização da Avaliação Ecocardiográfica na Era das Novas Terapias

Hypertrophic Cardiomyopathy: Standardization of Echocardiographic Assessment in an Era of New Therapies

Marcelo Goulart Paiva^{1,2} 

Unifesp EPM,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital 9 de Julho,² São Paulo, SP – Brasil

A cardiomiopatia hipertrófica (CMH) consolidou-se como a doença miocárdica hereditária mais comum, com uma prevalência global estimada entre 1:200 e 1:500. Apesar da frequência relativamente elevada na população geral, a doença permanece significativamente subdiagnosticada. Apenas cerca de 15% dos indivíduos afetados são identificados clinicamente, o que se deve principalmente à grande variabilidade de fenótipos e manifestações clínicas apresentadas.^{1,2} Pouco mais da metade dos pacientes podem evoluir com sintomas progressivos ou apresentar eventos adversos ao longo da vida. A identificação precoce, a estratificação de risco e o emprego de terapias e intervenções cardiovasculares reduziram as taxas de mortalidade para < 1,0% ao ano.³

A fisiopatologia da CMH baseia-se em hipertrofia miocárdica na ausência de causas secundárias, associada à hipercontratilidade e disfunção diastólica, decorrentes da ativação anormal da miosina. Cerca de 75% dos pacientes apresentam obstrução do trato de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) em repouso ou após manobras provocativas. Na ausência do padrão obstrutivo, a evolução é habitualmente favorável, oligossintomática ou assintomática, com minoria progredindo para quadros avançados.³⁻⁵

O ecocardiograma transtorácico (ETT) é fundamental para o diagnóstico de CMH. A suspeita se faz na presença de espessura miocárdica diastólica ≥ 15 mm na ausência de quaisquer condições que justifiquem a hipertrofia em um ventrículo não dilatado. Em pacientes com história familiar de CMH ou mutação genética, uma espessura miocárdica diastólica ≥ 13 mm é considerada suficiente. Outras indicações para a realização do ETT seriam a presença de sopro sistólico sugestivo de obstrução dinâmica na VSVE e sintomas sugestivos, como dispneia, dor torácica e síncope, relacionados à desidratação, ao exercício e ao período pós-prandial.^{1,2,6}

Na suspeita de CMH, o ETT deve conter informações relevantes na condução do caso, como: volume indexado do átrio esquerdo; espessura miocárdica do septo e parede

posterior; localização do segmento de maior aumento da espessura; fração de ejeção do ventrículo esquerdo; *strain* longitudinal global; análise da função diastólica; descrição de aneurisma apical quando presente; descrição da presença e localização de gradiente intraventricular; descrição da presença de movimento anterior sistólico da valva mitral; anormalidades do aparelho valvar mitral; e insuficiência mitral.^{2,3}

Dada a natureza lábil dos gradientes na VSVE, a ausência de obstrução em repouso não exclui a CMH obstrutiva latente. Manobras provocativas como a manobra de Valsalva ou de agachamento-levante rápido devem ser usadas de rotina para desmascarar gradientes. Além disso, o ecocardiograma pós-prandial emergiu como uma ferramenta poderosa; a vasodilatação mesentérica e a resposta adrenérgica após uma refeição podem elevar significativamente os gradientes em mais de um terço dos pacientes que seriam erroneamente classificados como não obstrutivos em jejum. Quando as manobras em repouso são inconclusivas, o ecocardiograma de estresse com esforço físico (ESF) continua sendo o padrão-ouro para avaliar a relevância funcional da obstrução, devendo inclusive ser realizado após alimentação.^{2,7}

Estudos recentes têm demonstrado a relevância da avaliação hemodinâmica na cardiomiopatia hipertrófica em diferentes condições fisiológicas, incluindo repouso, esforço físico, jejum e período pós-prandial. Após a alimentação, mesmo em repouso, observou-se a presença de movimento anterior sistólico da valva mitral e elevação do gradiente na via de saída do ventrículo esquerdo, achados que se intensificaram durante o esforço pós-prandial. Esse caso reforça a importância da utilização abrangente das ferramentas diagnósticas disponíveis para caracterização da obstrução, uma vez que tal abordagem contribui para a otimização terapêutica e para a orientação de medidas de estilo de vida.⁸

Estudando 252 indivíduos com CMH, Massera et al., ao utilizarem ETT e ESF pós-prandial, identificaram gradiente na VSVE ≥ 50 mmHg em 35,7% dos pacientes sem obstrução em condições basais, sendo 15,1% apenas na fase de estresse físico pós-prandial. Mais de 50% dos pacientes submetidos a tratamento invasivo ou inibidores de miosina apresentavam gradiente na VSVE ≥ 50 mmHg apenas na avaliação pós-prandial (ETT e ESF).⁷

Assim, a realização de ecocardiograma com protocolos específicos para CMH, que incluam manobras provocativas e avaliação pós-prandial, deve ser uma rotina. Entretanto, ainda carecem de padronização quanto ao tipo de dieta e o tempo entre a refeição e a avaliação ecocardiográfica.

Palavras-chave

Cardiomiopatia Hipertrófica; Ecocardiografia; Obstrução da Via de Saída Ventricular Esquerda.

Correspondência: Marcelo Goulart Paiva •

Unifesp EPM. Rua Periquito, 210, 92B. CEP: 04023-062. São Paulo, SP – Brasil
E-mail: mgpaiva123@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260027>

Referências

1. Maron BJ, Desai MY, Nishimura RA, Spirito P, Rakowski H, Towbin JA, et al. Diagnosis and Evaluation of Hypertrophic Cardiomyopathy: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(4):372-89. doi: 10.1016/j.jacc.2021.12.002.
2. Mitchell CC, Frye C, Jankowski M, Symanski J, Lester SJ, Woo A, et al. A Practical Approach to Echocardiographic Imaging in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *J Am Soc Echocardiogr*. 2023;36(9):913-32. doi: 10.1016/j.echo.2023.04.020.
3. Fernandes F, Simões MV, Correia EB, Marcondes-Braga FG, Coelho-Filho OR, Mesquita CT, et al. Guidelines on the Diagnosis and Treatment of Hypertrophic Cardiomyopathy - 2024. *Arq Bras Cardiol*. 2024;121(7):e202400415. doi: 10.36660/abc.20240415.
4. Maron BJ, Desai MY, Nishimura RA, Spirito P, Rakowski H, Towbin JA, et al. Management of Hypertrophic Cardiomyopathy: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2022;79(4):390-414. doi: 10.1016/j.jacc.2021.11.021.
5. Abbasi M, Ong KC, Newman DB, Dearani JA, Schaff HV, Geske JB. Obstruction in Hypertrophic Cardiomyopathy: Many Faces. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(6):613-625. doi: 10.1016/j.echo.2024.02.010.
6. Ommen SR, Nishimura RA, Schaff HV, Dearani JA. Hypertrophic Cardiomyopathy: State of the Art. *Mayo Clin Proc*. 2025;100(3):557-66. doi: 10.1016/j.mayocp.2024.07.013.
7. Massera D, Long C, Xia Y, James L, Adlestein E, Alvarez IC, et al. Unmasking Obstruction in Hypertrophic Cardiomyopathy with Postprandial Resting and Treadmill Stress Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2024;37(10):971-80. doi: 10.1016/j.echo.2024.06.011.
8. Abreu MEB, Diógenes TCP, Chagas ISM, Xerex HM, Abreu JS. Repercussão Hemodinâmica da Cardiomiopatia Hipertrófica em Repouso e Durante o Esforço em Bicicleta Supina: Valor Adicional da Avaliação Pós-Prandial. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc*. 2026;39(1):e20250049. doi: 10.36660/abcimg.20250049



Comparação das Alterações Estruturais Cardíacas Após o Fechamento Cirúrgico e Percutâneo do Defeito do Septo Atrial Com Ecocardiografia Com Doppler Colorido

Comparison of Cardiac Structural Changes After Surgical and Transcatheter Atrial Septal Defect Closure With Color Doppler Echocardiography

Tuççe Akın,¹ Zeynep Bilge Yılmaz Dere,¹ Yılmaz Yozgat,¹ Halil Türkoğlu,¹ Murat Ugurlucan²

Istanbul Medipol Üniversitesi,¹ Fatih, Istanbul – Turquia

Liv Hospital Vadi Istanbul,² Istanbul – Turquia

Resumo

Fundamento: As técnicas cirúrgica e percutânea representam as duas principais abordagens para o fechamento do defeito do septo atrial (DSA). Embora ambas sejam amplamente utilizadas, as evidências comparativas sobre seus efeitos em médio prazo no remodelamento cardíaco e na função do ventrículo direito (VD) permanecem limitadas.

Objetivos: Comparar o remodelamento estrutural cardíaco em médio prazo e a recuperação funcional do ventrículo direito após o fechamento cirúrgico versus percutâneo do DSA em pacientes pediátricos, utilizando avaliação seriada por ecocardiografia com Doppler colorido. Adicionalmente, determinar se alguma das técnicas promove melhora mais rápida ou mais pronunciada da morfologia e da função das câmaras cardíacas direitas.

Métodos: Avaliamos retrospectivamente 69 pacientes pediátricos submetidos ao fechamento de DSA em um único centro. Um total de 39 pacientes foi submetido à correção cirúrgica (Grupo 1) e 30 pacientes ao fechamento percutâneo (Grupo 2). A ecocardiografia transtorácica com Doppler colorido foi realizada antes do procedimento e aos 3 e 12 meses após a intervenção. Foram analisadas medidas de morfologia e função atrial e ventricular.

Resultados: Aos 3 meses, o grupo cirúrgico apresentou melhora significativamente maior no eixo maior do átrio direito (AD), volume do AD, espessura do septo interventricular na diástole, espessura do septo interventricular na sístole e diâmetro diastólico final do VD (dDFVD) em comparação ao grupo percutâneo (todos $p < 0,05$). Aos 12 meses, a correção cirúrgica manteve superioridade quanto à melhora do eixo maior do AD, volume do AD e dDFVD (todos $p < 0,05$). *Shunt* residual foi identificado em apenas um paciente em cada grupo aos 12 meses.

Conclusões: O fechamento cirúrgico do DSA esteve associado a recuperação mais precoce e mais consistente da geometria e da função atrial e ventricular direitas em comparação ao fechamento percutâneo. Esses achados indicam que o fechamento cirúrgico pode oferecer vantagens para pacientes selecionados, particularmente em relação ao remodelamento do coração direito durante o primeiro ano pós-operatório.

Palavras-chave: Comunicação Interatrial; Procedimentos Cirúrgicos Operatórios; Ecocardiografia.

Abstract

Background: Surgical and transcatheter techniques represent the two principal approaches for atrial septal defect (ASD) closure. Although both are widely used, comparative evidence regarding their mid-term effects on cardiac remodeling and right ventricular (RV) function remains limited.

Objectives: To compare mid-term cardiac structural remodeling and right ventricular functional recovery after surgical versus transcatheter ASD closure in pediatric patients using serial color Doppler echocardiographic assessment. Additionally, to determine whether either technique leads to faster or greater improvement in right heart morphology and function.

Methods: We retrospectively evaluated 69 pediatric patients who underwent ASD closure at a single center. A total of 39 patients underwent surgical repair (Group 1), and 30 patients underwent transcatheter closure (Group 2). Transthoracic color Doppler echocardiography was performed before the procedure and at 3 and 12 months after intervention. Measures of atrial and ventricular morphology and function were analyzed.

Correspondência: Tuğçe Akın •

Istanbul Medipol Üniversitesi, Department of Anatomy. Göztepe Mah, Kavacak, Atatürk, Cd. No:40, 34810. Beykoz, Fatih, Istanbul – Turquia

E-mail: tugceaaakin@gmail.com

Manuscrito recebido em 06/02/2026; revisado em 09/02/2026; aprovado em 10/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

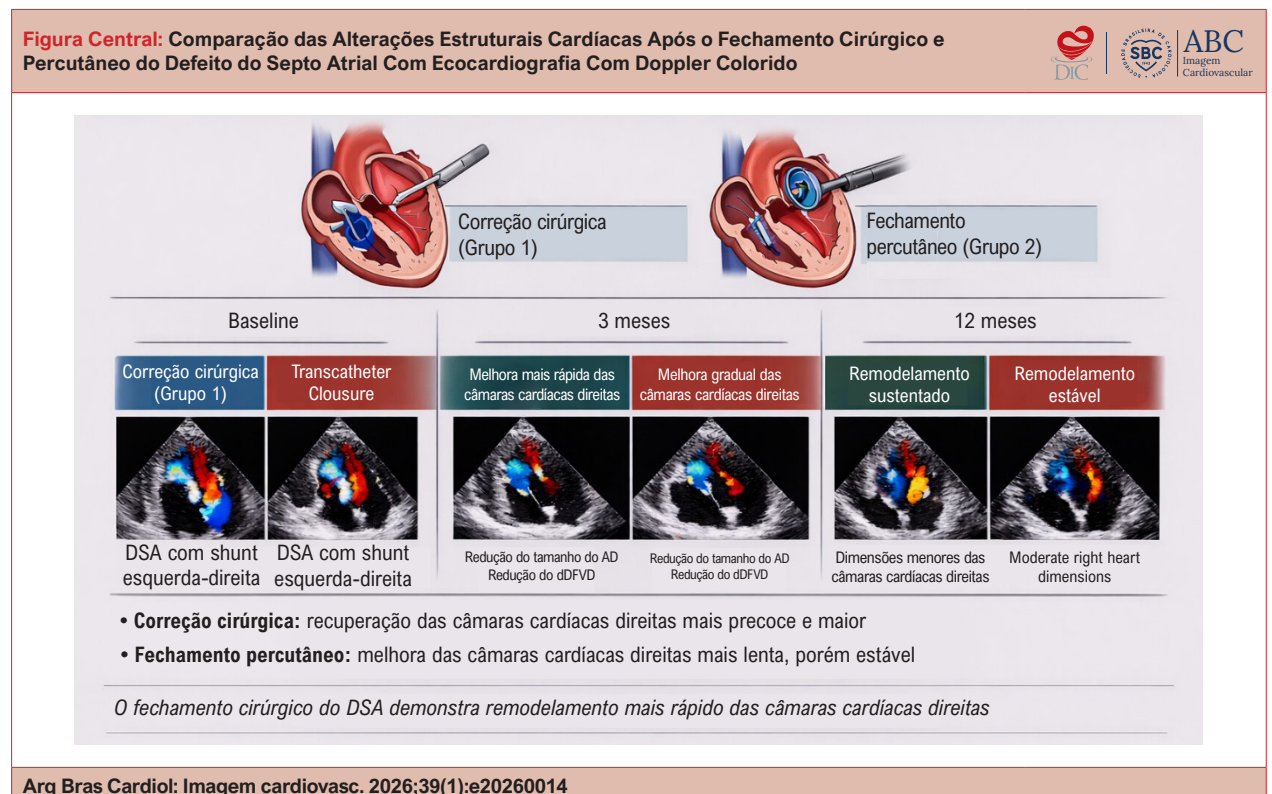
DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260014>

Results: At 3 months, the surgical group showed significantly greater improvement in right atrium (RA) major axis, RA volume, interventricular septal thickness in diastole, interventricular septal thickness in systole, and RV end-diastolic diameter (RVEDd) compared with the transcatheter group (all $p < 0.05$). At 12 months, surgical repair remained superior regarding improvement in RA major axis, RA volume, and RVEDd (all $p < 0.05$). Residual shunt was identified in only one patient in each group at 12 months.

Conclusions: Surgical ASD closure was associated with earlier and more consistent recovery of right atrial and ventricular geometry and function compared with transcatheter closure. These findings indicate that surgical closure may offer advantages for selected patients, particularly in relation to right heart remodeling during the first postoperative year.

Keywords: Atrial Heart Septal Defects; Operative Surgical Procedures; Echocardiography.

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



Comparação das Alterações Estruturais Cardíacas Após o Fechamento Cirúrgico e Percutâneo do Defeito do Septo Atrial Com Ecocardiografia Com Doppler Colorido. AD: átrio direito; DSA: defeito do septo atrial; dDFVD: diâmetro diastólico final do ventrículo direito.

Introdução

Embora existam múltiplos subtipos de defeito do septo atrial (DSA), os defeitos do tipo *ostium secundum* correspondem a aproximadamente 80% de todos os DSAs.^{1,2} A ecocardiografia permanece como o método fundamental para o diagnóstico e o acompanhamento longitudinal nessa população.³ Dependendo do tipo de defeito e da localização anatômica, tanto a correção cirúrgica quanto o fechamento percutâneo com dispositivo são estratégias terapêuticas bem estabelecidas.^{4,5} A correção cirúrgica é necessária para defeitos do tipo seio venoso, seio coronário e *ostium primum*, enquanto a maioria dos defeitos do tipo *ostium secundum* é adequada para fechamento percutâneo. O advento da ecocardiografia com Doppler colorido possibilitou uma avaliação mais abrangente da função miocárdica e do

remodelamento das câmaras cardíacas em comparação com a imagem bidimensional convencional.⁵

Investigações prévias demonstraram reduções significativas nas dimensões do átrio direito e do ventrículo direito após o fechamento do DSA por qualquer uma das técnicas.⁶⁻¹⁶ No entanto, as evidências comparativas que descrevem a trajetória temporal do remodelamento atrial e ventricular após o fechamento cirúrgico versus percutâneo, particularmente em populações pediátricas, ainda são limitadas.

Dessa forma, este estudo teve como objetivo avaliar os efeitos do fechamento cirúrgico e percutâneo do DSA sobre a estrutura cardíaca e a função miocárdica utilizando ecocardiografia transtorácica com Doppler colorido, com avaliações pré-definidas no *baseline*, aos 3 meses e aos 12 meses após o procedimento (Figura Central).

Métodos

Seleção de pacientes

Este estudo retrospectivo foi conduzido no Departamento de Cardiologia Pediátrica do Hospital Medipol Mega University. Os dados foram obtidos do banco eletrônico institucional de ecocardiografia. Um total de 69 pacientes submetidos ao fechamento de DSA entre 2013-2019 foi incluído. Os pacientes foram categorizados em dois grupos: correção cirúrgica (Grupo 1, n = 39) e fechamento percutâneo (Grupo 2, n = 30).

Foram excluídos pacientes com menos de 10 anos, aqueles com anomalias cardíacas congênitas complexas, comorbidades crônicas (p.ex., anemia, hipotireoidismo, fibrose cística) ou que foram submetidos a procedimentos cirúrgicos emergenciais.

O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos do Ethics Committee of Istanbul Medipol University, Istanbul, Turkey, e conduzido em conformidade com a Declaração de Helsinque.

Avaliação ecocardiográfica

Todos os exames ecocardiográficos foram realizados por ecocardiografia transtorácica (Vivid S6, transdutor M4S-RS 1.5-3.6 MHz, GE HealthCare, Nova York, EUA) e analisados com o software EchoPAC (GE HealthCare, Nova York, EUA). Os protocolos de imagem seguiram as recomendações da *American Society of Echocardiography*.

Os parâmetros avaliados incluíram:

- Morfologia atrial: eixo maior e menor do átrio direito (AD) e do átrio esquerdo (AE), volumes do AD e do AE e diâmetros do anel da valva tricúspide (vista apical de 4 câmaras) (Figura 1; Figura 2).
- Morfologia e função ventricular: diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo (dDFVE), diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo (dSFVE), diâmetro diastólico final do ventrículo direito (dDFVD), diâmetro sistólico final do ventrículo direito (dSFVD), espessura do septo interventricular na diástole e espessura do septo interventricular na sístole (SIVs) (vista paraesternal eixo longo, modo M).
- Índices derivados: fração de ejeção do ventrículo esquerdo e encurtamento fracional (EF).

As medidas foram obtidas antes do procedimento e aos 3 e 12 meses após a intervenção.

Análise estatística

Os dados foram analisados utilizando o IBM SPSS Statistics for Windows, versão 20 (IBM Corp., Armonk, Nova York, EUA). As variáveis contínuas foram expressas como média \pm desvio padrão ou mediana (mínimo-máximo), conforme a distribuição, e as variáveis categóricas como número e porcentagem. As comparações entre grupos foram realizadas por meio do teste *t* de Student ou do teste *U* de Mann-Whitney. As comparações

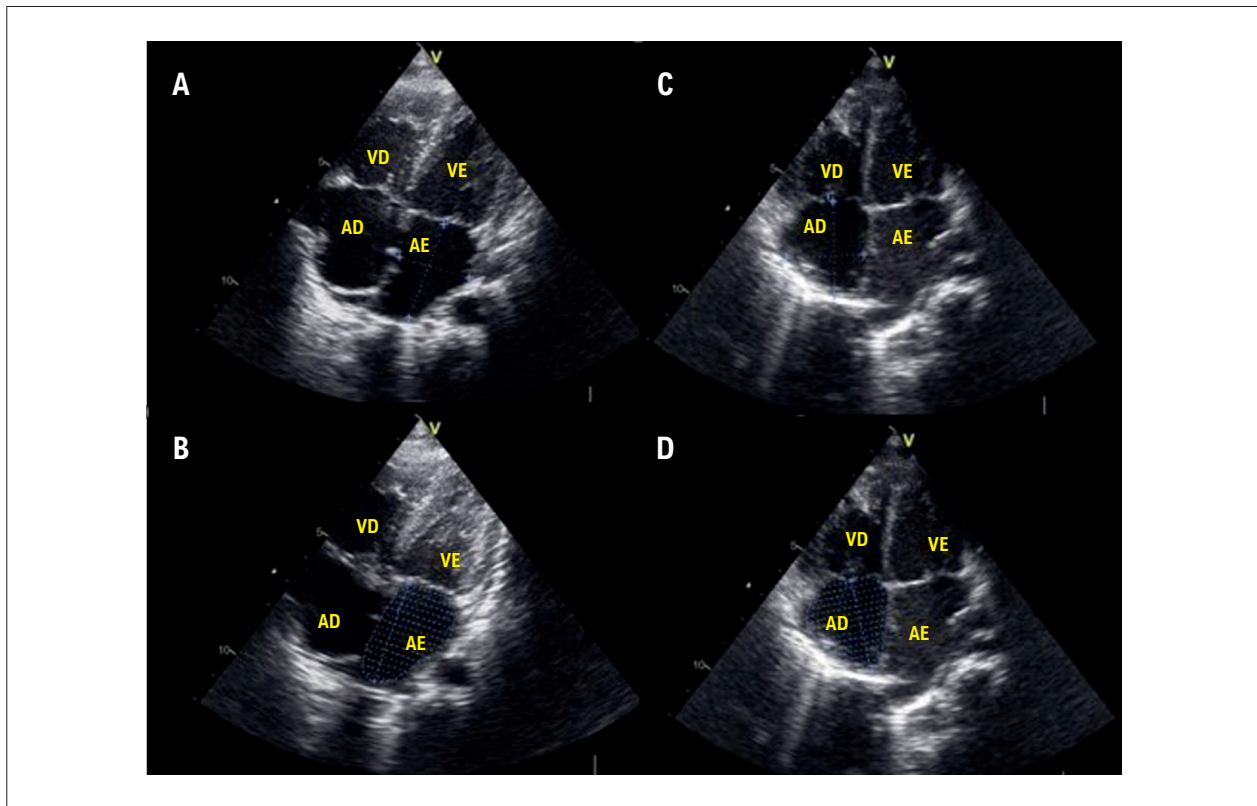


Figura 1 – Medição dos eixos maior e menor (A) e do volume (B) do AE, e dos eixos maior e menor (C) e do volume (D) do AD. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

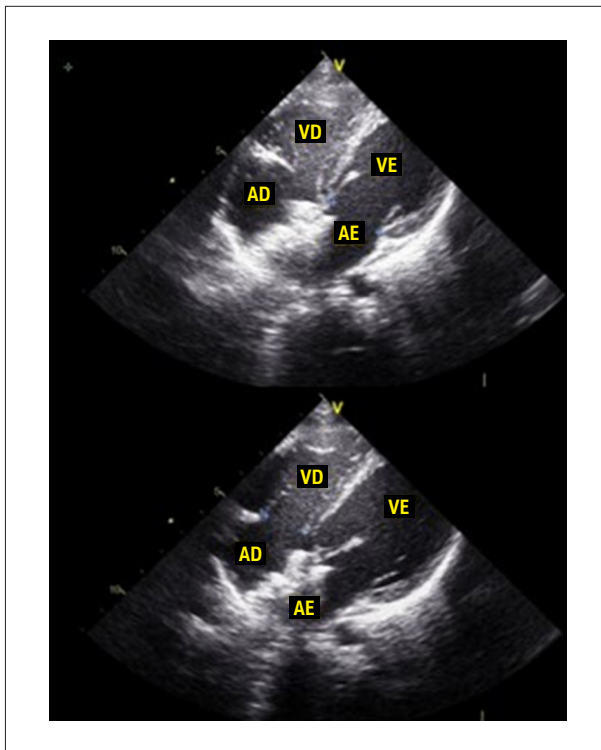


Figura 2 – Medidas dos anéis das valvas mitral e tricúspide. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

pareadas ao longo do tempo foram avaliadas utilizando o teste *t* pareado ou o teste de Wilcoxon.

Um valor de *p* bicaudal < 0,05 foi considerado estatisticamente significativo. A análise de poder utilizando o G*Power (v3.1.9.7) estimou um tamanho de efeito de 0,56, indicando que seriam necessários 57 participantes por grupo para alcançar poder de 95% com $\alpha = 0,05$. Devido à disponibilidade de dados, foram incluídos 39 pacientes no grupo cirúrgico e 30 no grupo percutâneo, o que é reconhecido como uma limitação.

Resultados

Um total de 69 pacientes foi incluído (38 mulheres [55,1%], 31 homens [44,9%]; idade média de $57,0 \pm 26,6$ meses). O grupo cirúrgico ($n = 39$) foi composto por 61,5% de mulheres, com idade média de $50,4 \pm 26,7$ meses, enquanto o grupo percutâneo ($n = 30$) incluiu 46,6% de mulheres, com idade média de $65,6 \pm 24,2$ meses. O diâmetro médio do DSA foi maior no grupo cirúrgico em comparação ao grupo percutâneo ($18,3 \pm 6,2$ mm vs. $12,3 \pm 3,2$ mm, $p < 0,05$). DSAs do tipo *ostium secundum* corresponderam a 71,8% dos casos cirúrgicos e a todos os casos percutâneos, enquanto defeitos do tipo seio venoso estiveram presentes apenas no grupo cirúrgico (28,2%). A Tabela 1 resume as características demográficas dos pacientes.

Aos 3 meses de pós-operatório no Grupo 1, observaram-se reduções significativas no eixo maior do AD, eixo menor do AD, volume do AD, dDFVD e dSFVD, juntamente

Tabela 1 – Características demográficas dos pacientes

Variáveis	Grupo correção cirúrgica (n = 39)	Grupo percutâneo (n = 30)
Idade, meses	50,40 ± 26,70	65,61 ± 24,20
Sexo, n (%)		
Masculino	15 (38,4%)	16 (53,4%)
Feminino	24 (61,5%)	14 (46,6%)
Diâmetro do DSA, mm	18,33 ± 6,17	12,33 ± 3,18
Tipo de DAS		
<i>Ostium secundum</i> , n (%)	28 (71,79%)	30 (100%)
Seio venoso, n (%)	11 (28,2%)	

DSA: defeito do septo atrial.

com aumentos no EF, SIVs e nas dimensões do VE (todos $p < 0,05$). Essas melhorias persistiram amplamente aos 12 meses, com reduções adicionais nas dimensões do AD e do VD e aumentos contínuos nos diâmetros do VE. Comparações detalhadas são apresentadas na Tabela 2.

Aos 3 meses no Grupo 2, os eixos maior e menor do AD, o volume do AD e o dDFVD diminuíram significativamente, enquanto as dimensões do VE aumentaram (todos $p < 0,05$). Aos 12 meses, apenas dDFVE e dSFVE continuaram a aumentar significativamente em comparação aos 3 meses, enquanto a maioria dos parâmetros do coração direito permaneceu estável. Os resultados são apresentados na Tabela 1.

Quando as mudanças em relação ao baseline foram comparadas entre os grupos, a correção cirúrgica demonstrou melhora significativamente maior no eixo maior do AD, volume do AD, SIVs e dDFVD aos 3 meses (todos $p < 0,05$). Aos 12 meses, o eixo maior do AD, o volume do AD e o dDFVD permaneceram significativamente mais melhorados no grupo cirúrgico (todos $p < 0,05$). As comparações entre grupos estão detalhadas na Tabela 4.

Discussão

Neste estudo unicêntrico, comparamos o remodelamento cardíaco pós-operatório em pacientes submetidos ao fechamento cirúrgico versus percutâneo de DSA. Os principais achados foram: i) o fechamento cirúrgico resultou em melhora mais rápida das dimensões do AD e do dDFVD no período pós-operatório inicial; ii) essas vantagens persistiram aos 12 meses; e iii) as taxas de *shunt* residual foram igualmente baixas em ambos os grupos.

Nossos achados estão alinhados a relatos prévios que demonstram remodelamento reverso rápido do coração direito após o fechamento do DSA.¹⁰⁻¹⁶ Chen et al.¹⁰ relataram reduções significativas nas dimensões do AD após correção percutânea, consistente com nossas observações no grupo submetido ao fechamento com dispositivo. No entanto, diferentemente de Chen et al.,¹⁰ não detectamos alterações

Tabela 2 – Parâmetros ecocardiográficos antes e após o fechamento cirúrgico do defeito do septo atrial aos 3 e 12 meses

Parâmetro	Baseline	Pós-operatório (3 meses)	Pós-operatório (12 meses)	Baseline vs 3 meses	Baseline vs 12 meses	3 vs 12 meses
Eixo maior do AE, mm	31,30 ± 3,41	29,30 ± 4,13	29,07 ± 3,94	0,011 ^a	0,005 ^a	0,788 ^a
Eixo menor do AE, mm	20,71 ± 3,45	21,71 ± 2,82	23,20 ± 3,06	0,064 ^a	0,001 ^a	0,024 ^a
Volume do AE, cm ²	6,50 ± 1,29	6,06 ± 1,20	6,68 ± 1,20	0,054 ^a	0,000 ^b	0,004 ^a
DVML, mm	16,00 (14,00-18,00)	17,00 (15,00-19,00)	18,00 (17,00-20,00)	0,150 ^b	0,000 ^b	0,005 ^a
Eixo maior do AD, mm	36,10 ± 5,01	28,76 ± 3,47	27,97 ± 4,64 ^a	0,000 ^a	0,000 ^a	0,311 ^a
Eixo menor do AD, mm	30,23 ± 4,15	23,64 ± 3,07	23,32 ± 4,19 ^a	0,000 ^a	0,000 ^a	0,667 ^a
Volume do AD, mm ²	11,00 (8,40-12,20)	6,20 (5,40-6,90)	7,20 (6,40-7,67) ^b	0,000 ^b	0,000 ^a	0,000 ^b
DVTL, mm	19,48 ± 4,16	17,79 ± 2,33	18,82 ± 2,62 ^a	0,016 ^a	0,489 ^a	0,054 ^a
dSFVD, mm	20,27 ± 3,14 ^a	16,35 ± 2,03 ^a	15,52 ± 1,60 ^a	0,000 ^a	0,000 ^b	0,021 ^a
dDFVD, mm	29,05 ± 4,88 ^a	20,87 ± 3,20 ^a	19,90 ± 3,03 ^a	0,000 ^a	0,000 ^a	0,087 ^a
dDFVE, mm	28,61 ± 4,03	30,34 ± 4,37	33,24 ± 5,07	0,020 ^a	0,000 ^a	0,000 ^b
dSFVE, mm	17,20 ± 2,24	19,23 ± 2,05	20,89 ± 2,89	0,000 ^a	0,000 ^a	0,001 ^a
EF, %	35,94 ± 3,94	37,20 ± 3,64	37,56 ± 4,60	0,034 ^a	0,119 ^a	0,695 ^a
SIVs, mm	9,36 ± 1,89	8,23 ± 1,44	9,82 ± 1,44	0,000 ^a	0,235 ^a	0,000 ^b

^aTeste t pareado; média ± desvio padrão; ^bteste de Wilcoxon; mediana (mínimo-máximo). AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; DVML: diâmetro da valva mitral (lateral); DVTL: diâmetro da valva tricúspide (lateral); dDFVD: diâmetro diastólico final do ventrículo direito; dSFVD: diâmetro sistólico final do ventrículo direito; dDFVE: diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo; dSFVE: diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; EF: encurtamento fracional; SIVs: espessura do septo interventricular na sístole.

Tabela 3 – Parâmetros ecocardiográficos antes e após o fechamento percutâneo do defeito do septo atrial aos 3 e 12 meses

Parâmetro	Baseline	Pós-operatório (3 meses)	Pós-operatório (12 meses)	Baseline vs 3 meses	Baseline vs 12 meses	3 vs 12 meses
Eixo maior do AE, mm	31,80 ± 4,67	32,40 ± 3,73	32,76 ± 4,54	0,555 ^a	0,389 ^a	0,726 ^a
Eixo menor do AE, mm	21,30 ± 3,14	21,50 ± 3,00	22,70 ± 4,26	0,743 ^a	0,076 ^a	0,067 ^a
Volume do AE, cm ²	6,47 ± 1,42	6,57 ± 1,18	6,78 ± 1,58	0,721 ^a	0,182 ^a	0,459 ^a
DVML, mm	18,60 ± 2,67	20,96 ± 2,73	20,00 (18,75-24,00)	0,000 ^a	0,000 ^b	0,664 ^a
Eixo maior do AD, mm	33,63 ± 3,92	29,50 ± 4,35	29,63 ± 4,43	0,000 ^a	0,000 ^a	0,875 ^a
Eixo menor do AD, mm	28,00 (26,00-30,25)	22,50 (19,75-26,25)	23,16 ± 3,42	0,000 ^b	0,000 ^a	0,695 ^a
Volume do AD, mm ²	8,52 ± 1,61	6,49 ± 2,02	6,35 (5,97-6,87)	0,000 ^a	0,000 ^b	0,275 ^b
DVTL, mm	20,40 ± 3,61	20,13 ± 4,04	19,26 ± 3,81	0,738 ^a	0,226 ^a	0,361 ^a
dSFVD, mm	20,00 (18,00-22,25)	17,00 (15,75-19,25)	16,73 ± 3,41	0,001 ^b	0,000 ^a	0,195 ^a
dDFVD, mm	25,98 ± 4,24	21,37 ± 3,10	20,16 ± 4,47	0,000 ^a	0,000 ^a	0,112 ^a
dDFVE, mm	29,10 ± 5,74	32,88 ± 4,39	34,55 ± 3,07	0,000 ^a	0,000 ^a	0,015 ^a
dSFVE, mm	17,00 (15,75-19,00)	19,00 (18,00-21,00)	21,44 ± 3,00	0,004 ^b	0,000 ^a	0,000 ^a
EF, %	35,94 ± 3,94	37,20 ± 3,64	38,20 ± 5,23	0,034 ^a	0,964 ^a	0,289 ^b
SIVs, mm	9,36 ± 1,89	8,23 ± 1,44	10,43 ± 1,67	0,000 ^a	0,800 ^a	0,600 ^b

^aTeste t pareado; média ± desvio padrão; ^bteste de Wilcoxon; mediana (mínimo-máximo). AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; DVML: diâmetro da valva mitral (lateral); DVTL: diâmetro da valva tricúspide (lateral); dDFVD: diâmetro diastólico final do ventrículo direito; dSFVD: diâmetro sistólico final do ventrículo direito; dDFVE: diâmetro diastólico final do ventrículo esquerdo; dSFVE: diâmetro sistólico final do ventrículo esquerdo; EF: encurtamento fracional; SIVs: espessura do septo interventricular na sístole.

Tabela 4 – Comparação entre GC e GP

Parâmetro	GC: baseline (3 meses)	GP: baseline (3 meses)	GC: baseline (12 meses)	GP: baseline (12 meses)	GC: 3-12 meses	GP: 3-12 meses	Valor p (baseline vs 3 meses)	Valor p (baseline vs 12 meses)	Valor p (3 vs 12 meses)
Eixo maior do AE, mm	-2,00 ± 4,67	0,60 ± 5,49	-2,23 ± 4,72	0,96 ± 6,04	-0,23 ± 5,31	0,36 ± 5,68	0,038 ^a	0,016 ^a	0,655 ^a
Eixo maior do AD, m	-7,33 ± 5,42	-4,13 ± 3,79	-8,15 ± 5,39	-4,00 ± 5,09	-0,82 ± 4,99	0,13 ± 4,61	0,008 ^a	0,002 ^a	0,419 ^a
Volume do AD, mm ²	-4,10 ± 2,69	-2,03 ± 2,17	-3,33 ± 2,51	-1,41 ± 3,48	0,80 (0,12 a 1,50)	0,55 (-1,12 a 1,45)	0,001 ^a	0,010 ^a	0,247 ^b
dDFVD, mm	-8,28 ± 4,31	-4,61 ± 3,67	-9,28 ± 5,31	-5,82 ± 4,48	-1,00 ± 3,56	-1,21 ± 4,06	0,000 ^a	0,006 ^a	0,816 ^a
SIVd, mm	-1,00 (-1,00 a 1,00)	0,00 (-1,00 a 1,43)	0,00 (-1,00 a 1,00)	0,00 (-1,00 a 1,00)	0,00 (-0,82 a 1,00)	0,00 (-1,25 a 1,00)	0,062 ^b	0,568 ^b	0,167 ^b
SIVs, mm	-1,00 (-2,00 a 0,00)	0,00 (-1,00 a 1,00)	0,45 ± 2,34	0,10 ± 2,13	2,00 (0,00 a 3,00)	0,00 (-1,00 a 2,00)	0,006 ^b	0,521 ^a	0,006 ^b

^aTeste *t* pareado; média ± desvio padrão; ^bteste de Wilcoxon; mediana (mínimo-máximo). AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; dDFVD: diâmetro diastólico final do ventrículo direito; GC: grupo cirúrgico; GP: grupo percutâneo; SIVd: espessura do septo interventricular na diástole; SIVs: espessura do septo interventricular na sístole.

significativas nos parâmetros do AE após o fechamento percutâneo.

Hausdorf et al.¹¹ e Sezer et al.¹² descreveram melhorias precoces no dDFVD acompanhadas de aumentos graduais nas dimensões do VE após o fechamento. De forma semelhante, observamos reduções marcantes no dDFVD e aumentos no dDFVE em ambos os grupos. Notavelmente, esse remodelamento ocorreu mais rapidamente no grupo cirúrgico, sugerindo que a descarga hemodinâmica do ventrículo direito pode ser mais eficaz com a correção cirúrgica, particularmente em pacientes com defeitos maiores ou DSAs do tipo seio venoso.

Nossos achados diferem parcialmente dos relatados por Pawelec-Wojtalik et al.,¹⁶ que observaram maiores aumentos no dDFVE e maiores reduções no dDFVD no grupo percutâneo. Em nossa coorte, a melhora do dDFVD foi significativamente maior no grupo cirúrgico tanto aos 3 quanto aos 12 meses. Essa discrepância pode ser explicada por diferenças na idade dos pacientes, no tamanho basal do defeito e pela inclusão de DSAs do tipo seio venoso, tratados exclusivamente por cirurgia.

Esses resultados sugerem que o fechamento cirúrgico pode proporcionar remodelamento ventricular direito superior no período precoce e em médio prazo, especialmente em pacientes com DSAs grandes ou complexos. Para defeitos do tipo *ostium secundum* adequadamente selecionados, o fechamento percutâneo permanece seguro e eficaz; entretanto, nossos dados indicam que a correção cirúrgica pode resultar em recuperação mais rápida da geometria e da função das câmaras cardíacas direitas.

Limitações do estudo

Este estudo apresenta algumas limitações. Primeiro, o tamanho da amostra foi relativamente pequeno e não atingiu o número previsto na análise de poder, o que pode limitar a generalização dos resultados. Segundo, o delineamento retrospectivo unicêntrico introduz a possibilidade de vies de seleção. Terceiro, todas as avaliações ecocardiográficas foram realizadas utilizando uma única plataforma de imagem, e modalidades avançadas (p.ex., ressonância magnética cardíaca) não estavam disponíveis.

Conclusão

O fechamento cirúrgico do DSA resultou em melhora mais precoce e mais consistente da geometria do AD e do VD em comparação ao fechamento percutâneo. Essas vantagens foram evidentes já aos 3 meses e persistiram aos 12 meses após o procedimento. Ambas as abordagens foram seguras e associadas a taxas igualmente baixas de *shunt* residual. Nossos achados sugerem que a correção cirúrgica pode ser preferível para pacientes com defeitos maiores ou anatomia complexa, enquanto o fechamento percutâneo permanece uma alternativa eficaz para DSAs do tipo *ostium secundum* adequadamente selecionados.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e obtenção de dados: Akın T, Yozgat Y, Türkoğlu H, Ugurlucan M; análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão

crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Akin T; análise estatística: Dere ZBY.

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.

Referências

1. Li J, Al Zagal AM, Anderson RH. The Nature of the Superior Sinus Venous Defect. *Clin Anat*. 1998;11(5):349-52. doi: 10.1002/(SICI)1098-2353(1998)11:5<349::AID-CA11>3.0.CO;2-J.
2. Oliver JM, Gallego P, Gonzalez A, Dominguez FJ, Aroca A, Mesa JM. Sinus Venosus Syndrome: Atrial Septal Defect or Anomalous Venous Connection? A Multiplane Transoesophageal Approach. *Heart*. 2002;88(6):634-8. doi: 10.1136/heart.88.6.634.
3. Silvestry FE, Cohen MS, Armsby LB, Burkule NJ, Fleishman CE, Hijazi ZM, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of Atrial Septal Defect and Patent Foramen Ovale: From the American Society of Echocardiography and Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(8):910-58. doi: 10.1016/j.echo.2015.05.015.
4. Liava'a M, Kalfa D. Surgical Closure of Atrial Septal Defects. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 24):S2931-9. doi: 10.21037/jtd.2018.07.116.
5. Rainer RS, Wanat FE, Nanda NC, Chang LK. Multiple Secundum Type Atrial Septal Defects: Identification by Transthoracic Color Doppler Echocardiography. *Echocardiography*. 1990;7(5):567-9. doi: 10.1111/j.1540-8175.1990.tb00402.x.
6. Cowley CG, Lloyd TR, Bove EL, Gaffney D, Dietrich M, Rocchini AP. Comparison of Results of Closure of Secundum Atrial Septal Defect by Surgery versus Amplatzer Septal Occluder. *Am J Cardiol*. 2001;88(5):589-91. doi: 10.1016/s0002-9149(01)01750-7.
7. Du ZD, Hijazi ZM, Kleinman CS, Silverman NH, Larntz K; Amplatzer Investigators. Comparison between Transcatheter and Surgical Closure of Secundum Atrial Septal Defect in Children and Adults: Results of a Multicenter Nonrandomized Trial. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(11):1836-44. doi: 10.1016/s0735-1097(02)01862-4.
8. Jung SY, Choi JY. Transcatheter Closure of Atrial Septal Defect: Principles and Available Devices. *J Thorac Dis*. 2018;10(Suppl 24):S2909-22. doi: 10.21037/jtd.2018.02.19.
9. Vasquez AF, Lasala JM. Atrial Septal Defect Closure. *Cardiol Clin*. 2013;31(3):385-400. doi: 10.1016/j.ccl.2013.05.003.
10. Chen Q, Cao H, Zhang GC, Chen LW, Xu F, Zhang JX. Short-Term and Midterm Follow-Up of Transthoracic Device Closure of Atrial Septal Defect in Infants. *Ann Thorac Surg*. 2017;104(4):1403-9. doi: 10.1016/j.athoracsur.2017.02.085.
11. Hausdorf G, Schneider M, Fink C, Neudorf U, Fischer G, Tynan M, et al. Transcatheter Closure of Atrial Septal Defects within the Oval Fossa: Medium-Term Results in Children Using the 'ASDOS'-Technique. *Cardiol Young*. 1998;8(4):462-71. doi: 10.1017/s1047951100007125.
12. Sezer S, Özyurt A, Narin N, Pamukcu Ö, Sunkak S, Argun M, et al. The Immediate Haemodynamic Response and Right and Left Cardiac Remodelling after Percutaneous Transcatheter Closure of Secundum Atrial Septal Defect in Children: a Longitudinal Cohort Study. *Cardiol Young*. 2021;31(9):1476-83. doi: 10.1017/S1047951121000500.
13. Supomo S, Widhinugroho A, Nugraha AA. Normalization of the Right Heart and the Preoperative Factors that Influence the Emergence PAH after Surgical Closure of Atrial Septal Defect. *J Cardiothorac Surg*. 2020;15(1):105. doi: 10.1186/s13019-020-01148-5.
14. Hanninen M, Kmet A, Taylor DA, Ross DB, Rebeyka I, Vonder Muhll IF. Atrial Septal Defect Closure in the Elderly is Associated with Excellent Quality of Life, Functional Improvement, and Ventricular Remodelling. *Can J Cardiol*. 2011;27(6):698-704. doi: 10.1016/j.cjca.2011.04.003.
15. Meyer RA, Korfhagen JC, Covitz W, Kaplan S. Long-Term Follow-Up Study after Closure of Secundum Atrial Septal Defect in Children: An Echocardiographic Study. *Am J Cardiol*. 1982;50(1):143-8. doi: 10.1016/0002-9149(82)90020-0.
16. Pawelec-Wojtalik M, Wojtalik M, Mrowczynski W, Surmacz R, Quereshi SA. Comparison of Cardiac Function in Children after Surgical and Amplatzer Occluder Closure of Secundum Atrial Septal Defects. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2006;29(1):89-92. doi: 10.1016/j.ejcts.2005.10.017.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do(a) Istanbul Medipol University sob o número de protocolo 790.

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.



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

Performance Diagnóstica da Ecocardiografia com Realce na Diferenciação de Massas Cardíacas: Uma Revisão Sistemática com Metanálise

Diagnostic Performance of Contrast-Enhanced Echocardiography in Differentiating Cardiac Masses: A Systematic Review and Meta-analysis

João Guilherme G. Pedrosa,¹ Felizardo José Leandro Pereira,¹ Antonio Lacerda Cavalcanti Neto,¹ Renata Ramos Stropp,¹ Giordano Persuhn Rolim de Moura,¹ Marcelo Tavares,¹ Sadrak Lyon Dantas Pontes,¹ Alex dos Santos Felix²

UFPB,¹ João Pessoa, PB – Brasil

National Institute of Cardiology,² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Resumo

Fundamento: Muitas vezes, a ecocardiografia convencional encontra dificuldade em diferenciar massas intracardíacas, especialmente em pacientes com janelas acústicas inadequadas. A Ecocardiografia com Contraste (ECC) supera essa limitação ao visualizar padrões de perfusão, distinguindo trombos avasculares de tumores vascularizados. Nosso objetivo foi sintetizar as evidências existentes para avaliar a precisão diagnóstica da ECC.

Objetivos: Avaliar a precisão diagnóstica da ECC na diferenciação de massas cardíacas em adultos, utilizando a histopatologia como referência e relatando AUC, sensibilidade, especificidade, VPP e VPN.

Métodos: Buscas sistemáticas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Web of Science, Cochrane Library e EMBASE até 10 de agosto de 2025. Foram incluídos estudos que atendiam aos critérios PICOTT; os dados extraídos compreenderam sensibilidade, especificidade, AUC e tabelas 2×2. As estimativas agrupadas foram obtidas utilizando modelos bivariados padrão e modelos SROC para metanálise diagnóstica. A significância estatística foi definida como $P < 0,05$.

Resultados: Foram incluídos cinco estudos de coorte prospectivos (total $n = 381$ pacientes). Para tumor versus não tumor, a sensibilidade agrupada foi de 100% e a especificidade foi de 100% (IC 95% 99,5–100%; $I^2 = 0\%$; heterogeneidade $P = 0,985$), odds ratio diagnóstico (DOR) = 3.890,65, AUC = 0,989. Para tumores malignos versus benignos, a sensibilidade agrupada foi de 94,3% (IC 95% 88,5–97,3%; $I^2 = 0\%$; $P = 0,681$), a especificidade foi de 96,1% (IC 95% 91,5–98,2%; $I^2 = 0\%$; $P = 0,970$), a DOR foi de 341,71 e a AUC da SROC foi de 0,976.

Conclusões: A ECC demonstrou uma precisão diagnóstica muito alta nas séries prospectivas disponíveis. No entanto, o número reduzido de estudos e o tamanho limitado das amostras exigem uma interpretação cautelosa; estudos prospectivos multicêntricos de maior porte, com protocolos padronizados de ECC, são necessários para confirmar esses resultados.

Palavras-chave: Ecocardiografia; Meios de Contraste; Neoplasias Cardíacas; Revisão Sistemática; Metanálise.

Abstract

Background: Conventional echocardiography often struggles to differentiate intracardiac masses, particularly in patients with poor acoustic windows. Contrast-enhanced Echocardiography (CEE) overcomes this limitation by visualizing perfusion patterns — distinguishing avascular thrombi from vascularized tumors. We aimed to synthesize existing evidence to evaluate the diagnostic accuracy of CEE.

Objectives: To evaluate the diagnostic accuracy of CEE for differentiating cardiac masses in adults, using histopathology as reference and reporting AUC, sensitivity, specificity, PPV, and NPV.

Correspondência: João Guilherme G. Pedrosa •

UFPB. Campus I Lot. CEP: 58051-900. Cidade Universitária, PB – Brasil

E-mail: joao.guilherme3@academico.ufpb.br

Manuscrito recebido em 09/10/2025; revisado em 16/12/2025; aprovado em 26/01/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250082>

Methods: Systematic searches of PubMed, Web of Science, Cochrane Library, and EMBASE were performed on August 10, 2025. Studies meeting PICOTT criteria were included; extracted data included sensitivity, specificity, AUC, and 2x2 tables. Pooled estimates were obtained using standard bivariate and SROC models for diagnostic meta-analysis. Statistical significance set at $P < 0.05$.

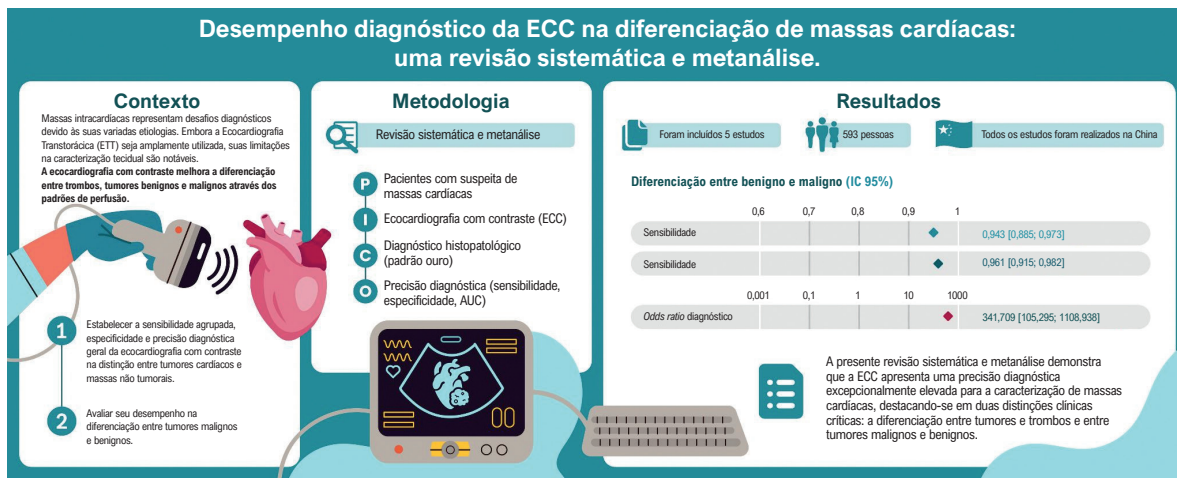
Results: Five prospective cohort studies (total $n = 381$ patients) were included. For tumor vs non-tumor, pooled sensitivity = 100% and specificity = 100% (95% CI 99.5–100%; $I^2 = 0\%$; heterogeneity $P = 0.985$), diagnostic odds ratio (DOR) = 3,890.65, AUC = 0.989. For malignant vs benign tumors, pooled sensitivity = 94.3% (95% CI 88.5–97.3%; $I^2 = 0\%$; $P = 0.681$), specificity = 96.1% (95% CI 91.5–98.2%; $I^2 = 0\%$; $P = 0.970$), DOR = 341.71, SROC AUC = 0.976.

Conclusions: CEE showed very high diagnostic accuracy in the available prospective series. However, the small number of studies and limited sample sizes warrant cautious interpretation; larger prospective multicenter studies with standardized CEE protocols are needed to confirm these results.

Keywords: Echocardiography; Contrast Media; Cardiac Neoplasms; Systematic Review; Meta-Analysis.

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

Figura Central: Performance Diagnóstica Da Ecocardiografia Com Realce Na Diferenciação De Massas Cardíacas: Uma Revisão Sistemática Com Metanálise



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20250082

Introdução

As massas intracardíacas representam um desafio diagnóstico devido à diversidade de suas etiologias, que incluem trombos, tumores benignos (como os mixomas) e lesões malignas, todas associadas a prognósticos e estratégias terapêuticas significativamente distintas. A Ecocardiografia Transtorácica (ETT) continua sendo a modalidade de imagem inicial e mais acessível no fluxo clínico, permitindo a avaliação em tempo real da morfologia e do impacto hemodinâmico. Entretanto, seu rendimento diagnóstico é frequentemente limitado em pacientes com janela acústica inadequada ou em casos de localização atípica das massas, o que pode resultar em falhas na detecção ou classificação incorreta das lesões.^{1,2} A Ecocardiografia Transesofágica (ETE) pode aprimorar a visualização, mas ainda apresenta limitações na caracterização tecidual confiável, especialmente quando comparada à ressonância magnética cardíaca ou à tomografia computadorizada, que oferecem maior

contraste tecidual e resolução espacial, embora sejam métodos mais dispendiosos em termos de recursos.^{1,3}

Nesse contexto, a Ecocardiografia com Contraste (ECC) surgiu como um adjuvante promissor para superar essas limitações. Ao potencializar a avaliação da perfusão, a ECC permite diferenciar trombos avasculares, tumores benignos com perfusão discreta e lesões malignas hipervascularizadas, com base em padrões vasculares distintos.^{4,5} Por exemplo, o uso de agentes realçadores de ultrassom pode demonstrar de forma clara as características de perfusão de uma massa (Figura 1). Essa técnica possibilita a identificação de achados como captação periférica do contraste associada a um núcleo necrótico em um paraganglioma cardíaco (Figura 2), além de permitir uma análise quantitativa capaz de diferenciar componentes profundos e não profundos da lesão (Figura 3).

Dados prospectivos iniciais mostraram que a ECC identifica corretamente os tipos de massa cardíaca de 90% a 97% dos casos, mesmo com observadores em

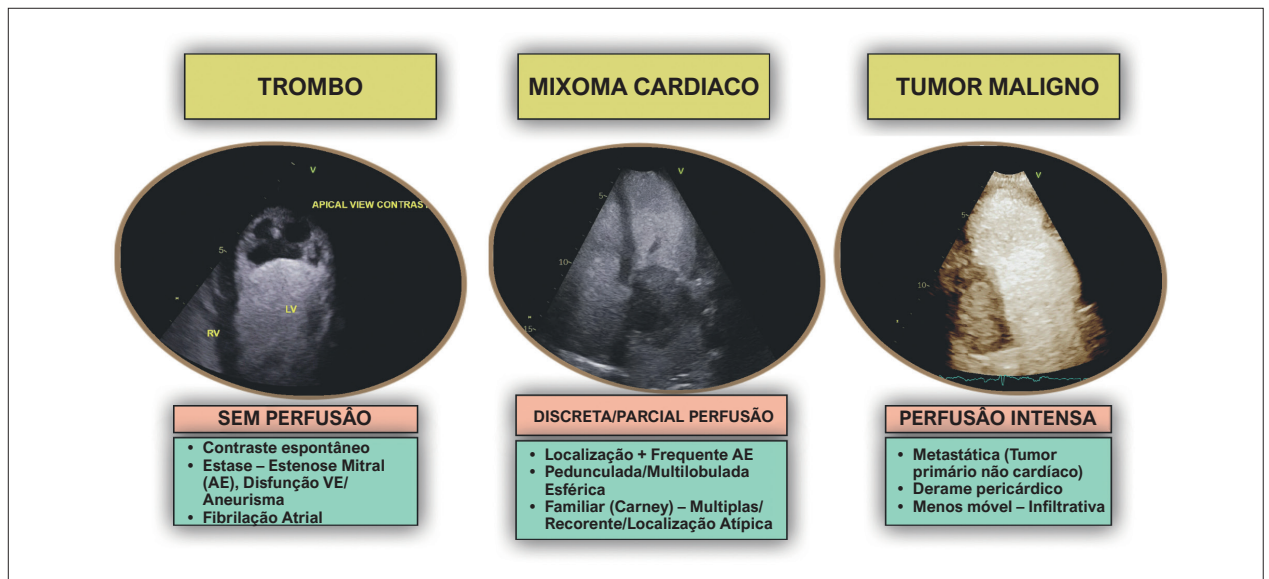


Figura 1 – Exemplos da utilização de um agente realçador de ultrassom para a avaliação da perfusão em massa.

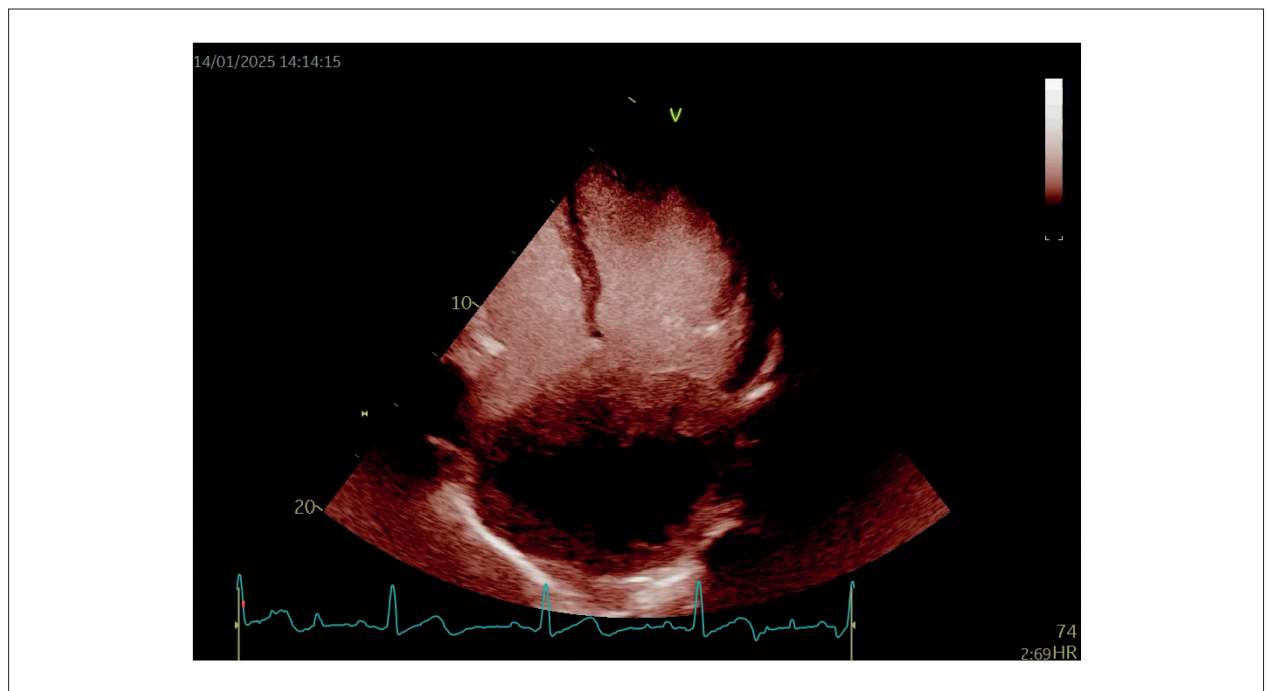


Figura 2 – Captação periférica de contraste em uma grande massa dentro do átrio esquerdo, sem captação central (necrose) em um paraganglioma cardíaco.

treinamento, destacando seu potencial para uso clínico rotineiro.⁴ No entanto, a base de evidências atual é caracterizada por estudos de pequena escala, desenhos retrospectivos e relatos de casos, levantando preocupações sobre a generalização e robustez.⁵

O objetivo principal desta metanálise é estabelecer a sensibilidade agrupada, especificidade e precisão diagnóstica

geral da ecocardiografia com contraste na distinção entre tumores cardíacos e massas não tumorais. O objetivo secundário é avaliar seu desempenho na diferenciação entre tumores malignos e benignos. Em última análise, o presente estudo busca fornecer evidências para orientar a tomada de decisões clínicas e destacar prioridades para futuras pesquisas prospectivas em larga escala.

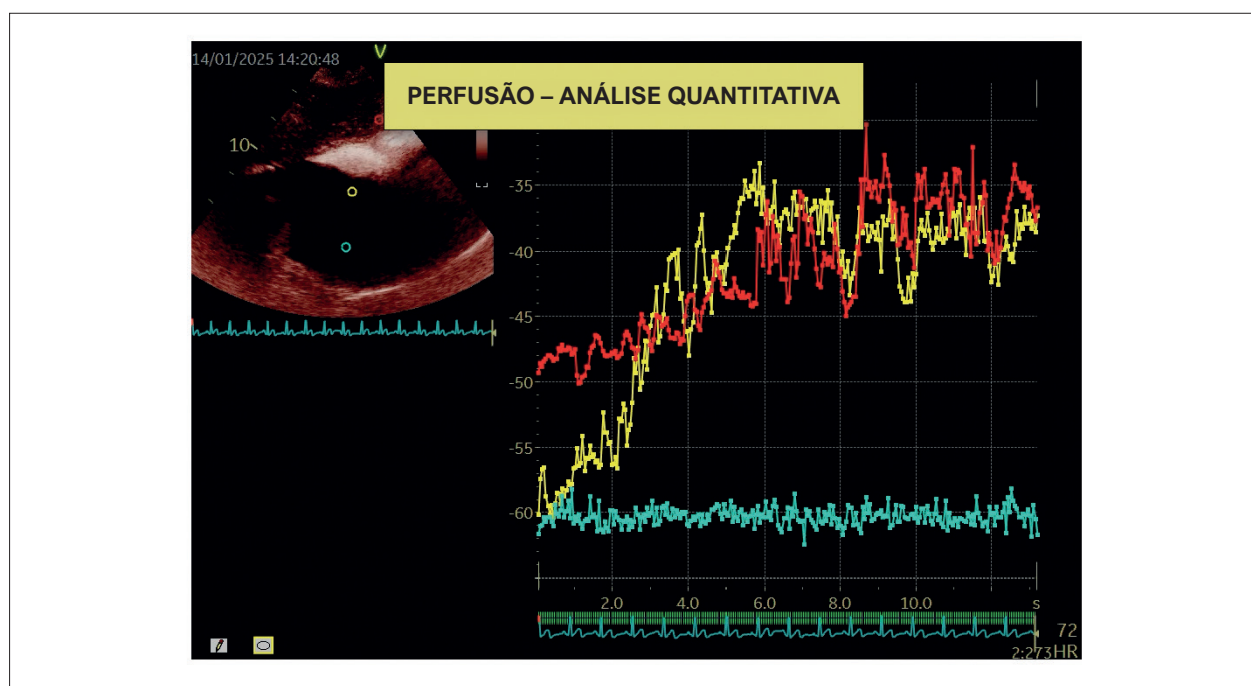


Figura 3 – Vista subcostal. Paranglioma cardíaco. Análise quantitativa da perfusão da massa com um agente realçador de ultrassom (contraste) - em amarelo, a perfusão periférica da massa; em vermelho, a perfusão do tecido hepático para comparação; em azul, a ausência de perfusão no centro (necrótico) da massa.

Metodologia

Protocolo e registro

A presente revisão sistemática e metanálise foi desenvolvida seguindo rigorosamente as recomendações da declaração Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses⁶ (PRISMA 2020), sua extensão para estudos de precisão de testes diagnósticos (PRISMA-DTA) e o Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy.⁷ O protocolo do estudo foi submetido ao International Prospective Register of Systematic Reviews⁸ (PROSPERO) sob o número de registro CRD420251142676.

Desenho do estudo

Foram incluídos estudos de precisão diagnóstica com delineamento prospectivo ou retrospectivo. Não foram aplicadas restrições de tempo, incluindo artigos desde a data mais antiga disponível nas bases de dados. Revisões, editoriais, relatos de casos e séries de casos com menos de 10 participantes foram excluídos.

Critérios de elegibilidade

Os estudos foram selecionados com base nos critérios de elegibilidade definidos pela estrutura PICOS. A população elegível (P) consistiu em pacientes adultos com suspeita de massas cardíacas que foram submetidos a ECC. Os resultados da ECC foram comparados com o padrão de referência para um diagnóstico definitivo (Comparador), que foi definido principalmente como análise histopatológica, embora diagnósticos confirmados por outras modalidades de imagem

robustas (por exemplo, Ressonância Magnética Cardíaca) ou por resposta terapêutica inequívoca (por exemplo, resolução de um trombo após terapia anticoagulante) também tenham sido considerados. Os principais resultados (O) de interesse foram medidas de precisão diagnóstica, incluindo Área Sob a Curva (AUC), sensibilidade, especificidade, Valor Preditivo Positivo (VPP) e Valor Preditivo Negativo (VPN).

Condições-alvo

As condições-alvo desta revisão foram os diferentes subtipos de massas intracardíacas. A principal condição a ser identificada era a presença de um tumor cardíaco (benigno ou maligno), em oposição a um trombo intracardíaco.

Além disso, dentro do espectro de tumores, uma segunda condição-alvo foi a diferenciação entre tumores benignos (por exemplo, mixoma, fibroma) e tumores malignos (primários, como sarcomas, ou metastáticos). As análises de precisão foram estruturadas em subgrupos para avaliar o desempenho do teste em cada uma das principais diferenciações clínicas.

Exame de índice

O exame índice foi definido como ecocardiografia com contraste (ECC), realizada para caracterizar uma massa cardíaca previamente identificada ou suspeita. Considerou-se Ecocardiografia com Contraste (ECC) qualquer ecocardiograma que envolvesse a administração intravenosa de um agente de contraste de microbolhas para avaliar a vascularização e a perfusão da massa. O resultado do teste índice não foi simplesmente dicotômico (positivo/negativo), mas sim uma classificação da massa com base em seus padrões de perfusão,

com os achados comparados ao padrão de referência obtido aproximadamente ao mesmo tempo.

Fontes de informação e estratégia de busca

Foi realizada uma busca sistemática e abrangente nas seguintes bases de dados eletrônicas: PubMed, Embase, Cochrane Library e Web of Science. A busca foi concluída em 10 de agosto de 2025.

A busca inicial identificou um total de 473 artigos (123 no PubMed, 234 no Embase, 8 na Cochrane Library e 108 no Web of Science) antes da remoção de duplicatas. Além disso, as listas de referências dos estudos incluídos foram pesquisadas manualmente para identificar artigos potencialmente elegíveis que não foram encontrados na busca inicial.

Seleção de estudos e extração de dados

O processo de seleção foi gerenciado usando o software Rayyan.⁹ Dois revisores independentes (JP e AN) analisaram os títulos e resumos, seguidos de uma avaliação do texto completo. As divergências foram resolvidas por consenso ou por meio da avaliação de um terceiro revisor. Os dados foram extraídos utilizando um formulário padronizado, incluindo características do estudo, detalhes da população, especificidades da intervenção e os dados brutos para a tabela de contingência 2x2.

Avaliação do risco de viés

A qualidade metodológica e o risco de viés de cada estudo incluído foram avaliados independentemente por dois revisores usando a ferramenta QUADAS-2.¹⁰

Síntese e análise de dados

Os dados de precisão foram sintetizados por meio de uma metanálise utilizando um modelo bivariado de efeitos aleatórios. A partir desse modelo, foram geradas estimativas resumidas com intervalos de confiança (IC) de 95% para sensibilidade e especificidade, a curva SROC (*Summary Receiver Operating Characteristic*) resumida foi construída e o *odds ratio* diagnóstico foi calculado. A heterogeneidade foi avaliada usando a estatística I^2 , sendo considerado indicativo de heterogeneidade substancial um valor de $P < 0,05$ no teste Q de Cochran ou $I^2 > 50\%$. Significância estatística definida em $P < 0,05$. Foram utilizados *forest plots* (gráficos de floresta) para ilustrar os tamanhos dos efeitos individuais e agrupados. As metanálises foram realizadas no RStudio (RStudio 2025.09.0+387) para Windows, utilizando os pacotes “meta” e “mada” para síntese e visualização de dados.

Resultados

Resultados da pesquisa

A busca inicial retornou 473 resultados. Após a remoção de registros duplicados e estudos inelegíveis, 13 permaneceram e foram totalmente revisados com base nos critérios de inclusão. Desse, um total de cinco estudos foram incluídos. O processo está detalhado no fluxograma PRISMA (Figura 4).

O número de participantes variou entre 32 e 236, sendo todos adultos. Os estudos variaram em seu desenho, incluindo abordagens observacionais prospectivas, transversais e retrospectivas, e foram conduzidos em ambientes de centro único e multicêntricos.

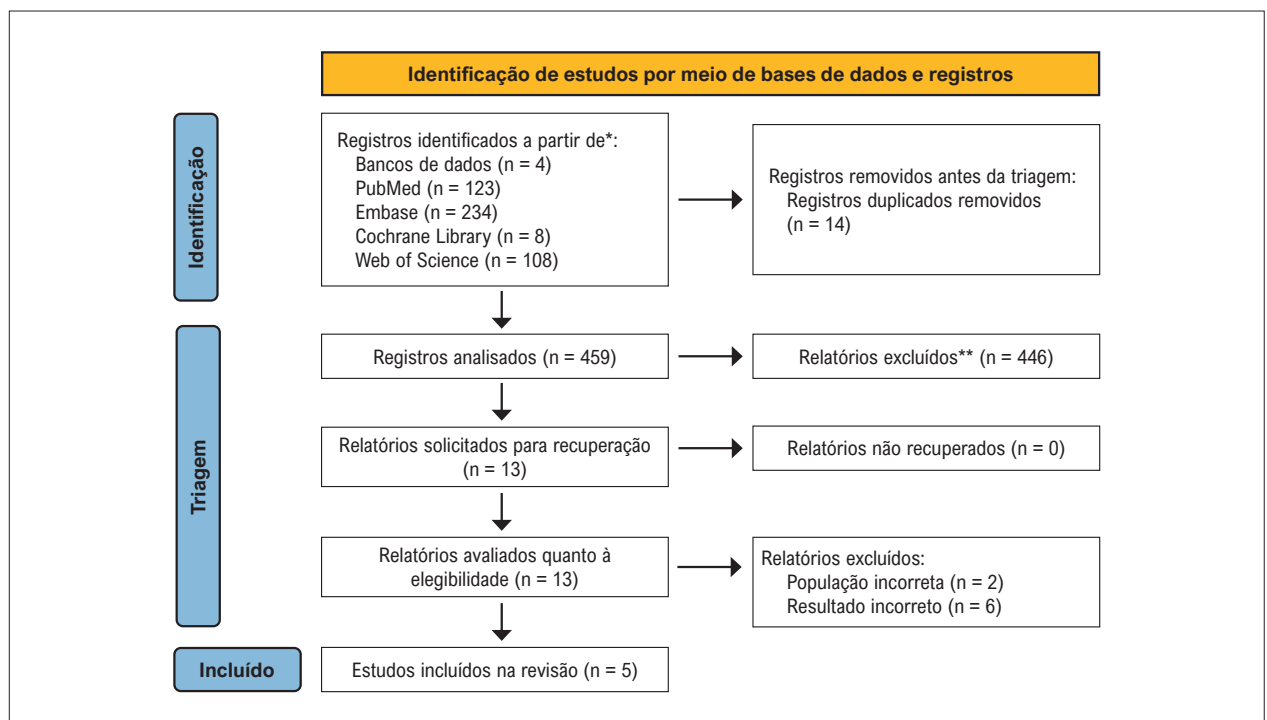


Figura 4 – Fluxograma PRISMA da triagem e seleção de estudos.

Todos os estudos utilizaram ECC, empregando SonoVue (Bracco, Suíça) como agente de contraste. Os sistemas de ecocardiografia utilizados incluíram o Philips iE33, em três estudos,¹¹⁻¹³ e o GE Vivid 7 Dimension, em um estudo,¹⁴ com transdutores e protocolos de imagem adaptados aos objetivos de cada estudo. Um estudo¹⁵ não relatou o sistema usado na ecocardiografia.

Os parâmetros quantitativos avaliados nos estudos incluíram área de massa, razões de intensidade de pico (por exemplo, A1/A2, A1/A3), intensidade de realce de contraste (A), taxa de reposição (β ou k) e razões de perfusão entre as massas cardíacas e o miocárdio adjacente. As avaliações qualitativas abrangeram ecogenicidade, contorno, morfologia da base, mobilidade, características de perfusão e presença de derrame pericárdico ou pleural.

A proporção de participantes do sexo masculino variou de 36,5% a 63,0%, com a maioria dos estudos focando em pacientes adultos que apresentavam suspeita de massas cardíacas após Ecocardiografia Transtorácica (ETT). Um estudo¹³ incluiu pacientes submetidos a tratamento cirúrgico para massas cardíacas, enquanto outro¹⁵ teve como alvo pacientes encaminhados para ecocardiografia de contraste miocárdico.

Os critérios de exclusão foram consistentes entre os estudos e incluíam condições cardíacas ou sistêmicas graves (por exemplo, insuficiência cardíaca classe IV da NYHA, arritmias, disfunção hepática ou renal), alergias a agentes de contraste ou produtos sanguíneos e distúrbios neuropsiquiátricos. Alguns estudos também excluíram pacientes que não compareceram ao acompanhamento ou que foram tratados de forma conservadora. Outras características importantes dos estudos incluídos nesta revisão são apresentadas na Tabela 1.

Não encontramos viés de publicação ao analisar visualmente o gráfico de funil (Figura S1). Uma regressão linear para a assimetria do gráfico de funil foi realizada pelo teste de Deek, que não foi estatisticamente significativa (Viés = -3,940, EP = 5,283; t = -0,75, p = 0,509). No entanto, devido ao pequeno número de estudos incluídos, os resultados devem ser considerados com cautela e, por si só, não são suficientes para descartar o viés de publicação.

Qualidade metodológica dos estudos incluídos

A qualidade metodológica dos estudos incluídos foi avaliada utilizando a ferramenta QUADAS-2, que avalia quatro domínios: seleção de pacientes, teste índice, padrão de referência, e fluxo e tempo. Cada domínio foi classificado como de baixo risco,

Tabela 1 – Características dos estudos incluídos.

Estudo	Diagnóstico de controle	N	Idade	Feminino	Pseudomassa	Trombos	Tumor maligno	Tumor benigno
Wang, 2024	Confirmado por ressonância magnética cardíaca, ecocardiografia transesofágica, tomografia computadorizada, cirurgia ou biópsia, dependendo do tipo de massa.	145	59,4 anos (intervalo interquartil: 51,2–63,9)	55 (38,0%)	4	43	30	66
Li, 2022	Confirmado por ressonância magnética cardíaca, ecocardiografia transesofágica, tomografia computadorizada, cirurgia ou biópsia, dependendo do tipo de massa.	108	61,5 anos (intervalo interquartil: 52,0–67,5)	40 (37,0%)	3	36	36	30
Xia, 2017	Patologia cirúrgica ou biópsia (classificação da OMS de 2015)	236	49,5 anos (intervalo: 0,5 a 83)	150 (63,55%)	11	3	29	196
Zhou, 2020	NR	32	NR	NR	0	19	8	5
Tang, 2015	Patologia cirúrgica ou resolução após anticoagulação	72	50 ± 15 anos (intervalo: 12–85)	30 (40%)	0	16	30	26

Todos os estudos incluídos adotaram um nível de significância estatística de 5%.

com algumas preocupações ou com alto risco de viés. Em nível de estudo individual, dois estudos^{11,12} foram considerados como tendo um risco geral baixo de viés, enquanto outros dois^{14,15} levantaram algumas questões, principalmente em relação à seleção de pacientes e ao fluxo e tempo. Um estudo¹³ foi considerado de alto risco de viés devido à seleção inadequada de pacientes e preocupações relacionadas ao padrão de referência (Figura S2). Na análise em nível de domínio, a seleção de pacientes e o fluxo e tempo foram as áreas com maior frequência de preocupações, enquanto o teste índice e o padrão de referência foram, em geral, bem conduzidos. De forma geral, a qualidade metodológica dos estudos incluídos foi considerada aceitável, com predominância de baixo risco de viés, embora limitações relevantes tenham sido identificadas em domínios específicos (Figura S3).

Achados

Diferenciação entre tumores e trombos

Todos os estudos incluídos relataram uma grande precisão na tentativa de diferenciar tumores de trombos usando ECC, resultando em ótimos parâmetros de desempenho diagnóstico. As estimativas para sensibilidade geral (Figura 5), especificidade (Figura 6) e *odds ratio* diagnóstico (Figura 7) confirmam esses achados. Devido à precisão de 100%, não foi possível plotar uma curva SROC adequadamente, mas a AUC foi de 0,989.

Diferenciação entre tumor maligno e benigno.

A ECC apresentou ótimos resultados, com altas estimativas de sensibilidade geral (Figura 8) e especificidade (Figura 9) resumidas. O resumo do *odds ratio* diagnóstico (Figura 10) corrobora ainda mais essas descobertas. Além disso, a curva SROC (Figura 11) foi traçada.

Discussão

A presente revisão sistemática e metanálise demonstra que a ECC apresenta uma precisão diagnóstica excepcionalmente elevada para a caracterização de massas cardíacas, destacando-se em duas distinções clínicas críticas: a diferenciação entre tumores e trombos e entre tumores malignos e benignos.

O primeiro achado-chave da nossa análise foi a elevada sensibilidade agrupada e especificidade (100%) da ECC na distinção entre tumores cardíacos e trombos. Esse resultado, embora notável, é biologicamente plausível. Os trombos são estruturas inerentemente avasculares, e as microbolhas intravasculares utilizadas na ECC proporcionam um contraste marcante entre a ausência completa de perfusão no interior de um trombo e a vascularização variável, porém presente, de qualquer tecido tumoral, seja ele benigno ou maligno. Isso cria uma característica diagnóstica binária e altamente confiável, facilmente identificável mesmo por operadores menos experientes, conforme sugerido por alguns dos estudos incluídos. A área sob a curva (AUC) quase perfeita de 0,989 decorreu de ajustes do modelo para evitar valores infinitos. Ainda assim, esses achados devem ser interpretados com cautela; o número limitado de estudos incluídos (5) restringe

o poder estatístico e pode mascarar potenciais efeitos de pequenos estudos ou viés de relato, apesar da ausência de heterogeneidade observada.

O segundo achado refere-se à diferenciação entre tumores benignos e malignos. A análise agrupada resultou em uma sensibilidade de 94,3% (IC 95%: 88,5% a 97,3%) e especificidade de 96,1% (IC 95%: 91,5% a 98,2%), com AUC geral de 0,976. Esses dados indicam que a ECC não apenas é altamente eficaz na identificação da presença de vascularização, mas também na interpretação de seu padrão, tipicamente caracterizado por hipervascularização intensa nas lesões malignas, em contraste com a perfusão mais moderada e lenta observada em tumores benignos. O elevado *odds ratio* diagnóstico (DOR = 341,71) reflete um teste robusto, capaz de aumentar ou reduzir significativamente a probabilidade pós-teste de malignidade, impactando diretamente decisões clínicas críticas relacionadas à urgência da intervenção, ao planejamento de biópsias ou à estratégia cirúrgica.

Devido a preocupações quanto a viés e heterogeneidade em um dos estudos,¹³ foi realizada uma análise de sensibilidade *pós-hoc*, repetindo-se a metanálise com a exclusão desse estudo; entretanto, os resultados não foram significativamente alterados (especificidade de 0,952, sensibilidade de 0,962 e DOR de 374,767), demonstrando a robustez dos achados, apesar das preocupações metodológicas.

Este é, até onde sabemos, a primeira metanálise a sintetizar especificamente o desempenho diagnóstico da ECC para massas cardíacas utilizando uma metodologia rigorosa baseada no PRISMA-DTA. Além disso, foram empregados modelos estatísticos robustos (bivariado e SROC), desenvolvidos especificamente para metanálises de precisão diagnóstica, os quais consideram a possível correlação entre sensibilidade e especificidade e fornecem estimativas combinadas mais confiáveis. Outro ponto forte é que todos os estudos incluídos foram coortes prospectivos, o que reforça a validade dos achados ao minimizar vieses de seleção e de memória. Por fim, a análise de sensibilidade *pós-hoc* confirmou que os resultados gerais não foram indevidamente influenciados pelo estudo classificado como de alto risco de viés, aumentando a confiabilidade das conclusões.

Apesar desses achados robustos, os resultados devem ser interpretados à luz de algumas limitações importantes. A principal limitação é o pequeno número de estudos incluídos ($n = 5$) e o tamanho amostral total relativamente modesto ($n = 381$), em grande parte devido ao fato de muitos estudos não reportarem os dados necessários para o cálculo das métricas de desempenho. Além disso, é possível que estudos relevantes não tenham sido identificados, uma vez que pesquisas de precisão diagnóstica frequentemente são mal indexadas nas bases de dados eletrônicas. No que diz respeito ao viés de publicação, o baixo número de estudos limita o desempenho do teste de regressão linear de Deek, porém a análise visual do gráfico de funil não sugeriu viés de publicação. Embora a heterogeneidade estatística tenha sido negligenciável ($I^2 = 0\%$), a escassez de literatura primária limita a generalização dos achados e a capacidade de realizar análises de subgrupos mais aprofundadas (por exemplo, por tipo tumoral, geração do agente de contraste ou análises quantitativas ou qualitativas).

Artigo Original

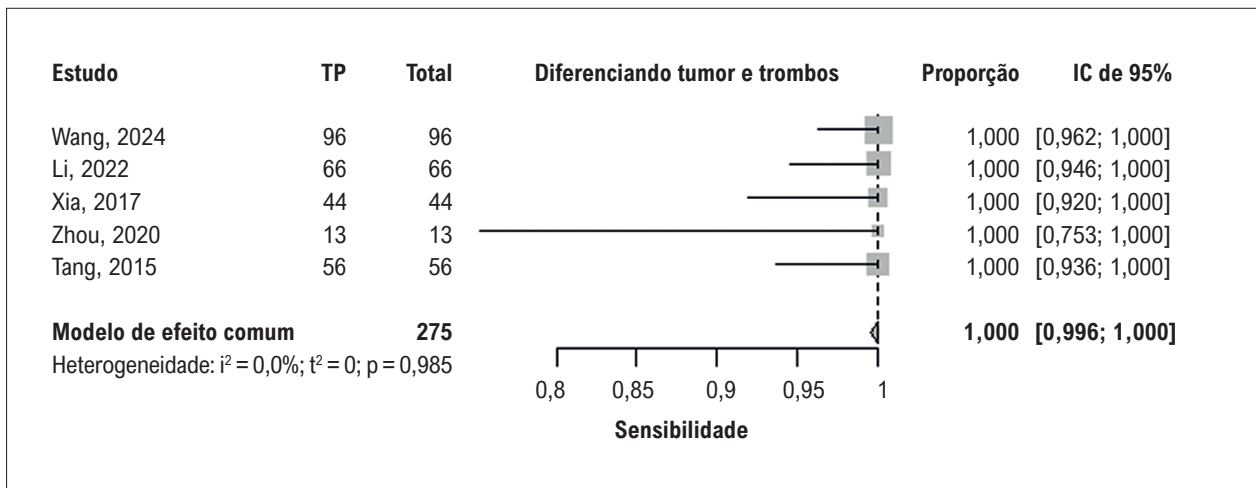


Figura 5 – Forest plot de sensibilidade.

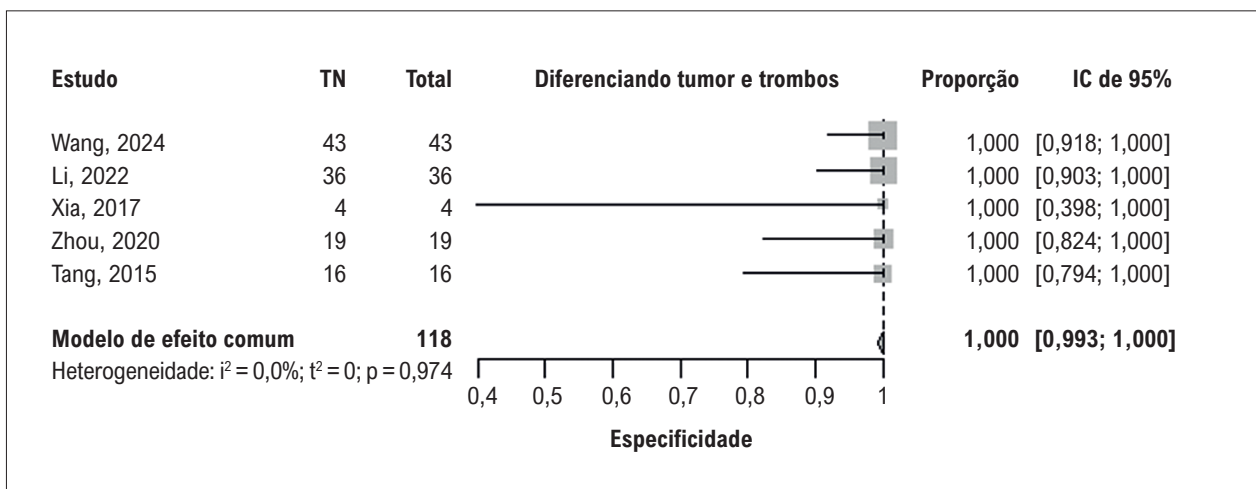


Figura 6 – Forest plot de especificidade.

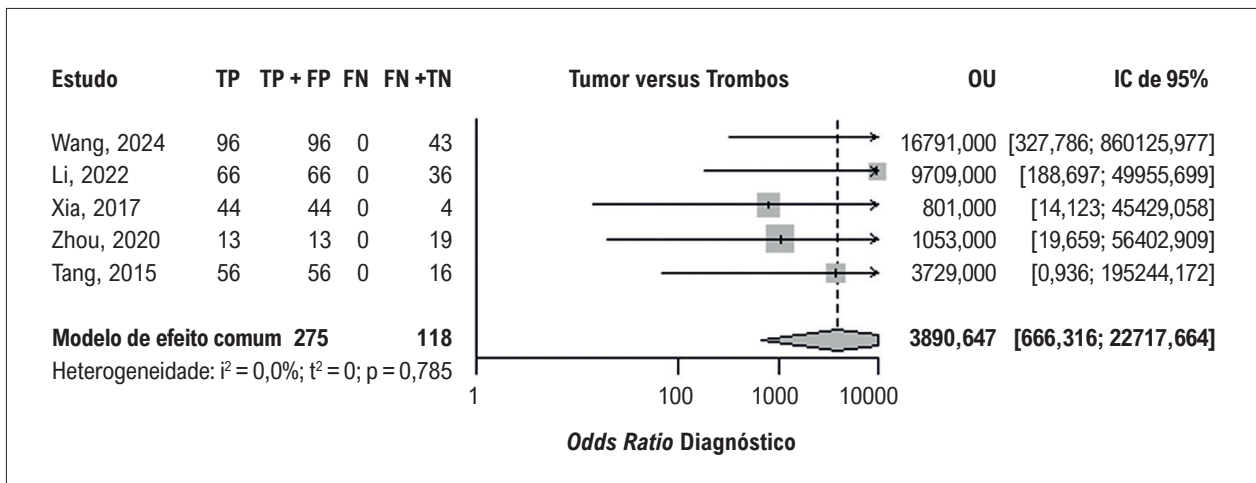


Figura 7 – Forest plot de DOR.

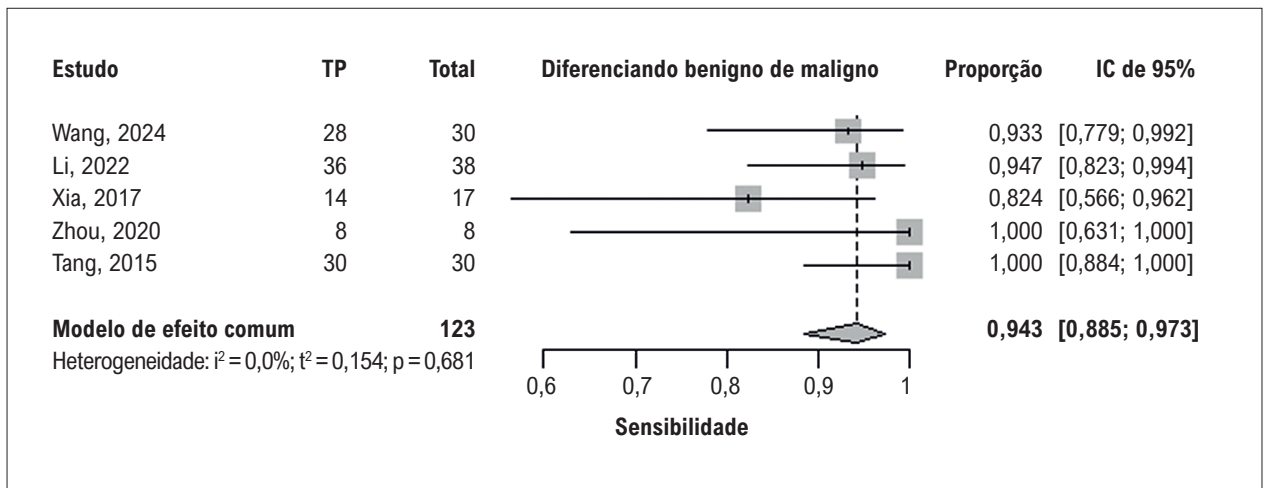


Figura 8 – Forest plot de sensibilidade.

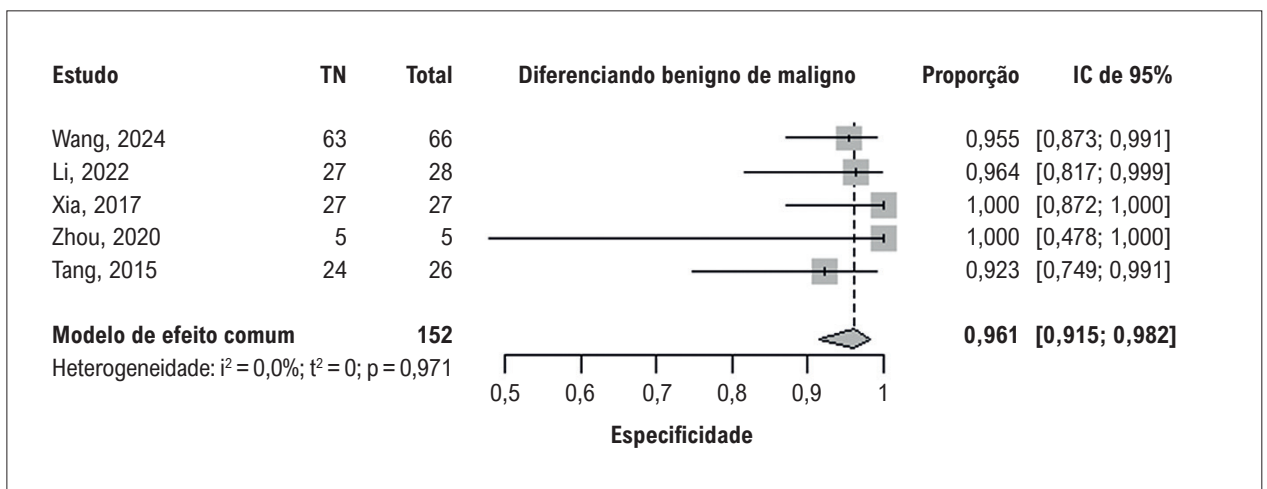


Figura 9 – Forest plot de especificidade.

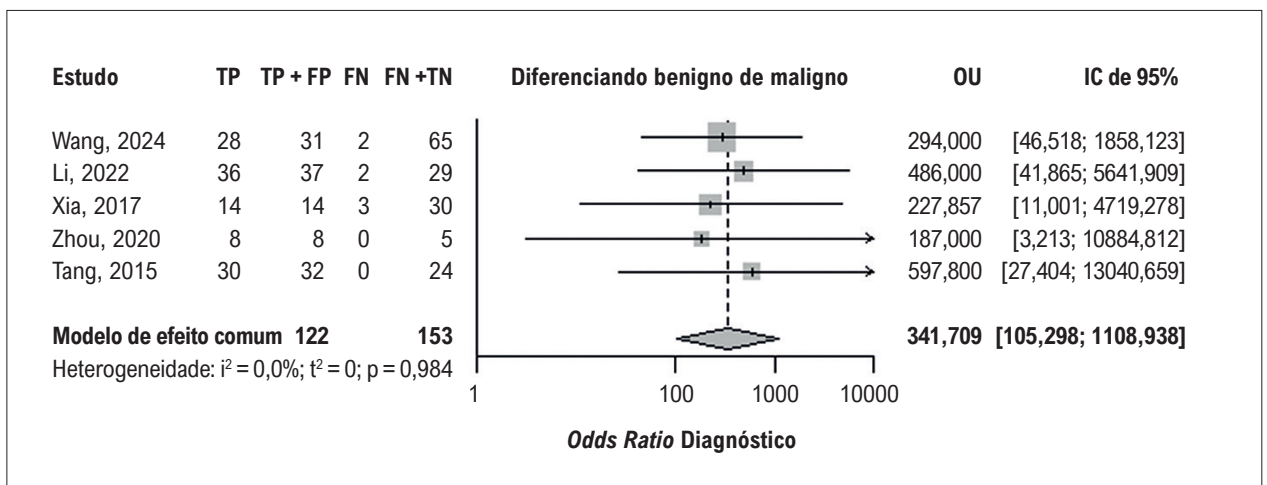


Figura 10 – Forest plot de DOR.

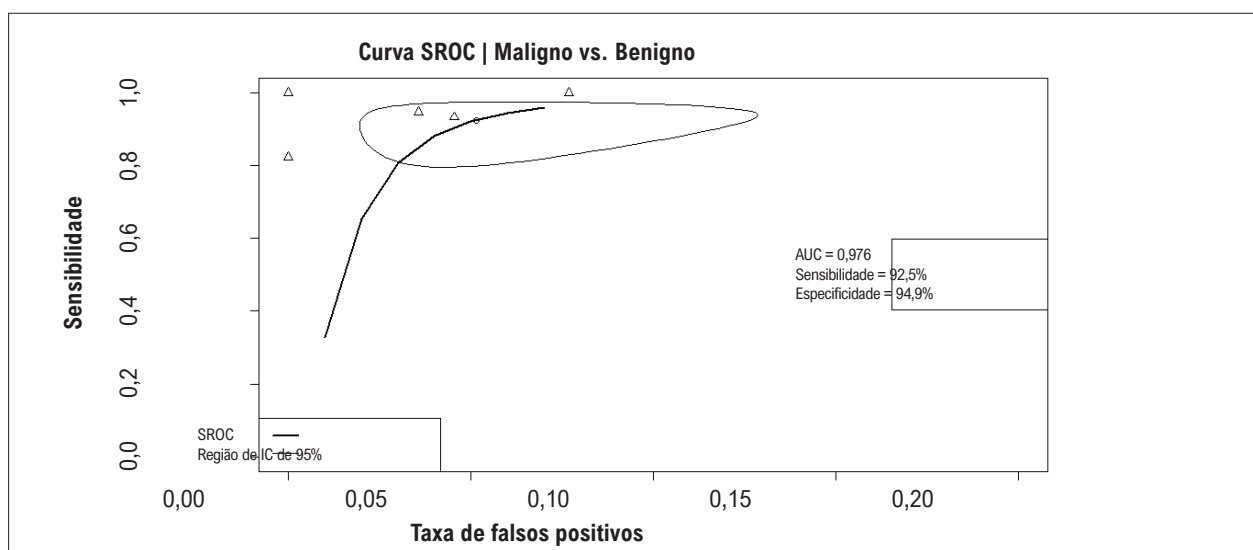


Figura 11 – Curva SROC.

Adicionalmente, conforme destacado pela avaliação QUADAS-2, algumas preocupações metodológicas estiveram presentes em determinados estudos, particularmente relacionadas à seleção dos pacientes e ao fluxo e ao intervalo temporal entre o teste índice e o padrão de referência. A elevada precisão na diferenciação de trombo, embora bastante promissora, deve ser interpretada com otimismo cauteloso até que seja confirmada em estudos maiores e multicêntricos, uma vez que o desempenho no mundo real pode ser influenciado pela qualidade da imagem, pela experiência do examinador e pelos protocolos específicos de contraste.

As implicações clínicas deste trabalho são relevantes. A ECC surge como uma ferramenta de alta precisão, acessível e custo-efetiva, que pode ser integrada de forma imediata ao fluxo diagnóstico após a detecção inicial de uma massa pela ecocardiografia convencional. Ela permite excluir com segurança a presença de trombo, potencialmente evitando a necessidade de métodos de imagem seccionais mais caros e menos acessíveis em muitos casos. No contexto tumoral, fornece um indicador não invasivo confiável de malignidade, auxiliando na triagem de pacientes para intervenções urgentes ou para um planejamento terapêutico mais criterioso.

Conclusão

Esta metanálise fornece evidências convincentes de que a ecocardiografia com contraste é uma ferramenta diagnóstica poderosa, com excelente precisão na caracterização de massas cardíacas. Ela diferencia de forma eficaz tumores de trombos e demonstra elevada capacidade na distinção entre tumores malignos e benignos. Embora as limitações inerentes à literatura disponível exijam uma interpretação cautelosa, a acessibilidade, a segurança e o desempenho demonstrado da ECC sustentam sua adoção mais ampla no fluxo diagnóstico padrão para a avaliação de massas intracardíacas.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Pedrosa JGG, Tavares M; obtenção de dados: Pedrosa JGG, Cavalcanti Neto AL, Stropp RR; análise e interpretação dos dados: Pedrosa JGG, Cavalcanti Neto AL, Stropp RR, Moura GPR, Pontes SLD; análise estatística: Pedrosa JGG; redação do manuscrito: Pedrosa JGG, Pereira FJL, Stropp RR, Moura GPR, Pontes SLD, Tavares M, Felix AS; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Pedrosa JGG, Pereira FJL, Moura GPR, Pontes SLD, Tavares M, Felix AS; figura central: Pontes SLD.

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. L'Angiocola PD, Donati R. Cardiac Masses in Echocardiography: A Pragmatic Review. *J Cardiovasc Echogr.* 2020;30(1):5-14. doi: 10.4103/jcecho.jcecho_2_20.
2. Kirkpatrick JN, Wong T, Bednarz JE, Spencer KT, Sugeng L, Ward RP, et al. Differential Diagnosis of Cardiac Masses Using Contrast Echocardiographic Perfusion Imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(8):1412-9. doi: 10.1016/j.jacc.2003.09.065.
3. Uenishi EK, Caldas MA, Tsutsui JM, Abduch MC, Sbrano JC, Kalil R Filho, et al. Evaluation of Cardiac Masses by Real-Time Perfusion Imaging Echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2015;13:23. doi: 10.1186/s12947-015-0018-3.
4. Angeli F, Bodega F, Bergamaschi L, Armillotta M, Amicone S, Canton L, et al. Multimodality Imaging in the Diagnostic Work-Up of Patients with Cardiac Masses: JACC: CardioOncology State-of-the-Art Review. *JACC CardioOncol.* 2024;6(6):847-62. doi: 10.1016/j.jacc.2024.09.006.
5. Yang Z, Niu Y, Ma H, Gong W, Yu L, Liu L, et al. Contrast-Enhanced Echocardiographic Diagnosis of Benign and Malignant Cardiac Tumors and its Correlation with Pathology. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1182334. doi: 10.3389/fcvm.2023.1182334.
6. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
7. Deeks JJ, Bossuyt PM, Leeflang MMG, Takwoingi Y, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy. Version 2.0* [Internet]. London: The Cochrane Collaboration; 2023 [cited 2025 Feb 08]. Available from: <https://training.cochrane.org/handbook-dta>.
8. National Institute for Health and Care Research. PROSPERO: International Prospective Register of Systematic Reviews [Internet]. York: University of York; 2025 [cited 2025 Feb 08]. Available from: <https://www.crd.york.ac.uk/prospero/>.
9. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan-a Web and Mobile App for Systematic Reviews. *Syst Rev.* 2016;5(1):210. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4.
10. Whiting PF, Rutjes AW, Westwood ME, Mallett S, Deeks JJ, Reitsma JB, et al. QUADAS-2: A Revised Tool for the Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies. *Ann Intern Med.* 2011;155(8):529-36. doi: 10.7326/0003-4819-155-8-201110180-00009.
11. Wang Q, Wang B, Zhang X, Zhong X, Chang S, Yang J, et al. The Usefulness of Contrast Echocardiography in the Evaluation of Cardiac Masses: A Multicenter Study. *BMC Cardiovasc Disord.* 2024;24(1):43. doi: 10.1186/s12872-024-03708-2.
12. Li Y, Ren W, Wang X, Xiao Y, Feng Y, Shi P, et al. The Diagnostic Accuracy of Contrast Echocardiography in Patients with Suspected Cardiac Masses: A Preliminary Multicenter, Cross-Sectional Study. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:1011560. doi: 10.3389/fcvm.2022.1011560.
13. Xia H, Gan L, Jiang Y, Tang Q, Zhang P, Tang X, et al. Use of Transesophageal Echocardiography and Contrast Echocardiography in the Evaluation of Cardiac Masses. *Int J Cardiol.* 2017;236:466-72. doi: 10.1016/j.ijcard.2017.01.073.
14. Tang QY, Guo LD, Wang WX, Zhou W, Liu YN, Liu HY, et al. Usefulness of Contrast Perfusion Echocardiography for Differential Diagnosis of Cardiac Masses. *Ultrasound Med Biol.* 2015;41(9):2382-90. doi: 10.1016/j.ultrasmedbio.2015.05.010.
15. Zhou Q, Xiong Y, Zhou Y. Feasibility of Myocardial Contrast Echocardiography Quantitative Analysis in Differentiating Cardiac Masses. *JACC.* 2020;75(11):1688.

*Material Suplementar

Para acessar o Material Suplementar, por favor clique aqui.



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

A Ecocardiografia com Agentes de Realce Ultrassonográfico e o Desafio Diagnóstico das Massas Cardíacas: Evidência Sólida para um Problema Clínico Complexo

Echocardiography with Ultrasound Enhancement Agents and the Diagnostic Challenge of Cardiac Masses: Solid Evidence for a Complex Clinical Problem

Rafael Bonafim Piveta,^{1,2} Miguel Osman Dias Aguiar^{1,2}

BP (Beneficência Portuguesa),¹ São Paulo, SP – Brasil

Einstein Hospital Israelita,² São Paulo, SP – Brasil

Minieditorial referente ao artigo: Performance Diagnóstica da Ecocardiografia com Realce na Diferenciação de Massas Cardíacas: Uma Revisão Sistemática com Metanálise

A adequada caracterização das massas intracardíacas permanece um dos desafios mais relevantes da imagem cardiovascular contemporânea. Trombos, tumores benignos e neoplasias malignas compartilham algumas características morfológicas semelhantes na ecocardiografia convencional, mas acarretam condutas, prognósticos e urgências terapêuticas radicalmente distintos. Apesar dos importantes avanços nas técnicas de diagnóstico por imagem cardiovascular, decisões críticas, como anticoagular ou operar, investigar ou observar, tratar com urgência ou acompanhar, ainda são frequentemente desafiadoras na prática clínica. A ecocardiografia, embora indispensável como método inicial, frequentemente falha em diferenciar trombos, tumores benignos e neoplasias malignas em um número significativo de pacientes.¹ Diante disso, é legítimo questionar: por que a ecocardiografia com agentes de realce ultrassonográfico (ARUS), disponível há décadas, ainda desempenha um papel secundário em muitos algoritmos diagnósticos?

A metanálise “*Diagnostic performance of contrast-enhanced echocardiography in differentiating cardiac masses*” apresenta importantes argumentos para esse contexto. Utilizando rigor metodológico, alinhado às recomendações PRISMA-DTA e do *Cochrane Handbook*,^{2,3} os autores demonstram que a ecocardiografia com ARUS apresenta desempenho diagnóstico excepcional em dois dos dilemas mais críticos da prática clínica: diferenciar tumor de trombo e distinguir tumores benignos de malignos.

Os resultados apresentados são expressivos. A ecocardiografia com ARUS demonstrou sensibilidade e especificidade combinadas de 100% na diferenciação entre tumores e trombos, com AUC próxima de 1,0. Esse achado é fisiopatologicamente coerente, uma vez que trombos

são estruturas avasculares, enquanto tumores — benignos ou malignos — apresentam algum grau de perfusão detectável por microbolhas intravasculares.^{4,5} Tal distinção funcional confere à ecocardiografia com ARUS uma vantagem diagnóstica clara em relação à ecocardiografia convencional, sobretudo em situações clínicas em que a decisão entre anticoagulação e investigação invasiva precisa ser tomada de forma rápida e segura.

Ainda mais relevante é o desempenho da ecocardiografia com ARUS na diferenciação entre tumores benignos e malignos. A metanálise demonstrou sensibilidade de 94,3% e especificidade de 96,1%, com área sob a curva (AUC, do inglês *Area Under the Curve*) de 0,976, indicando elevada capacidade discriminatória. Esses resultados reforçam observações prévias de que padrões de perfusão — como hiperperfusão intensa, enchimento rápido e heterogeneidade perfusional — estão fortemente associados à malignidade.^{6,7} Assim, a ecocardiografia com ARUS transcende o papel meramente morfológico e se consolida como ferramenta funcional de caracterização tecidual, papel tradicionalmente reservado à ressonância magnética cardíaca.

Diante desses dados, surge uma importante pergunta: por que continuamos a encaminhar sistematicamente pacientes para métodos mais caros, menos acessíveis e, muitas vezes, indisponíveis em tempo hábil, antes de explorar plenamente o potencial da ecocardiografia com ARUS? A resposta parece residir menos na evidência científica e mais em barreiras culturais, logísticas e de treinamento. A ecocardiografia com ARUS ainda é subutilizada, muitas vezes restrita a centros de excelência, apesar de seu excelente perfil de segurança, ampla disponibilidade e possibilidade de ser realizada inclusive à beira do leito, em pacientes instáveis ou com contraindicações a métodos mais complexos.^{5,7}

Entretanto, algumas limitações merecem destaque. O número reduzido de estudos incluídos (cinco coortes prospectivas, totalizando 381 pacientes) reflete a escassez de dados primários adequados para metanálises diagnósticas nessa área. Além disso, a avaliação pelo QUADAS-2 identificou preocupações metodológicas em alguns estudos, particularmente relacionadas à seleção de pacientes e ao fluxo temporal entre o teste índice e o padrão de referência.

Palavras-chave

Ecocardiografia; contraste; massas cardíacas.

Correspondência: Rafael Bonafim Piveta •

Einstein Hospital Israelita. Rua Albert Einstein, 701. CEP: 05652-900.

Morumbi, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: rafael.piveta@einstein.br

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260009>

Esses fatores limitam a generalização irrestrita dos resultados e reforçam a necessidade de estudos mais robustos, com protocolos padronizados e maior diversidade populacional.

Apesar do significativo incremento na acurácia diagnóstica proporcionado pela ecocardiografia contrastada nesse cenário, a técnica apresenta algumas armadilhas que exigem atenção quando utilizada para essa finalidade específica. Trombos recentes, embora avasculares, podem apresentar algum grau de realce pelo contraste, geralmente restrito à periferia da massa. No estudo de Li et al., entre os 36 pacientes diagnosticados com trombo, três apresentaram realce acentuado, todos correspondendo a trombos recentes.⁸ Esse padrão pode dificultar a diferenciação em relação aos tumores cardíacos; entretanto, é importante ressaltar que os tumores, especialmente os malignos, tendem a apresentar aumento da perfusão de forma difusa, envolvendo tanto as regiões centrais quanto as periféricas da massa, o que auxilia na distinção diagnóstica.

Ainda assim, os achados dessa metanálise representam um passo importante na consolidação da ecocardiografia com ARUS como método central na avaliação das massas cardíacas. A consistência dos achados, a plausibilidade biológica e a magnitude dos efeitos observados indicam uma base científica sólida para ampliar o uso da ecocardiografia contrastada no fluxo diagnóstico da rotina prática. Em um cenário no qual decisões rápidas e precisas impactam diretamente desfechos clínicos, subutilizar um método acessível, seguro e altamente acurado não é razoável.

Em conclusão, a evidência apresentada reforça que a ecocardiografia com ARUS não apenas representa uma técnica complementar, mas também uma ferramenta estratégica, acessível e de alto impacto clínico. Em um cenário no qual decisões rápidas e precisas são fundamentais, estabelecer a ecocardiografia com ARUS nos algoritmos diagnósticos das massas intracardíacas parece não apenas razoável, mas necessário.

Referências

1. L'Angiocola PD, Donati R. Cardiac Masses in Echocardiography: A Pragmatic Review. *J Cardiovasc Echogr.* 2020;30(1):5-14. doi: 10.4103/jcecho.jcecho_2_20.
2. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews. *BMJ.* 2021;372:n71. doi: 10.1136/bmj.n71.
3. Deeks JJ, Bossuyt PM, Leeflang MMG, Takwoingi Y, editors. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Diagnostic Test Accuracy. Version 2.0.* London: Cochrane; 2023.
4. Kirkpatrick JN, Wong T, Bednarz JE, Spencer KT, Sugeng L, Ward RP, et al. Differential Diagnosis of Cardiac Masses Using Contrast Echocardiographic Perfusion Imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43(8):1412-9. doi: 10.1016/j.jacc.2003.09.065.
5. Uenishi EK, Caldas MA, Tsutsui JM, Abduch MC, Sbrano JC, Kalil R Filho, et al. Evaluation of Cardiac Masses by Real-Time Perfusion Imaging Echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2015;13:23. doi: 10.1186/s12947-015-0018-3.
6. Yang Z, Niu Y, Ma H, Gong W, Yu L, Liu L, et al. Contrast-Enhanced Echocardiographic Diagnosis of Benign and Malignant Cardiac Tumors and its Correlation with Pathology. *Front Cardiovasc Med.* 2023;10:1182334. doi: 10.3389/fcvm.2023.1182334.
7. Angeli F, Bodega F, Bergamaschi L, Armillotta M, Amicone S, Canton L, et al. Multimodality Imaging in the Diagnostic Work-Up of Patients with Cardiac Masses: JACC: CardioOncology State-of-the-Art Review. *JACC CardioOncol.* 2024;6(6):847-62. doi: 10.1016/j.jacc.2024.09.006.
8. Li Y, Ren W, Wang X, Xiao Y, Feng Y, Shi P, et al. The Diagnostic Accuracy of Contrast Echocardiography in Patients with Suspected Cardiac Masses: A Preliminary Multicenter, Cross-Sectional Study. *Front Cardiovasc Med.* 2022;9:1011560. doi: 10.3389/fcvm.2022.1011560.



Desenvolvimento e Validação de um Modelo Preditivo para Insuficiência Mitral Funcional Atrial

Development and Validation of a Predictive Model for Atrial Functional Mitral Regurgitation

Alexandre Costa Souza,^{1,2} Bruna de Mattos Ivo Junqueira,¹ Stephanie de Azevedo Drubi,¹ Priscila Pinheiro,¹ Laila Caroline Gomes,¹ Pedro Henrique Correia Filgueiras,³ Ricardo André Sales Pereira Guedes,¹ Marco André Moraes Sales,¹ Yuri Xavier de Carvalho,¹ Carolina Thé Macêdo¹

Hospital São Rafael,¹ Salvador, BA – Brasil

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

Universidade Federal de São Paulo, Escola Paulista de Medicina,³ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

Fundamento: A identificação da etiologia atrial em pacientes com insuficiência mitral permanece desafiadora, uma vez que o diagnóstico é frequentemente estabelecido por exclusão. O uso de um modelo multivariável pode aumentar a acurácia diagnóstica no contexto da insuficiência mitral funcional atrial.

Objetivo: Desenvolver e validar um modelo de regressão logística multivariável, baseado em características clínicas e ecocardiográficas, para prever a insuficiência mitral funcional atrial.

Métodos: Este estudo transversal incluiu pacientes com insuficiência mitral significativa diagnosticada por ecocardiografia transesofágica. O conjunto de dados foi dividido aleatoriamente em um conjunto de treinamento (70%) e um conjunto de validação (30%). As análises estatísticas foram realizadas adotando-se um nível de significância de 5%.

Resultados: Um total de 203 pacientes foi incluído. A mediana de idade foi de 79 anos no grupo atrial e de 72 anos no grupo não atrial ($p = 0,0022$). A análise da curva característica de operação do receptor demonstrou bom desempenho discriminativo, com área sob a curva de 0,896 (IC 95%, 0,845-0,947) no conjunto de treinamento. No conjunto de validação, o modelo alcançou uma área sob a curva de 0,946 (IC 95%, 0,89-1,00), indicando alta acurácia preditiva. A calibração do modelo, avaliada pelo teste de Hosmer-Lemeshow (teste qui-quadrado = 5,197; $gl = 8$; $p = 0,736$), demonstrou boa concordância entre os desfechos previstos e observados.

Conclusão: Um modelo multivariável foi derivado e validado como uma ferramenta útil para prever a etiologia atrial em pacientes com insuficiência mitral, com potencial para reduzir a variabilidade diagnóstica na prática clínica.

Palavras-chave: Insuficiência da Valva Mitral; Ecocardiografia; Modelos Estatísticos; Modelos Logísticos.

Abstract

Background: Identifying atrial etiology in patients with mitral regurgitation remains challenging because the diagnosis is often established by exclusion. The use of a multivariable model may enhance diagnostic accuracy in the context of atrial functional mitral regurgitation.

Objective: To develop and validate a multivariable logistic regression model based on clinical and echocardiographic characteristics to predict atrial functional mitral regurgitation.

Methods: This cross-sectional study included patients with significant mitral regurgitation diagnosed by transesophageal echocardiography. The dataset was randomly divided into a training set (70%) and a validation set (30%). Statistical analyses were performed using a significance level of 5%.

Results: A total of 203 patients were included. The median age was 79 years in the atrial group and 72 years in the non-atrial group ($p = 0.0022$). Receiver operating characteristic curve analysis demonstrated good discriminative performance, with an area under the curve of 0.896 (95% CI, 0.845-0.947) in the training set. In the validation set, the model achieved an area under the curve of 0.946 (95% CI, 0.89-1.00), which indicates high predictive accuracy. Model calibration assessed by the Hosmer-Lemeshow test (χ^2 test = 5.197; $df = 8$; $p = 0.736$) demonstrated good agreement between predicted and observed outcomes.

Correspondência: Alexandre Costa Souza •

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

E-mail: alexandrecoastahs@gmail.com

Manuscrito recebido em 21/10/2025; revisado em 20/12/2025; aprovado em 26/01/2026.

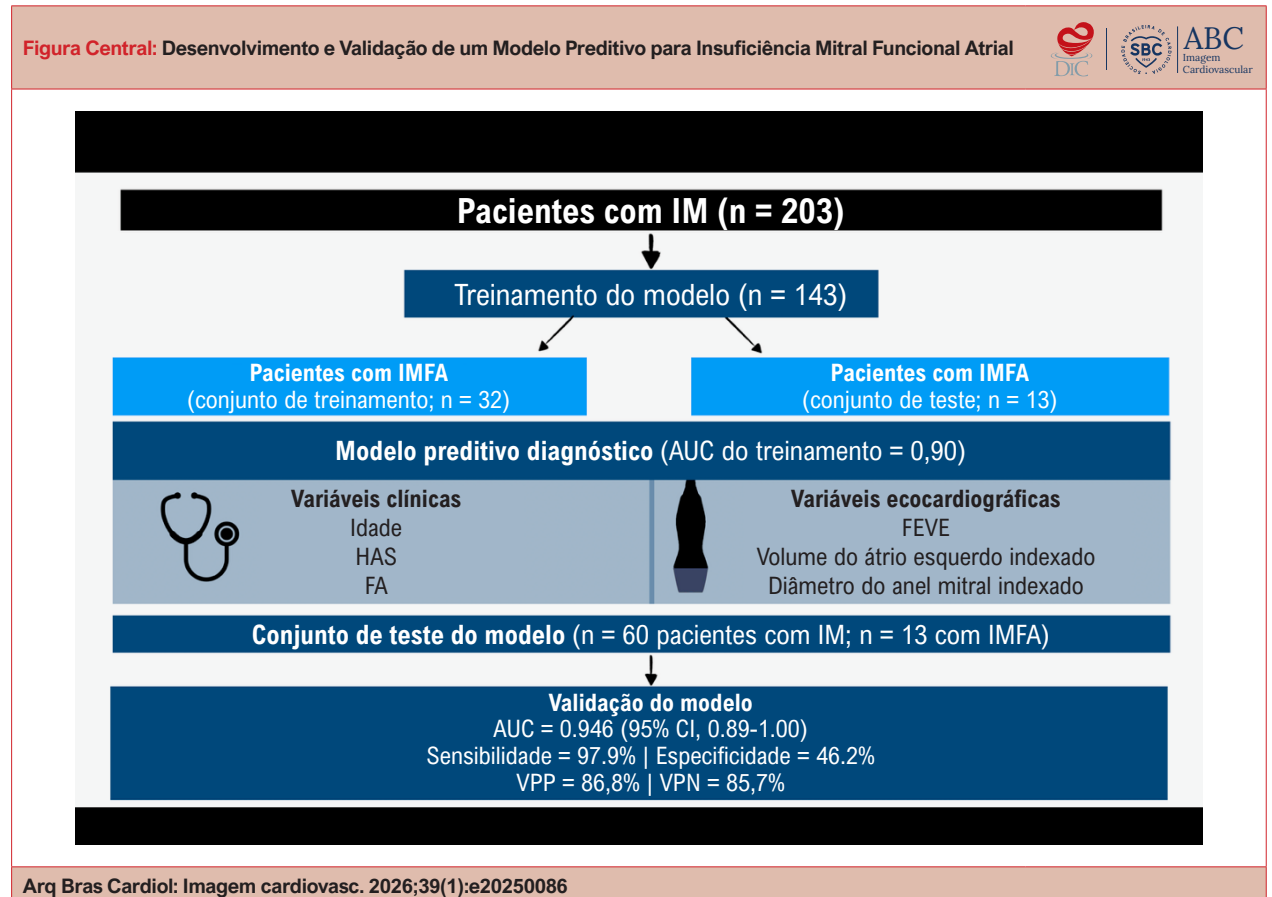
Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250086>

Conclusion: A multivariable model was derived and validated as a useful tool for predicting atrial etiology in patients with mitral regurgitation, potentially reducing diagnostic variability in clinical practice.

Keywords: Mitral Valve Insufficiency; Echocardiography; Statistical Models; Logistic Models.

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



Desenvolvimento e Validação de um Modelo Preditivo para Insuficiência Mitral Funcional Atrial. AUC: área sob a curva; FA: fibrilação atrial; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; IM: insuficiência mitral; IMFA: IM funcional atrial; VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo

Introdução

A insuficiência mitral (IM) é uma das valvopatias mais prevalentes na prática clínica e está associada a morbidade e mortalidade cardiovasculares substanciais.^{1,2} A IM funcional atrial (IMFA) surge inicialmente a partir da dilatação do anel mitral secundária ao remodelamento atrial; entretanto, evidências recentes sugerem o envolvimento de múltiplos mecanismos, incluindo alterações da complacência atrial e mudanças na geometria do aparato valvar.^{1,3} Grandes registros ecocardiográficos estimam que a IMFA represente aproximadamente 40% dos casos de IM funcional moderada a importante. A identificação precoce da IMFA facilita a manutenção do ritmo sinusal e a implementação oportuna de intervenções, como a ablação por cateter, que podem atenuar a progressão da doença.⁴ Em contraste

com a insuficiência mitral funcional ventricular (IMFV), que está principalmente associada à dilatação do ventrículo esquerdo e à disfunção sistólica, a IMFA é caracterizada por remodelamento atrial isolado, com preservação da função sistólica do ventrículo esquerdo.⁵

A IMFA é marcada por disfunção do átrio esquerdo decorrente do aumento da pressão intracavitária, levando à dilatação do átrio esquerdo e do anel mitral, a alterações na concavidade dos folhetos (configuração em “sela”) e à coaptação folhetar planar. O deslocamento posterior do anel mitral em direção à via de entrada ventricular contribui adicionalmente para o mecanismo regurgitante.^{1,6} Esses achados refletem o remodelamento atrial e as alterações dinâmicas do anel mitral, comumente observados em cenários clínicos como fibrilação atrial (FA) ou insuficiência cardíaca

com fração de ejeção preservada (ICFEP). Apesar dessas características, o diagnóstico da IMFA é frequentemente estabelecido por exclusão, devido à sobreposição com outras formas de IM funcional.¹ Nesse contexto, o desenvolvimento de critérios diagnósticos mais estruturados pode aprimorar a classificação etiológica e melhorar a estratificação de risco clínico em pacientes com IMFA.^{1,7,8}

A gravidade da IMFA tem sido associada a desfechos clínicos adversos, incluindo aumento da mortalidade, hospitalizações relacionadas à insuficiência cardíaca e necessidade de intervenções valvares.^{3,8} Pacientes com IM de etiologia atrial frequentemente apresentam sintomas mais pronunciados, maior remodelamento estrutural das câmaras cardíacas esquerdas e insuficiência tricúspide concomitante, ressaltando a maior complexidade clínica dessa população.^{3,9}

O presente estudo teve como objetivo desenvolver um modelo de regressão logística multivariável que integre variáveis clínicas e ecocardiográficas para distinguir a IMFA de outras causas de IM. A validação interna do modelo foi realizada utilizando um conjunto de dados independente da coorte inicial de derivação, aumentando o rigor metodológico e oferecendo o potencial de reduzir a variabilidade diagnóstica na prática clínica.

Métodos

Desenho de estudo e população

Este foi um estudo prospectivo, observacional e unicêntrico, conduzido entre outubro de 2022 e janeiro de 2025. A população do estudo consistiu em 203 pacientes consecutivos com IM moderada ou importante que foram submetidos à ecocardiografia transtorácica (ETE) em um hospital terciário no Brasil. Os pacientes foram incluídos de forma consecutiva e por conveniência, refletindo a prática clínica de rotina, e foram encaminhados para ETE com base em indicações clínicas para reavaliação da gravidade da IM ou esclarecimento de sua etiologia.

Seleção de pacientes

Os participantes elegíveis foram adultos (≥ 18 anos) com indicação clínica para ETE, conforme determinado pelos cardiologistas assistentes, em regime ambulatorial ou hospitalar, para avaliação diagnóstica da IM. Pacientes portadores de prótese valvar mitral ou aqueles cuja gravidade da IM foi reclassificada como leve na ETE foram excluídos do estudo.

Avaliação ecocardiográfica

Todos os pacientes foram submetidos a ecocardiografia transtorácica bidimensional completa, seguida de ETE, utilizando um sistema de ultrassonografia Vivid E95 equipado com transdutor de matriz faseada (M5S) (General Electric, Horten, Noruega).

A gravidade da IM foi quantificada de acordo com as recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia, utilizando a largura da vena contracta, o volume regurgitante

e a área efetiva do orifício regurgitante como critérios diagnósticos objetivos. A avaliação qualitativa incluiu a proporção da área do átrio esquerdo ocupada pelo jato regurgitante e a presença do efeito Coandă.¹⁰

A classificação etiológica da IM foi realizada de forma independente por dois ecocardiografistas experientes, com base em critérios diagnósticos atualizados para IMFA. A IMFA foi definida pela presença de dilatação moderada ou importante do átrio esquerdo (> 42 ml/m²), dilatação do anel mitral (> 35 mm na janela paraesternal longitudinal ou ≥ 36 mm na janela apical de quatro câmaras durante a sístole na ecocardiografia transtorácica) e exclusão de critérios diagnósticos para outras etiologias de IM.¹

Outras causas de IM foram definidas de acordo com diretrizes estabelecidas específicas para cada etiologia, incluindo prolapso da valva mitral, ruptura de cordoalhas, degeneração calcífica, fenda mitral e IMFV. Os pacientes foram classificados em dois grupos principais: etiologia atrial e não atrial.

Análise estatística

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software R (versão 4.4.2), no ambiente RStudio, com o uso de pacotes apropriados para modelagem preditiva e avaliação do desempenho do modelo. As variáveis categóricas são apresentadas como frequências absolutas e relativas (%), enquanto as variáveis contínuas são expressas como mediana e intervalo interquartil (IIQ), uma vez que nenhuma apresentou distribuição normal. A normalidade foi avaliada pelo teste de Shapiro-Wilk.

As comparações entre os grupos atrial e não atrial foram realizadas de acordo com o tipo de variável. As variáveis categóricas foram comparadas utilizando o teste do qui-quadrado de Pearson ou o teste exato de Fisher, conforme apropriado com base nas frequências esperadas das células. As variáveis contínuas foram comparadas pelo teste de Mann-Whitney. Foi adotado um nível de significância bicaudal de 5% ($\alpha = 0,05$) para todas as análises.

Desenvolvimento do modelo preditivo

Um modelo de regressão logística multivariável foi construído utilizando a presença de IMFA como variável dependente. As variáveis independentes foram selecionadas com base na relevância clínica, ausência de colinearidade significativa e desempenho estatístico nas análises univariadas.

Avaliação de colinearidade

Para garantir a estabilidade do modelo, a colinearidade entre variáveis contínuas foi avaliada por meio do fator de inflação da variância (FIV). Valores de FIV < 5 foram considerados indicativos de baixa colinearidade e aceitáveis para inclusão. Valores entre 5 e 10 foram classificados como colinearidade moderada e exigiram julgamento clínico para manutenção ou exclusão, enquanto valores > 10 indicaram colinearidade grave e levaram à remoção da variável. Esse processo foi conduzido de forma iterativa, de modo a reter apenas as variáveis com maior relevância clínica e estatística.

Derivação e validação do modelo

Para avaliar de forma robusta o desempenho preditivo, o conjunto de dados foi dividido aleatoriamente em dois subconjuntos independentes: 70% dos pacientes foram alocados ao conjunto de treinamento (n = 143) e os 30% restantes ao conjunto de teste (validação) (n = 60). A divisão preservou a proporção de casos de IMFA e garantiu representação equilibrada em ambos os conjuntos de dados.

A discriminação do modelo foi avaliada separadamente nas amostras de treinamento e validação por meio da análise da curva característica de operação do receptor (do inglês ROC), com cálculo da área sob a curva (do inglês AUC) e respectivos ICs de 95%.

Além da AUC, métricas de desempenho diagnóstico, incluindo sensibilidade, especificidade, valor preditivo positivo (VPP) e valor preditivo negativo (VPN), foram avaliadas em diferentes pontos de corte para otimizar a acurácia preditiva.

A calibração do modelo foi avaliada pelo teste de bondade de ajuste de Hosmer-Lemeshow, examinando a concordância entre as probabilidades previstas e observadas. O desempenho de calibração também foi analisado por meio de curvas gráficas de calibração, permitindo a visualização do alinhamento entre as predições do modelo e os desfechos observados.

Resultados

Um total de 203 pacientes foi incluído no estudo, dos quais 45 (22,2%) foram classificados como portadores de IMFA. A

coorte foi dividida em um conjunto de treinamento composto por 143 pacientes (70%) e um conjunto de teste composto por 60 pacientes (30%), preservando a proporção de casos de IMFA. Na coorte de treinamento, 32 pacientes (22,4%) apresentavam IMFA; na coorte de teste, 13 pacientes (21,7%) tinham a doença (Figura Central).

As características demográficas basais na coorte de treinamento demonstraram idade mediana de 78 anos (IIQ, 72-84) no grupo atrial e de 70 anos (IIQ, 60-78) no grupo não atrial. O sexo masculino foi observado em 43,75% dos pacientes do grupo atrial e em 63,06% do grupo não atrial, embora essa diferença não tenha alcançado significância estatística (p = 0,0799) (Tabela 1).

Para garantir a estabilidade e a interpretabilidade do modelo, foi realizada uma análise sistemática de colinearidade utilizando FIV, com o objetivo de identificar e excluir variáveis redundantes. Variáveis com FIV > 5 foram removidas para minimizar dependências lineares e melhorar a estabilidade dos coeficientes no modelo de regressão logística. Entre as variáveis antropométricas, altura e área de superfície corporal (ASC) apresentaram forte correlação; assim, a ASC foi excluída devido ao seu menor valor informacional incremental. De forma semelhante, o diâmetro linear do anel mitral foi excluído em favor do diâmetro do anel mitral indexado à ASC, que apresentou menor colinearidade e maior aplicabilidade clínica (Tabelas 1 e 2).

Após iterações sucessivas da avaliação de colinearidade, seis variáveis foram mantidas para inclusão no modelo preditivo: três variáveis clínicas (idade, hipertensão arterial e fibrilação atrial [FA]) e três variáveis ecocardiográficas (FEVE, volume do

Tabela 1 – Características clínicas e demográficas dos grupos atrial e não atrial na amostra de treinamento

Variável	Atrial (n = 32)	Não atrial (n = 111)	Valor p
Sexo masculino, n (%)	14 (43,8)	70 (63,1)	0,08
DAC prévia, n (%)	8 (25,0)	41 (36,9)	0,30
ICP, n (%)	6 (18,8)	20 (18,0)	> 0,99
IM prévia, n (%)	1 (3,1)	11 (9,9)	0,30
AVC prévio, n (%)	5 (15,6)	17 (15,3)	> 0,99
Diabetes melito, n (%)	10 (31,3)	44 (39,6)	0,51
HAS, n (%)	27 (84,4)	67 (60,4)	0,02
Dislipidemia, n (%)	26 (81,3)	63 (56,8)	0,02
Uso de betabloqueadores, n (%)	17 (53,1)	61 (54,9)	> 0,99
Uso de antiarrítmicos, n (%)	12 (37,5)	29 (26,1)	0,30
DRC, n (%)	8 (25,0)	19 (17,1)	0,45
FA, n (%)	23 (71,9)	49 (44,1)	0,01
Uso de anticoagulantes, n (%)	22 (68,8)	47 (42,3)	0,15
Marcapasso, n (%)	4 (12,5)	17 (15,3)	0,73
Insuficiência tricúspide, n (%)	13 (40,6)	34 (30,6)	0,40
DRC dependente de diálise, n (%)	1 (3,1)	11 (9,9)	0,30

Valores com p < 0,05 indicam diferenças estatisticamente significativas. AVC: acidente vascular cerebral; DAC: doença arterial coronariana; DRC: doença renal crônica; FA: fibrilação atrial; HAS: hipertensão arterial sistêmica; IM: insuficiência mitral; ICP: intervenção coronariana percutânea.

Tabela 2 – Características contínuas dos grupos atrial e não atrial na amostra de treinamento

Variable	Mediana atrial (P ₂₅ -P ₇₅)	Mediana não atrial (P ₂₅ -P ₇₅)	Valor p
Idade, anos	78,0 (72,0-84,0)	70,0 (60,0-78,0)	< 0,001
FC, bpm	92,0 (74,0-118,0)	79,0 (69,0-90,0)	0,015
Peso, kg	70,0 (60,0-80,0)	72,5 (63,0-82,8)	0,410
ASC, m ²	1,8 (1,64-1,85)	1,8 (1,65-1,99)	0,110
Diâmetro do AE, mm	46,0 (44,0-49,0)	45,0 (41,0-49,0)	0,049
Volume do AE indexado, ml/m ²	62,0 (51,0-78,0)	53,5 (45,0-68,0)	0,004
FEVE, %	61,0 (56,0-64,0)	48,0 (30,0-64,0)	0,002
Relação E/E'	16,0 (13,9-18,0)	17,0 (10,0-21,8)	0,950
TAPSE, mm	19,0 (18,0-20,0)	19,0 (18,0-21,0)	0,650
S' do ventrículo direito, cm/s	11,0 (10,0-11,0)	11,0 (9,5-12,0)	0,830
PASP, mmHg	44,0 (40,0-50,0)	40,0 (33,5-51,0)	0,110
Diâmetro intercomissural do anel mitral, mm	36,0 (34,0-40,0)	34,0 (31,0-36,0)	< 0,001
Diâmetro do anel mitral indexado, mm/m ²	21,2 (20,2-22,4)	18,3 (17,0-20,1)	< 0,001

Valores com $p < 0,05$ indicam diferenças estatisticamente significativas. AE: átrio esquerdo; ASC: área de superfície corporal; FC: frequência cardíaca; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; PASP: pressão sistólica da artéria pulmonar; TAPSE: excursão sistólica do plano do anel tricúspide.

Tabela 3 – Variáveis incluídas no modelo preditivo diagnóstico para insuficiência mitral funcional atrial

Variável	Atrial	Não atrial	Valor p
Idade, anos	78.0 (72.0-84.0)	70.0 (60.0-78.0)	< 0.001
HAS, n (%)	27 (84.4)	67 (60.4)	0.020
FA, n (%)	23 (71.9)	49 (44.1)	0.010
Diâmetro do anel mitral indexado, mm/m ²	21.2 (20.2-22.4)	18.3 (17.0-20.1)	< 0.001
FEVE, %	61.0 (56.0-64.0)	48.0 (30.0-64.0)	0.002
Volume do AE indexado, ml/m ²	62.0 (51.0-78.0)	53.5 (45.0-68.0)	0.004

Valores com $p < 0,05$ indicam associações estatisticamente significativas, de acordo com o teste aplicado. AE: átrio esquerdo; FA: fibrilação atrial; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; HAS: hipertensão arterial sistêmica.

átrio esquerdo indexado e diâmetro do anel mitral indexado à ASC). Todas as variáveis retidas apresentaram valores de FIV < 2, indicando colinearidade desprezível. O preditor estatisticamente mais significativo foi o diâmetro do anel mitral indexado ($p = 4,81 \times 10^{-7}$), seguido pela idade ($p = 0,0022$) e pela FEVE ($p = 0,0067$), destacando sua relevância para a diferenciação etiológica (Tabela 3).

A seleção desses preditores foi guiada tanto pela relevância clínica quanto pela significância estatística, assegurando a robustez e a acurácia do modelo preditivo (Tabela 3). Esse conjunto parcimonioso de variáveis sustenta uma melhor discriminação da IMFA e pode contribuir para a redução da variabilidade diagnóstica e o aprimoramento da tomada de decisão clínica.

Na coorte de treinamento, a análise da curva característica de operação do receptor (ROC) demonstrou uma AUC de 0,896 (IC

95%, 0,845-0,947), indicando bom desempenho discriminativo (Figura 1). A calibração do modelo, avaliada pelo teste de Hosmer-Lemeshow, resultou em $\chi^2 = 5,197$, com 8 graus de liberdade ($p = 0,736$), demonstrando boa concordância entre os desfechos previstos e observados (Figura 2).

Para comparar o desempenho preditivo entre diferentes combinações de variáveis, curvas ROC foram construídas para três modelos distintos: um modelo clínico (apenas variáveis clínicas), um modelo estrutural (apenas variáveis ecocardiográficas) e um modelo completo (combinação de variáveis clínicas e ecocardiográficas). Os valores correspondentes de AUC foram 0,7974 (IC 95%, 0,7264-0,8685), 0,7922 (IC 95%, 0,7214-0,8630) e 0,8961 (IC 95%, 0,8454-0,9468), respectivamente (Figura 3).

Na coorte de teste, a análise da curva ROC demonstrou uma AUC de 0,946 (IC 95%, 0,8899-1,0000) (Figura 4). No ponto de

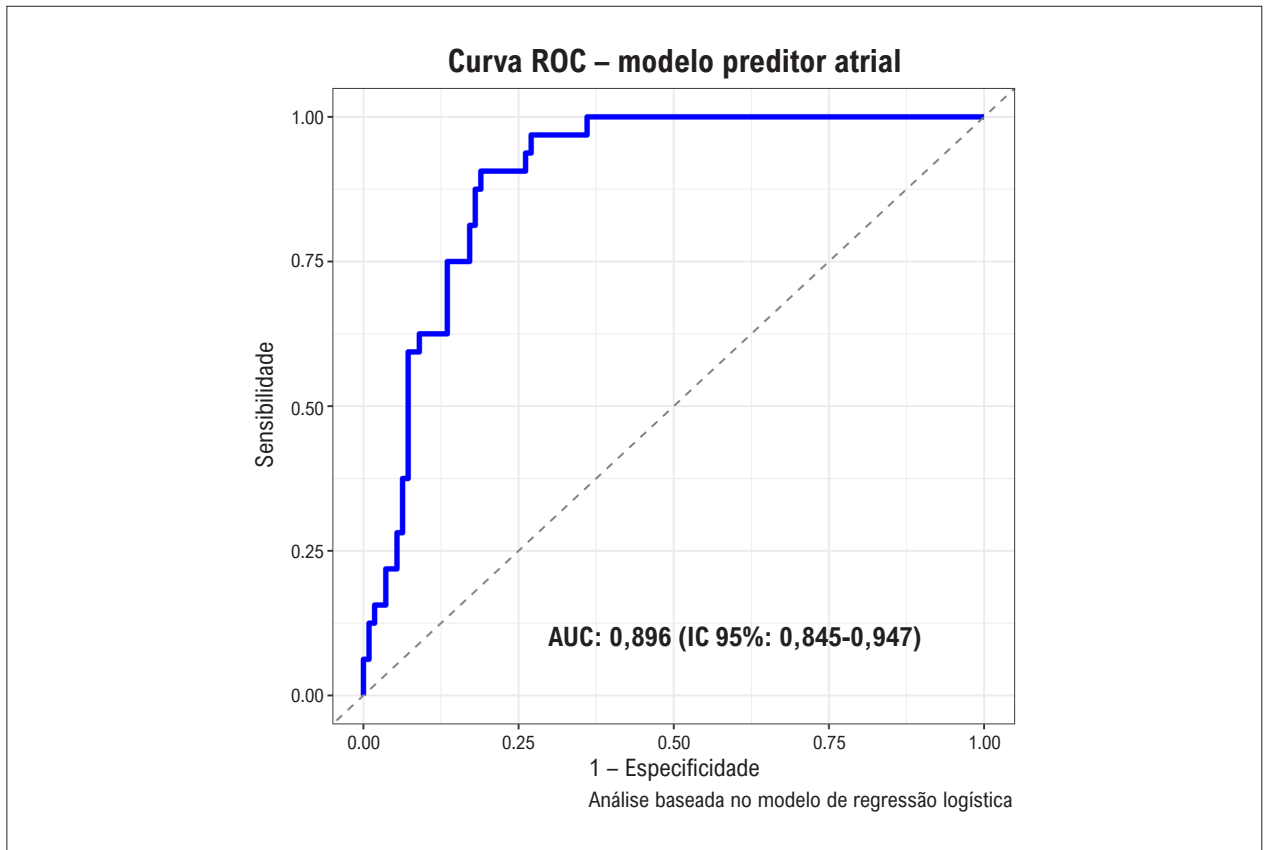


Figura 1 – Desempenho discriminativo do modelo preditivo de etiologia atrial. AUC: área sob a curva; ROC: característica de operação do receptor

corte selecionado, o modelo alcançou sensibilidade de 97,9%, especificidade de 46,2%, VPP de 86,8% e VPN de 85,7%.

Discussão

O diâmetro do anel mitral é amplamente utilizado na avaliação da IMFA; entretanto, sua especificidade diagnóstica é limitada no contexto de remodelamento atrial avançado.¹¹⁻¹³ Estudos prévios demonstraram desempenho discriminativo modesto desse parâmetro isolado, o que motivou o desenvolvimento de abordagens multiparamétricas.¹⁴ No presente estudo, desenvolvemos um modelo de regressão logística multivariável que integra variáveis clínicas e ecocardiográficas, o qual demonstrou alto desempenho discriminativo, consistentemente confirmado por testes estatísticos. A combinação estruturada de variáveis prontamente disponíveis supera as limitações de parâmetros ecocardiográficos isolados e aprimora a classificação etiológica da IMFA.

Modelos multiparamétricos que combinam dados clínicos e ecocardiográficos têm demonstrado valor em diferentes contextos da IM. Um exemplo notável é o escore MIDA, derivado do *Mitral Regurgitation International Database*, que integra variáveis clínicas e de imagem para estratificação prognóstica na IM degenerativa e apresentou desempenho consistente em múltiplas coortes internas e externas.¹⁵⁻¹⁷ Embora o escore

MIDA tenha sido desenvolvido para avaliação prognóstica na doença mitral primária, o presente modelo tem como foco o aprimoramento do desempenho diagnóstico na diferenciação da IMFA. Ao incorporar variáveis rotineiramente disponíveis (por exemplo, idade, ritmo cardíaco, fração de ejeção do ventrículo esquerdo [FEVE] e diâmetro do anel mitral indexado), o modelo proposto aborda uma lacuna clinicamente relevante para a qual não existe, até o momento, uma ferramenta diagnóstica dedicada, conforme destacado em pesquisas recentes sobre IMFA.^{1,18} Assim, o princípio multiparamétrico mostra-se aplicável tanto a propósitos prognósticos quanto diagnósticos, quando adequadamente adaptado ao contexto clínico.

Estudos populacionais recentes reforçam a importância do reconhecimento precoce da IMFA. Na coorte do *National Echocardiography Database Australia* (NEDA), que incluiu mais de 5.500 pacientes com IMFA moderada a importante, a etiologia atrial foi responsável por aproximadamente 40% dos casos e esteve associada a mortalidade ligeiramente menor, porém ainda substancial, em comparação com a IMFV, com taxa de mortalidade em 5 anos próxima de 50%.⁴ De forma complementar, uma análise longitudinal de 635 indivíduos com IMFA leve a moderada demonstrou que, mesmo na ausência de progressão hemodinâmica evidente, essa entidade confere risco anual de mortalidade de 5,9% e está associada à disfunção diastólica e à hipertensão pulmonar.³

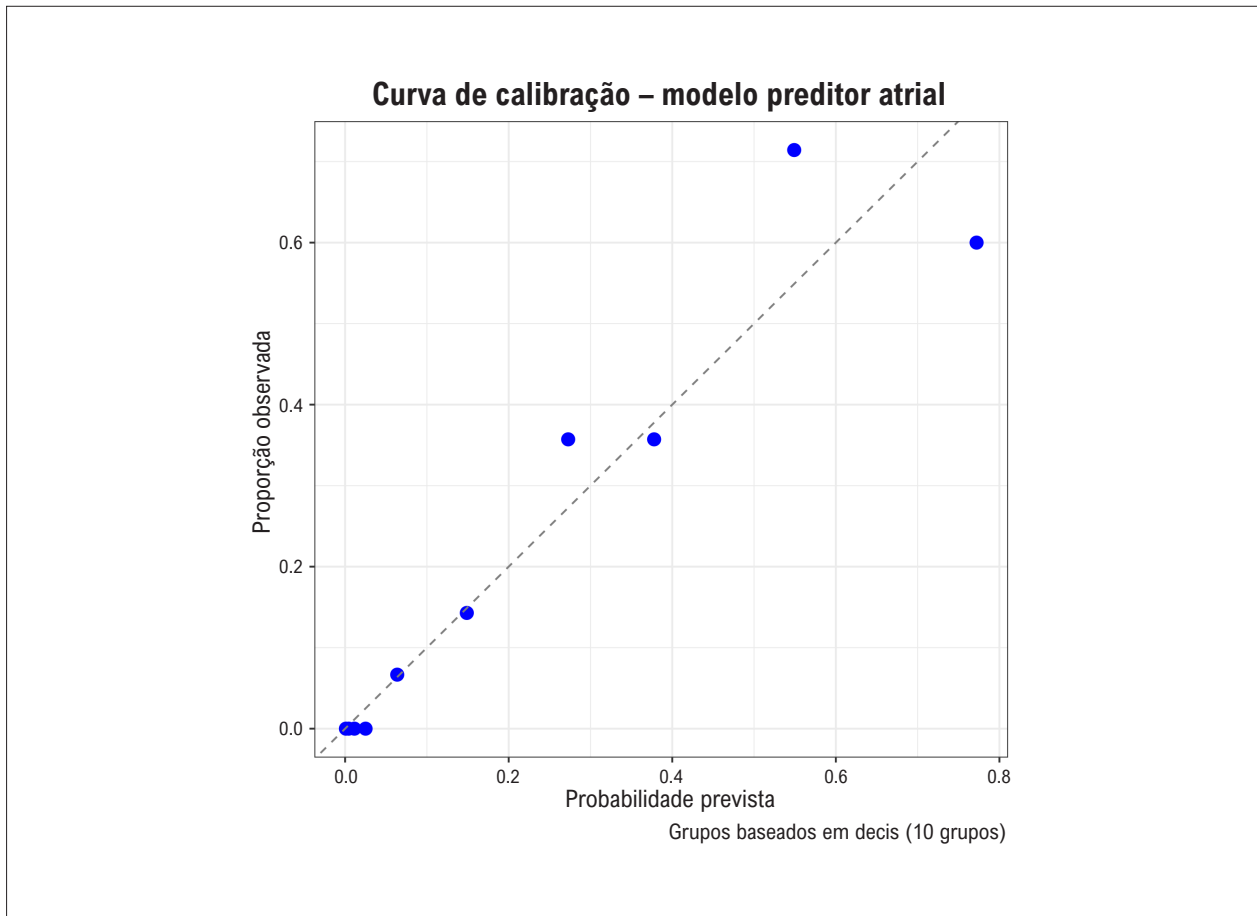


Figura 2 – Curva de calibração do modelo preditivo de etiologia atrial

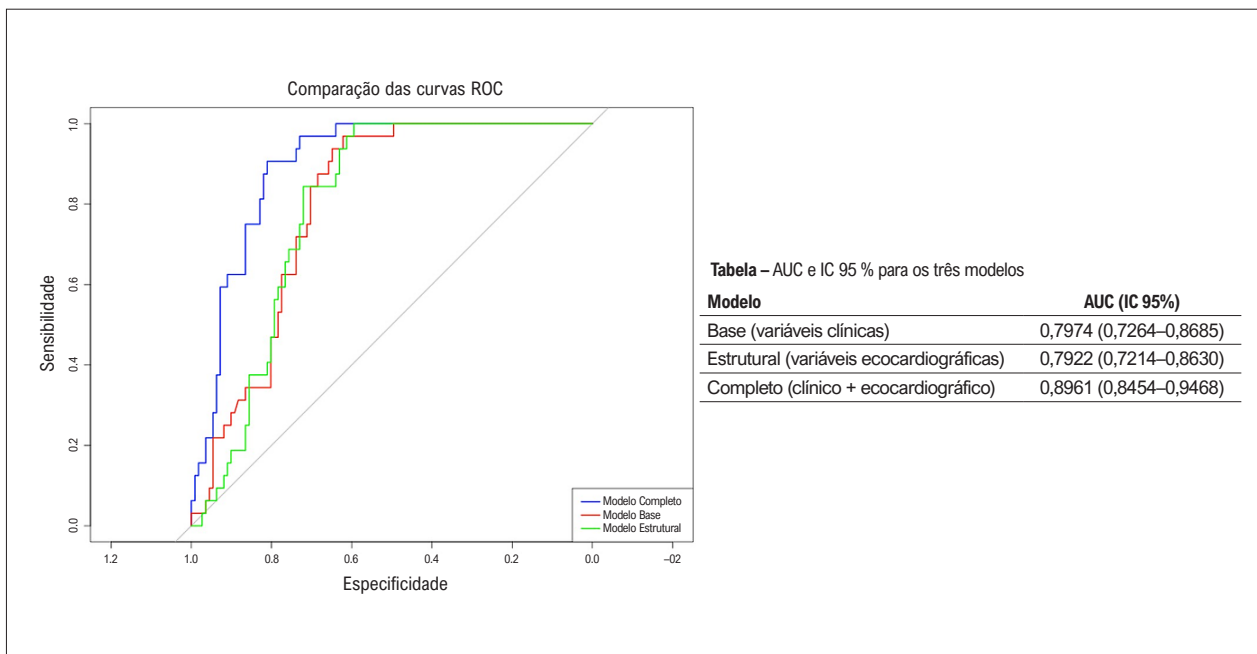


Figura 3 – Comparação das curvas ROC dos modelos clínico, ecocardiográfico e combinado. AUC: área sob a curva; ROC: característica de operação do receptor

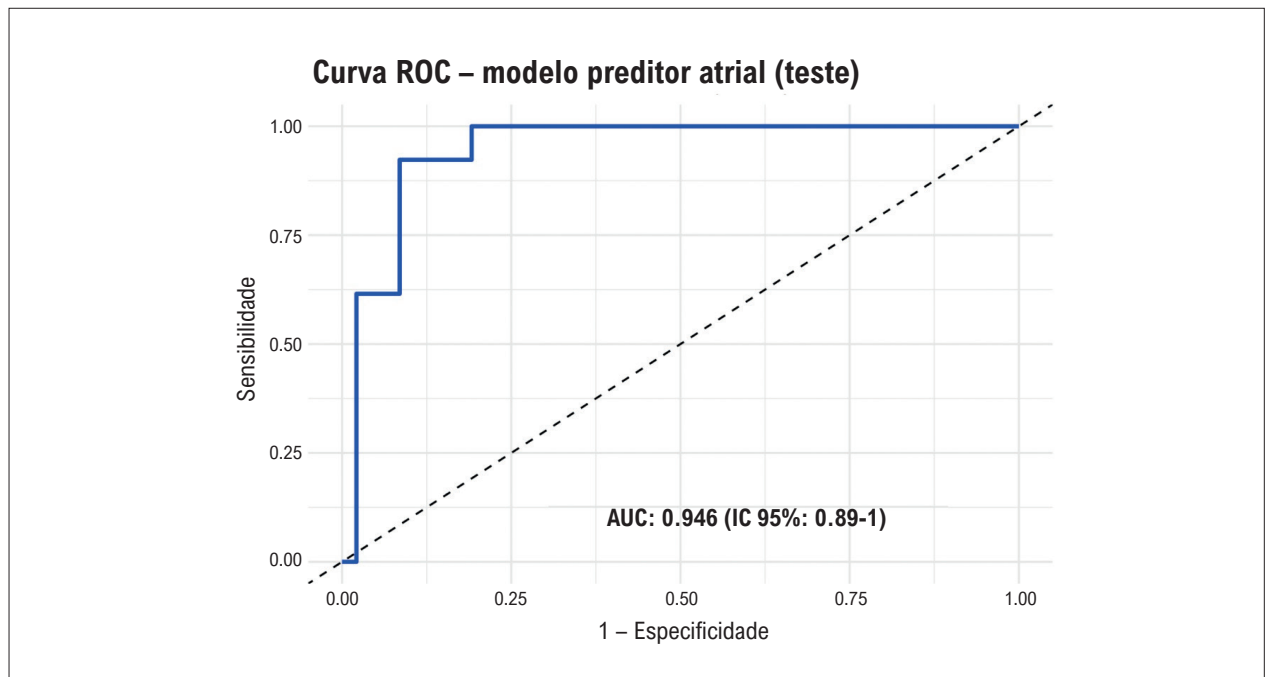


Figura 4 – Curva ROC do modelo preditivo de etiologia atrial no conjunto de teste. AUC: área sob a curva; ROC: característica de operação do receptor

Nesse contexto, a diferenciação em tempo real da IMFA em relação a outras formas de IM permanece desafiadora. O escore proposto incorpora variáveis validadas em grandes registros, como o NEDA, e pode ser calculado durante a avaliação ecocardiográfica, padronizando a classificação etiológica e facilitando o encaminhamento precoce para avaliação pela eletrofisiologia ou por *heart team*, particularmente em centros sem acesso a imagem tridimensional avançada ou com expertise variável.⁴ Como ferramenta de triagem, o modelo pode auxiliar na identificação da IMFA e orientar decisões clínicas, incluindo a consideração de estratégias de controle do ritmo, como a ablação por cateter, ou a otimização do tratamento da insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada, com potenciais implicações para o seguimento e os desfechos clínicos.

A consistência interna foi avaliada por meio de uma estratégia de validação do tipo *hold-out*, reservando-se 30% da amostra para teste independente. Essa abordagem permite avaliar o desempenho preditivo em dados não utilizados na derivação do modelo, reduzindo o risco de sobreajuste e sustentando a generalização interna. Entretanto, a dependência de uma única coorte limita a avaliação da estabilidade dos coeficientes e pode subestimar a variabilidade entre diferentes populações. Validações adicionais em coortes externas serão necessárias para confirmar a confiabilidade e ampliar a aplicabilidade clínica do modelo.

4.1 Limitações do estudo

Este estudo não incorporou biomarcadores séricos (por exemplo, peptídeo natriurético tipo B N-terminal),

medidas de strain atrial, parâmetros eletrocardiográficos ou quantificação tridimensional do anel mitral. Esses domínios adicionais podem fornecer informações incrementais sobre o remodelamento atrial e a carga hemodinâmica, com potencial para aprimorar o desempenho discriminativo do algoritmo. Estudos futuros devem avaliar o impacto desses marcadores na acurácia diagnóstica e na reprodutibilidade do modelo em diferentes cenários clínicos.¹² Ademais, diretrizes internacionais recomendam a integração de variáveis adicionais na avaliação da regurgitação valvar, o que reforça sua relevância para a prática clínica.¹⁵

Embora diversos estudos multicêntricos tenham comparado a IMFA exclusivamente com a IMFV, a presente análise utilizou todas as etiologias não atriais, incluindo a insuficiência mitral primária, como grupo de referência.^{19,20} Essa abordagem baseou-se em duas considerações práticas: o número limitado de casos isolados de IMFV, que comprometeria o poder estatístico nas fases de treinamento e teste, e a intenção de avaliar o desempenho do modelo em um cenário de mundo real, caracterizado por apresentações clínicas, anatômicas e funcionais heterogêneas da IM. Reconhecemos que tal heterogeneidade pode atenuar a capacidade do modelo de distinguir diferenças sutis entre subtipos funcionais, limitando inferências fisiopatológicas específicas.

Do ponto de vista metodológico, considerando o número de eventos observados (45 casos de IMFA) e o número de preditores incluídos no modelo final (seis variáveis), a razão eventos-por-variável situa-se no limite inferior das recomendações convencionais para regressão logística, o que pode aumentar o risco de sobreajuste. Esse risco foi mitigado

por meio da seleção parcimoniosa de preditores com forte plausibilidade clínica e ecocardiográfica, bem como por avaliação sistemática de colinearidade. Além disso, a elevada AUC observada na amostra de teste (0,946) deve ser interpretada com cautela, uma vez que foi derivada de um número limitado de eventos nesse subconjunto ($n = 13$), o que aumenta a incerteza e a possibilidade de superestimação do desempenho. Dessa forma, esses achados devem ser considerados exploratórios e requerem confirmação em coortes externas independentes.

Conclusão

A derivação e validação de um modelo multivariável para predição de IMFA pode ser clinicamente útil. Diante das limitações das medidas isoladas do anel mitral para fins diagnósticos, a integração de parâmetros ecocardiográficos e clínicos em um modelo unificado demonstrou potencial para reduzir a variabilidade diagnóstica, permitindo detecção mais precoce e intervenções oportunas que podem melhorar o prognóstico e o manejo de pacientes com IMFA.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e análise estatística: Souza AC; obtenção de dados: Souza AC, Pinheiro P; análise e interpretação dos dados: Souza AC, Filgueiras PHC; redação do manuscrito: Souza AC, Junqueira BMI, Drubi AS, Pinheiro P, Guedes RASP, Gomes LC; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Junqueira BMI, Sales MAM, Guedes RASP, Macêdo CT; ilustração: Filgueiras PHC, Carvalho YX.

Referências

- Zoghbi WA, Levine RA, Flachskampf F, Grayburn P, Gillam L, Leipsic J, et al. Atrial Functional Mitral Regurgitation: A JACC: Cardiovascular Imaging Expert Panel Viewpoint. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(11):1870-82. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.08.016.
- Dziadzko V, Dziadzko M, Medina-Inojosa JR, Benfari G, Michelena HI, Crestanello JA, et al. Causes and Mechanisms of Isolated Mitral Regurgitation in the Community: Clinical Context and Outcome. *Eur Heart J*. 2019;40(27):2194-202. doi: 10.1093/eurheartj/ehz314.
- Naser JA, Alexandrino FB, Harada T, Michelena HI, Borlaug BA, Eleid MF, et al. The Natural History of Atrial Functional Mitral Regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2024;83(16):1495-507. doi: 10.1016/j.jacc.2024.02.026.
- Moonen A, Ng MKC, Playford D, Strange G, Scalia GM, Celermajer DS. Atrial Functional Mitral Regurgitation: Prevalence, Characteristics and Outcomes from the National Echo Database of Australia. *Open Heart*. 2023;10(1):e002180. doi: 10.1136/openhrt-2022-002180.
- Danojevic S, De Raffe M, Niro L, Delgado V. Atrial Functional Mitral Regurgitation: Was this New Entity Needed?. *REC Interv Cardiol*. 2024;6(2):127-9. doi: 10.24875/RECIC.M24000443.
- Gertz ZM, Raina A, Saghy L, Zado ES, Callans DJ, Marchlinski FE, et al. Evidence of Atrial Functional Mitral Regurgitation due to Atrial Fibrillation: Reversal with Arrhythmia Control. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(14):1474-81. doi: 10.1016/j.jacc.2011.06.032.
- Silbiger JJ. Does Left Atrial Enlargement Contribute to Mitral Leaflet Tethering in Patients with Functional mitral Regurgitation? Proposed role of Atriogenic Leaflet Tethering. *Echocardiography*. 2014;31(10):1310-1. doi: 10.1111/echo.12629.
- Preto AS. Insuficiência Mitral Funcional Atrial. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2024;37(1):e20230097. doi: 10.36660/abcimg.20230097.
- Farhan S, Silbiger JJ, Halperin JL, Zhang L, Dukupati SR, Vogel B, et al. Pathophysiology, Echocardiographic Diagnosis, and Treatment of Atrial Functional Mitral Regurgitation: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2022;80(24):2314-30. doi: 10.1016/j.jacc.2022.09.046.
- Murata A, Kaneko T, Amano M, Sato Y, Ohno Y, Obokata M, et al. Qualitative and Quantitative Assessment of Atrial Functional Mitral Regurgitation: Analysis from the REVEAL-AFMR Registry. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2025;26(2):299-306. doi: 10.1093/ehjci/jeae288.
- 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.
- Deferm S, Bertrand PB, Verbrugge FH, Verhaert D, Rega F, Thomas JD, et al. Atrial Functional Mitral Regurgitation: JACC Review Topic of the Week. *J Am Coll Cardiol*. 2019;73(19):2465-76. doi: 10.1016/j.jacc.2019.02.061.
- Kagiyama N, Mondillo S, Yoshida K, Mandoli GE, Cameli M. Subtypes of Atrial Functional Mitral Regurgitation: Imaging Insights Into Their Mechanisms and Therapeutic Implications. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(3):820-35. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.01.040.
- Souza AC, Junqueira BMI, Drubi SA, Gomes LC, Freire MV, Pinheiro P, et al. Desempenho do Diâmetro do Anel Mitral no Diagnóstico da Etiologia Atrial na Insuficiência Mitral: Uma Análise Comparativa. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2025;38(1):e20240134. doi: 10.36660/abcimg.20240134i.

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 de tese de Doutorado de Alexandre Costa Souza pela Instituto Dor de ensino e pesquisa (I'Dor-RJ)

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Hospital São Rafael sob o número de protocolo 5722007. 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.

15. 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):561-32. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
16. Mesi O, Gad MM, Crane AD, Ramchand J, Puri R, Layoun H, et al. Severe Atrial Functional Mitral Regurgitation: Clinical and Echocardiographic Characteristics, Management and Outcomes. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(4):797-808. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.02.008.
17. Grigioni F, Clavel MA, Vanoverschelde JL, Tribouilloy C, Pizarro R, Huebner M, et al. The MIDA Mortality Risk Score: Development and External Validation of a Prognostic Model for Early and Late Death in Degenerative Mitral Regurgitation. *Eur Heart J*. 2018;39(15):1281-91. doi: 10.1093/eurheartj/ehx465.
18. Akamatsu K, Abe Y, Matsumura Y, Shimeno K, Naruko T, Takahashi Y, et al. Etiology of Atrial Functional Mitral Regurgitation: Insights from Transthoracic Echocardiography in 159 Consecutive Patients with Atrial Fibrillation and Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *Cardiology*. 2020;145(8):511-21. doi: 10.1159/000508279.
19. Kim K, Kitai T, Kaji S, Pak M, Toyota T, Sasaki Y, Ehara N, et al. Outcomes and Predictors of Cardiac Events in Medically Treated Patients with Atrial Functional Mitral Regurgitation. *Int J Cardiol*. 2020;316:195-202. doi: 10.1016/j.ijcard.2020.06.042.
20. Okamoto C, Okada A, Nishimura K, Moriuchi K, Amano M, Takahama H, et al. Prognostic Comparison of Atrial and Ventricular Functional Mitral Regurgitation. *Open Heart*. 2021;8(1):e001574. doi: 10.1136/openhrt-2021-001574.



Regurgitação Mitral Funcional de Causa Atrial: Busca por Critérios Diagnósticos

Functional Mitral Regurgitation of Atrial Origin: Search for Diagnostic Criteria

Minna Moreira Dias Romano¹ 

Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto,¹ Ribeirão Preto, SP – Brasil

Minieditorial referente ao artigo: Desenvolvimento e Validação de um Modelo Preditivo para Insuficiência Mitral Funcional Atrial

Identificar os diversos mecanismos de Regurgitação Mitral (RM) é essencial para a compreensão da doença, do prognóstico e do planejamento de abordagens terapêuticas estruturais. Recentemente, diversos estudos sobre valvopatias têm reconhecido a RM funcional. Essa estaria associada a repercussões da geometria cardíaca sobre o funcionamento da valva mitral, e não exatamente a agressões valvares primárias, como doenças reumáticas, degenerativas, endocardite ou congênitas.

Ainda, no grupo de pacientes com RM funcional, identifica-se um subgrupo que não apresenta dilatação nem disfunção do Ventrículo Esquerdo (VE).¹ Nesse subgrupo, o provável mecanismo da RM é o aumento crônico do Átrio Esquerdo (AE) e do anel valvar mitral, comumente associado à fibrilação atrial.² Estudos preliminares sugerem disfunção atrial esquerda associada, que pode ser mensurada pela análise da mecânica tecidual. Esses fatores provavelmente contribuem para a redução da superfície de coaptação dos bordos dos folhetos mitrais.

A avaliação ecocardiográfica do funcionamento, e não só das características patológicas dos componentes e do anel da valva mitral é essencial para a suspeita da RM, embora, em algumas vezes, o diagnóstico ainda seja subjetivo e por exclusão de outras causas. A Ecocardiografia (ECO), mesmo bidimensional, pode avaliar as dimensões do AE e a função atrial pela técnica de *Speckle Tracking*.³ Porém, uma análise mais detalhada da anatomia valvar, principalmente do anel, requer avaliações mais avançadas, como a ECO bidimensional

com imagens transesofágicas ou com imagens tridimensionais (3D).^{4,5} No entanto, a disponibilidade da ECO 3D ainda é limitada pelo custo do equipamento e de treinamento adequado de ecocardiografistas.

O estudo publicado nesta edição apresenta uma proposta de diagnóstico de RM atrial utilizando uma variável oriunda da ECO bidimensional, transesofágica. Essa não seria apenas o diâmetro linear do anel mitral, mas seu valor indexado pela superfície corporal. Porém, os pesquisadores não se limitaram a avaliar a capacidade diagnóstica de um único parâmetro, mas à combinação dos principais parâmetros, incluindo idade, presença de fibrilação atrial e de comorbidades como hipertensão arterial sistêmica, associados a parâmetros da ECO, como a fração de ejeção do VE e o volume indexado de AE, associado ao diâmetro indexado do anel. Com o uso de análises multivariadas e regressão logística, comparando-se o desempenho de modelos com o diagnóstico clínico consensual entre dois observadores, observou-se um bom desempenho do modelo que compõe todas as variáveis.

Assim, há uma proposta de modelo preditivo diagnóstico da RM atrial com base na combinação de variáveis clínicas e de ECO bidimensional. Os resultados apresentados representam uma proposta inicial, que futuramente poderá ser testada frente ao desempenho de variáveis da ECO 3D já validadas para esse diagnóstico. É preciso avaliar as RMs funcionais por meio de técnicas diagnósticas diversas a fim de se identificar esse subgrupo de RM atrial, peculiar quando comparada a RM de causa ventricular esquerda.

Palavras-chave

Insuficiência da Valva Mitral; Fibrilação Atrial; Ecocardiografia.

Correspondência: Minna Moreira Dias Romano •

Universidade de São Paulo, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto. Rua Carlos Rateb Cury, 697. CEP: 14110-000. Ribeirão Preto, SP – Brasil
E-mail: minna@fmrp.usp.br

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260008>

Referências

1. Zoghbi WA, Levine RA, Flachskampf F, Grayburn P, Gillam L, Leipsic J, et al. Atrial Functional Mitral Regurgitation: A JACC: Cardiovascular Imaging Expert Panel Viewpoint. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(11):1870-82. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.08.016.
2. Muraru D, Guta AC, Ochoa-Jimenez RC, Bartos D, Aruta P, Mihaila S, et al. Functional Regurgitation of Atrioventricular Valves and Atrial Fibrillation: An Elusive Pathophysiological Link Deserving Further Attention. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(1):42-53. doi: 10.1016/j.echo.2019.08.016.
3. Tang Z, Fan YT, Wang Y, Jin CN, Kwok KW, Lee AP. Mitral Annular and Left Ventricular Dynamics in Atrial Functional Mitral Regurgitation: A Three-Dimensional and Speckle-Tracking Echocardiographic Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(4):503-13. doi: 10.1016/j.echo.2018.11.009.
4. Kagiya N, Mondillo S, Yoshida K, Mandoli GE, Cameli M. Subtypes of Atrial Functional Mitral Regurgitation: Imaging Insights Into Their Mechanisms and Therapeutic Implications. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(3):820-35. doi: 10.1016/j.jcmg.2019.01.040.
5. Ito K, Abe Y, Takahashi Y, Shimada Y, Fukumoto H, Matsumura Y, et al. Mechanism of Atrial Functional Mitral Regurgitation in Patients with Atrial Fibrillation: A Study Using Three-Dimensional Transesophageal Echocardiography. *J Cardiol*. 2017;70(6):584-90. doi: 10.1016/j.jjcc.2017.03.013.



Complicações Cardiovasculares de Pacientes com COVID-19 e sua Relação com a Mortalidade: Uma Perspectiva Ecocardiográfica

Cardiovascular Complications in Patients with COVID-19 and Their Relationship with Mortality: An Echocardiographic Perspective

João Henrique Andrade de Almeida,¹^{ORCID} Gustavo Miranda de Azevedo Ferreira,²^{ORCID} Marina de Azevedo Martins Andrade,³^{ORCID} Heloísa Marceliano Nunes,⁴^{ORCID} Igor Brasil Costa⁴^{ORCID}

Universidade do Estado do Pará,¹ Belém, PA – Brasil

Centro Universitário do Estado do Pará,² Belém, PA – Brasil

FAMAZ,³ Belém, Pará – Brasil

Instituto Evandro Chagas,⁴ Ananindeua, PA – Brasil

Abstract

Background: Echocardiography plays a fundamental role in the diagnosis of cardiovascular diseases related to SARS-CoV-2 infection. Despite prior investigation in the literature, studies focusing on cardiovascular manifestations among patients from the Brazilian Legal Amazon region remain scarce.

Objectives: To identify cardiovascular complications of COVID-19 in patients admitted to a hospital in the North Region of Brazil and their potential association with mortality.

Methods: We conducted a retrospective cohort study including 25 medical records of adults diagnosed with COVID-19. These patients were admitted to a hospital in Belém, Pará, in Northern Brazil, between March 2020 and December 2020. Demographic and clinical characteristics, as well as echocardiographic findings, were extracted from the medical records. Statistical analyses were performed adopting a significance level of $\alpha < 0.05$. The project was approved by the Research Ethics Committee (approval number: 5.540.025).

Results: Among the 25 patients, 15 (60%) were male, with a mean age of 69.6 ± 14.4 years. Hypertension ($n = 23$; 92%) was the most prevalent cardiovascular risk factor, followed by diabetes ($n = 11$; 44%) and obesity ($n = 8$; 32%). We detected echocardiographic abnormalities in 20 (80%) individuals, with diastolic dysfunction being the most frequent ($n = 18$; 72%). All 7 patients who died showed abnormal echocardiography ($p > 0.05$). Atrial fibrillation or flutter ($n = 5$; 20%), decompensated heart failure ($n = 3$; 12%), and cardiogenic shock ($n = 2$; 8%) were the most common types of cardiovascular involvement.

Conclusions: An increasing trend in COVID-19 mortality was observed among patients with cardiovascular complications. Nevertheless, the statistical power was limited by the small sample size.

Palavras-chave: Doenças Cardiovasculares; Ecocardiografia; COVID-19; Mortalidade.

Abstract

Background: Echocardiography plays a fundamental role in the diagnosis of cardiovascular diseases related to SARS-CoV-2 infection. Despite prior investigation in the literature, studies focusing on cardiovascular manifestations among patients from the Brazilian Legal Amazon region remain scarce.

Objectives: To identify cardiovascular complications of COVID-19 in patients admitted to a hospital in the North Region of Brazil and their potential association with mortality.

Methods: We conducted a retrospective cohort study including 25 medical records of adults diagnosed with COVID-19. These patients were admitted to a hospital in Belém, Pará, in Northern Brazil, between March 2020 and December 2020. Demographic and clinical characteristics, as well as echocardiographic findings, were extracted from the medical records. Statistical analyses were performed adopting a significance level of $\alpha < 0.05$. The project was approved by the Research Ethics Committee (approval number: 5.540.025).

Correspondência: João Henrique Andrade de Almeida •

Universidade do Estado do Pará. Tv. Perebebuí, 2623. CEP: 66087-662. Marco, Belém, PA – Brasil

E-mail: joaohenriqueandrade@hotmail.com

Manuscrito recebido em 15/01/2026; revisado em 15/02/2026; aprovado em 01/03/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260005>

Results: Among the 25 patients, 15 (60%) were male, with a mean age of 69.6 ± 14.4 years. Hypertension ($n = 23$; 92%) was the most prevalent cardiovascular risk factor, followed by diabetes ($n = 11$; 44%) and obesity ($n = 8$; 32%). We detected echocardiographic abnormalities in 20 (80%) individuals, with diastolic dysfunction being the most frequent ($n = 18$; 72%). All 7 patients who died showed abnormal echocardiography ($p > 0.05$). Atrial fibrillation or flutter ($n = 5$; 20%), decompensated heart failure ($n = 3$; 12%), and cardiogenic shock ($n = 2$; 8%) were the most common types of cardiovascular involvement.

Conclusions: An increasing trend in COVID-19 mortality was observed among patients with cardiovascular complications. Nevertheless, the statistical power was limited by the small sample size.

Keywords: Cardiovascular Diseases; Echocardiography; COVID-19; Mortality.

Palavras-chave: Doenças Cardiovasculares; Ecocardiografia; COVID-19; Mortalidade.

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

Figura Central: Complicações Cardiovasculares de Pacientes com COVID-19 e sua Relação com a Mortalidade: Uma Perspectiva Ecocardiográfica



Pacientes com COVID-19: Uma Visão Ecocardiográfica

ECO ALTERADO X FORMAS CLÍNICAS

Entre Internados

80%

Entre Óbitos

100%

Disfunção Diastólica

72%

FA/Flutter Atrial

12%

Choque Cardiogênico

8%

IC Descompensada

20%

Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20260005

Comprometimento Cardiovascular de Pacientes com COVID-19 e sua Relação com a Mortalidade: Uma Visão Ecocardiográfica. ECO: ecocardiograma; FA: fibrilação atrial; IC: insuficiência cardíaca.

Introdução

primeiro caso de COVID-19 foi notificado em Wuhan, na China, em dezembro de 2019. Desde então, a doença disseminou-se globalmente, sendo declarada uma pandemia pela Organização Mundial da Saúde em 11 de março de 2020.¹

A pandemia provocada pelo SARS-CoV-2 tornou-se uma das maiores crises sanitárias da história da humanidade. Em 2022, a Organização Mundial da Saúde contabilizou 526.182.662 casos confirmados, com 6.286.057 mortes atribuídas à COVID-19.² Nessa conjuntura, o Brasil foi o 3º país com o maior número de casos (30.846.602) e o 2º país com a maior quantidade de óbitos (666.037). A região Norte teve inicialmente altas taxas de infecção e de mortalidade, apesar de ter sido posteriormente considerada a região com o menor número de casos e de mortes no Brasil.³

Em um estudo conduzido na China, estimou-se uma taxa de letalidade de 2,3% pela COVID-19, chegando a até

10,5% em pacientes com comorbidades cardiovasculares.⁴ Sob essa óptica, a infecção pelo SARS-CoV-2 tem sido associada a diversas complicações cardiovasculares, incluindo lesão aguda do miocárdio, arritmias cardíacas, miocardite e tromboembolismo venoso.⁵

Em vista das evidências, a ecocardiografia Doppler transtorácica tem sido considerada um exame de imagem crucial para a detecção das formas de comprometimento cardiovascular em pacientes com COVID-19.⁶ Durante o surto da doença, a ecocardiografia foi essencial, haja vista sua maior portabilidade em relação aos demais métodos de imagem, permitindo a sua realização à beira do leito, especialmente em pacientes críticos ou isolados.⁶

Ainda que as complicações cardiovasculares da infecção pelo SARS-CoV-2 já tenham sido exploradas por vários artigos científicos internacionais, há uma escassez significativa de dados provenientes da Região Norte do Brasil. Assim, este

estudo visou identificar as alterações cardiovasculares que acometeram indivíduos com COVID-19 internados em um hospital na Amazônia Legal e avaliar sua relação com a mortalidade pela doença.

Métodos

Aspectos éticos

Este estudo está em conformidade com a Resolução 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos do Instituto Evandro Chagas, sob o Parecer Nº 5.540.025, de 22 de julho de 2022.

A dispensa do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido se fundamenta no caráter deste estudo, com o uso exclusivo de dados anonimizados extraídos dos prontuários médicos e sem quaisquer interações diretas entre os pesquisadores e os sujeitos.

O pesquisador responsável e os demais colaboradores comprometeram-se a empregar os dados unicamente para os fins propostos, seguindo rigorosamente a Resolução CNS Nº 466/2012 e as suas complementares, com ênfase na garantia do sigilo e da confidencialidade dos dados coletados.

Caracterização do estudo

Trata-se de um estudo epidemiológico observacional com desenho longitudinal e retrospectivo para investigar as complicações cardiovasculares associadas à COVID-19 em pacientes hospitalizados submetidos à ecocardiografia Doppler transtorácica.

Esta pesquisa de coorte retrospectiva foi elaborada em observância às recomendações STROBE.

Local e população do estudo

O estudo foi realizado em um hospital localizado no município de Belém, no estado do Pará, na Região Norte do Brasil. A coleta de dados foi efetuada a partir dos prontuários dos pacientes internados no local entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Crterios de inclusão e de exclusão

Foram incluídos pacientes de ambos os sexos, com idade superior ou igual a 18 anos, admitidos em um hospital com um diagnóstico de infecção pulmonar pelo SARS-CoV-2 e que foram submetidos à ecocardiografia Doppler transtorácica durante a internação. Excluíram-se os prontuários com dados insuficientes para a análise proposta.

Diagnóstico de COVID-19

Nesta pesquisa, os pacientes foram testados para SARS-CoV-2 por meio da reação em cadeia da polimerase com transcriptase reversa (RT-PCR) em tempo real, considerada o método de eleição para o diagnóstico da COVID-19.

Contudo, nos casos em que a RT-PCR não estava

registrada, optou-se por considerar as Definições Operacionais do Ministério da Saúde de 2021 para confirmação de casos positivos.⁷

Complicações cardiovasculares

As complicações cardiovasculares de COVID-19 abrangeram o choque cardiogênico, a insuficiência cardíaca descompensada, a miocardite, a pericardite e as arritmias cardíacas.

Achados ecocardiográficos

A ecocardiografia Doppler transtorácica foi feita por meio de máquinas de ultrassom portáteis com o aparelho CX50 (Philips Medical Systems), amplamente empregado em outras pesquisas de escopo similar.

As medições seguiram as diretrizes da Sociedade Americana de Ecocardiografia e da Associação Europeia de Imagiologia Cardiovascular.^{8,9} A mediana de dias entre a admissão hospitalar e a realização do exame foi de 6 dias.

Coleta de dados

As variáveis avaliadas remetem-se à história clínica progressiva, aos fatores de risco cardiovascular, às doenças cardiovasculares prévias à infecção pelo SARS-CoV-2, bem como os achados ecocardiográficos relacionados às complicações cardiovasculares e dos desfechos clínicos.

Destaca-se que uma parcela dos prontuários selecionados não dispunha dos resultados dos eletrocardiogramas. Logo, a identificação das arritmias cardíacas foi feita ocasionalmente pelo diagnóstico descritivo, não necessariamente pela análise do traçado eletrocardiográfico.

Análise dos dados

Os dados foram organizados em uma planilha no Microsoft Excel. As frequências absoluta e relativa das variáveis clínico-epidemiológicas foram descritas. As variáveis contínuas foram expressas como média \pm desvio-padrão.

O teste exato de Fisher foi aplicado para investigar as possíveis associações entre as complicações cardiovasculares, os achados ecocardiográficos e os desfechos clínicos. A análise estatística foi feita no software Bioestat (versão 5.3), adotando-se o valor de $\alpha < 0,05$ como critério de significância estatística.

Resultados

Inicialmente, 284 ecocardiografias foram analisadas. Destes, 192 foram efetuadas em pacientes internados. Os demais exames, de caráter eletivo, feitos em contexto ambulatorial, foram excluídos. Entre os remanescentes, apenas 25 fichas de internação possuíam o registro de COVID-19, constituindo a amostra final deste estudo.

A coleta dos dados, então, foi realizada por intermédio da análise dos prontuários desses 25 pacientes hospitalizados com COVID-19 que foram submetidos à ecocardiografia Doppler transtorácica durante a internação hospitalar.

Entre os 25 prontuários avaliados, 60% (15/25) eram de pacientes do sexo masculino, ao passo que 40% do feminino (10/25). A média de idade dos examinados foi de $69,6 \pm 14,4$ anos. A Figura 1 dispõe os dados relativos à idade dos participantes desta pesquisa.

Os fatores de risco cardiovascular constatados por ocasião da internação hospitalar são exibidos na Tabela 1.

Na Tabela 2, apontam-se as formas de comprometimento cardiovascular, conforme as suas alterações ecocardiográficas e as suas manifestações clínicas, bem como a sua associação com a taxa de mortalidade dos pacientes.

Na Figura 2, evidenciam-se os desfechos relacionados ao número de óbitos e às altas hospitalares.

Os achados ecocardiográficos são associados às formas clínicas de comprometimento cardiovascular na Tabela 3.

Na Tabela 4, expõe-se a associação entre as alterações ecocardiográficas e os desfechos clínicos, fornecendo dados importantes sobre o prognóstico dos participantes desta pesquisa.

Os dados mais relevantes foram resumidos na Figura Central.

Discussão

Com a análise estatística dos dados extraídos dos prontuários, foi possível caracterizar o perfil da amostra.

Dos pacientes selecionados, 60% eram do sexo masculino e 40% do sexo feminino, tendo uma idade média de $69,6 \pm 14,4$ anos. A predominância do sexo masculino (71,4%) entre os óbitos registrados concorda com um estudo semelhante,¹⁰ apontando tal gênero como um possível marcador de mortalidade.

Entre os participantes da pesquisa, 92% foram previamente diagnosticados com hipertensão arterial, 44% com diabetes mellitus e 32% com obesidade. Surpreendentemente, a proporção de hipertensos deste estudo foi muito superior à de outras investigações, que variaram de 57% a 69%.¹¹⁻¹⁴ Uma possível justificativa é a maior prevalência da doença em Belém do que nos locais onde os estudos citados foram realizados.

No que tange às anormalidades cardíacas detectadas pela ecocardiografia, 80% dos exames revelaram alterações. O principal achado ecocardiográfico foi a disfunção diastólica, prevalente em 72% dos participantes. Essa frequência, porém, é superior à verificada em um estudo mais estatisticamente robusto, em que somente 16% apresentaram disfunção diastólica.¹¹ Por outro lado, tal diferença pode refletir a maior prevalência de comorbidades na amostra deste estudo, particularmente hipertensão arterial e diabetes mellitus.

Em nenhum dos pacientes sem alterações à ecocardiografia houve evidências de flutter ou fibrilação atrial, insuficiência cardíaca ou choque cardiogênico. Todavia, essas condições foram respectivamente diagnosticadas em 25%, 15% e 10% dos indivíduos que apresentavam anormalidades ecocardiográficas. Ainda que as complicações cardiovasculares se restrinjam ao grupo com achados ecocardiográficos, não é possível inferir uma associação estatisticamente significativa ($p > 0,05$).

A taxa de mortalidade foi de 28%. Tal porcentagem é superior às de 20% e de 15% constatadas em estudos semelhantes,^{15,16} mas inferior às de 32% e de 38% verificadas em outras pesquisas,^{14,17} o que pode ser atribuído ao uso de critérios de gravidade distintos.

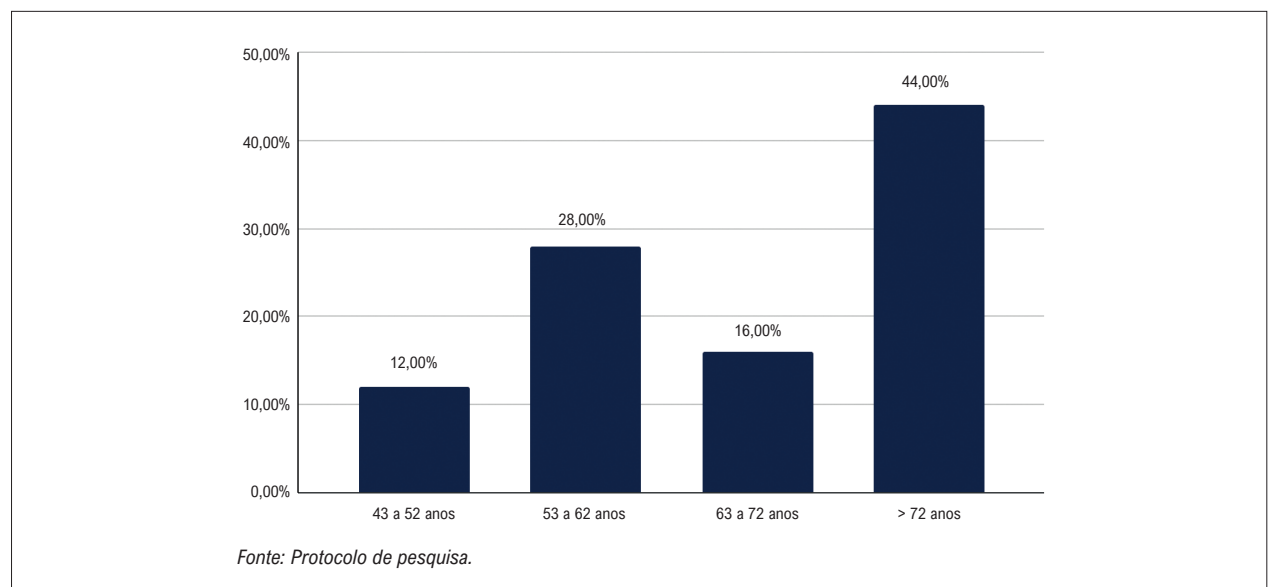


Figura 1 – Distribuição da população pesquisada por idade, internada no Hospital Guadalupe, em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Tabela 1 – Fatores de risco cardiovascular identificados nos pacientes hospitalizados pela COVID-19, no Hospital Guadalupe, em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Fatores de risco cardiovasculares	N = 25	%
Hipertensão arterial sistêmica	23	92,0
Diabetes mellitus	11	44,0
Obesidade	8	32,0
Doença arterial coronariana	7	28,0
Arritmias cardíacas	4	16,0
Tabagismo prévio	3	12,0
Insuficiência cardíaca	1	4,0
Doença de Alzheimer	1	4,0
Asma	1	4,0
DPOC, fibrose pulmonar	1	4,0
Doença renal crônica	1	4,0

Fonte: Protocolo de pesquisa. DPOC: doença pulmonar obstrutiva crônica. %: Frequência; N: Prontuários analisados.

Tabela 2 – Alterações clínicas e ecocardiográficas e sua associação com a taxa de mortalidade dos pacientes internados pela COVID-19, no Hospital Guadalupe, em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Comprometimento cardiovascular	Alta (n = 18)	%	Óbito (n = 7)	%	Total (n = 25)	%	Valor de p
Ecocardiograma alterado							
Sim	13	72,2	7	100,0	20	80,0	0,2743
Não	5	27,8	–	–	5	20,0	
FA/flutter atrial							
Sim	2	11,1	3	42,9	5	20,0	0,113
Não	16	88,9	4	57,1	20	80,0	
IC descompensada							
Sim	1	5,6	2	28,6	3	12,0	0,1796
Não	17	94,4	5	71,4	22	80,0	
Choque cardiogênico							
Sim	–	–	2	28,6	2	8,0	0,07
Não	18	100,0	5	71,4	23	92,0	

Fonte: Protocolo de pesquisa. Sinal convencional utilizado (–) indica dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento. FA: fibrilação atrial; IC: insuficiência cardíaca. %: Frequência; N: Prontuários analisados. * Teste exato de Fisher.

Todos os óbitos (100%) ocorreram em pacientes com alterações à ecocardiografia, apontando uma tendência cuja validade é limitada pelo baixo tamanho amostral.

O derrame pericárdico tem sido descrito como uma das alterações patológicas mais comuns da infecção pelo SARS-CoV-2, resultando de uma pericardite. Curiosamente, sequer um caso de derrame pericárdico foi identificado nos participantes deste estudo, diferindo dos 30% registrados por outro similar.¹⁸ É provável que tal inconsistência seja resultante da maior gravidade da amostra daquele estudo.

Conclusões

A maioria dos casos dos pacientes internados pela COVID-19 analisados neste estudo teve uma ecocardiografia alterada. O achado mais comum foi a disfunção diastólica. Entre aqueles que vieram à óbito, pelo menos uma anormalidade ecocardiográfica foi detectada.

As complicações cardiovasculares observadas incluíram fibrilação e flutter atrial, insuficiência cardíaca descompensada e choque cardiogênico. Estas, porém, não se fizeram presentes naqueles com uma ecocardiografia normal.

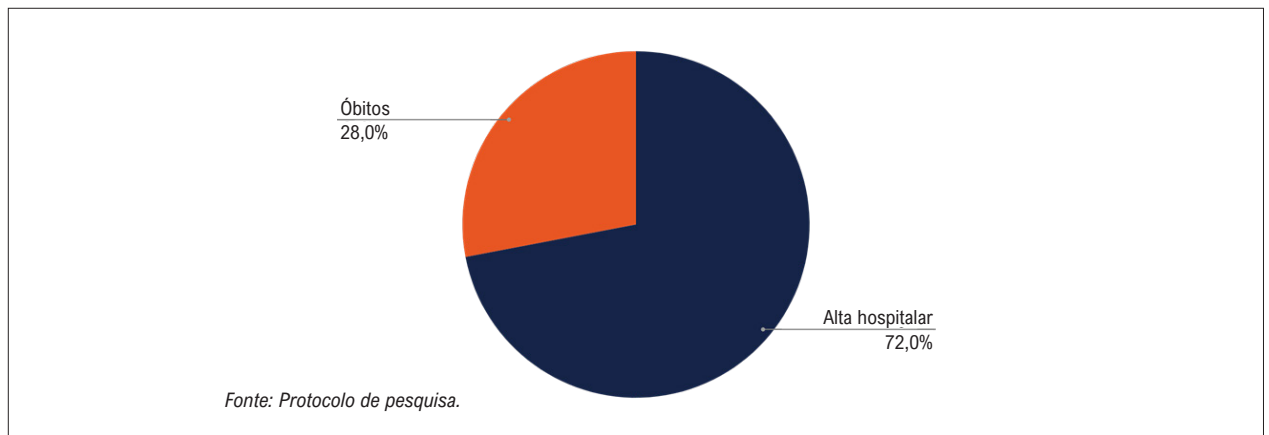


Figura 2 – Desfechos relacionados ao número de óbitos e à alta hospitalar de pacientes hospitalizados pela COVID-19, em um hospital em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Tabela 3 – Associação entre complicações cardiovasculares e presença de alterações ecocardiográficas em pacientes hospitalizados pela COVID-19, em um hospital em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Comprometimento cardiovascular	Normal (n = 5)	%	Alterado (n = 20)	%	Total (n = 25)	%	Valor de p
FA/flutter atrial							
Sim	–	–	5	25,0	5	20,0	0,544
Não	5	100,0	15	75,0	20	80,0	
IC descompensada							
Sim	–	–	3	15,0	3	12,0	0,587
Não	5	100,0	17	85,0	22	88,0	
Choque cardiogênico							
Sim	–	–	2	10,0	2	8,0	1,0
Não	5	100,0	18	90,0	23	92,0	

Fonte: Protocolo de pesquisa. Sinal convencional utilizado (–) indica dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento. FA: fibrilação atrial; IC: insuficiência cardíaca. %: Frequência; N: Prontuários analisados. * Teste exato de Fisher

Embora seja possível inferir uma provável tendência de elevação da mortalidade pela infecção pelo SARS-CoV-2 em pacientes que sofreram complicações cardiovasculares, o baixo tamanho amostral desta pesquisa prejudica a força estatística das associações. Dessa maneira, este estudo assume um caráter exploratório ao retratar a realidade da Região Norte do Brasil em meio à pandemia de COVID-19.

Agradecimentos

Agradecemos ao Hospital Guadalupe pela autorização para a realização da coleta de dados nas suas dependências.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Almeida JHA, Ferreira GMA, Andrade MAM, Nunes HM, Costa IB; obtenção de dados: Almeida JHA, Andrade MAM; análise e interpretação dos dados: Almeida JHA, Ferreira GMA; análise estatística:

Almeida JHA; redação do manuscrito: Almeida JHA, Ferreira GMA, Andrade MAM; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Ferreira GMA, Nunes HM, Costa IB; formatação do manuscrito: Ferreira GMA; orientação: Nunes HM; coorientação: Costa IB.

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 de dissertação de Mestrado de João Henrique Andrade de Almeida pela Instituto Evandro Chagas.

Tabela 4 – Associação entre alterações ecocardiográficas e desfechos de pacientes hospitalizados pela COVID-19, em um hospital em Belém (PA), entre março de 2020 e dezembro de 2020.

Alterações	Alta n = 18	%	Óbito n = 7	%	Total n = 25	%	Valor de p
Disfunção diastólica							
Sim	12	66,67	6	85,7	18	72,0	0,6257
Não	6	33,33	1	14,3	7	28,0	
Dilatação atrial esquerda							
Sim	5	27,78	3	42,9	8	32,0	0,6395
Não	13	72,22	4	57,1	17	68,0	
Hipertrofia							
Sim	5	27,78	2	28,6	7	28,0	0,9931
Não	13	72,22	5	71,4	18	72,0	
Dilatação raiz da aorta							
Sim	3	16,67	0	0	3	12,0	0,5343
Não	15	83,33	7	100,0	22	88,0	
Disfunção segmentar							
Sim	–	–	2	28,6	2	8,0	0,07
Não	18	100	5	71,4	23	92,0	
Elevação da PSAP							
Sim	1	5,556	1	14,3	2	8,0	0,49
Não	17	94,44	6	85,7	23	92,0	
Disfunção sistólica							
Sim	–	–	1	14,3	1	4,0	0,28
Não	18	100	6	85,7	24	96,0	
Dilatação atrial direita							
Sim	1	5,556	0	0	1	4,0	1,0
Não	17	94,44	7	100,0	24	96,0	

Fonte: Protocolo de pesquisa. Sinal convencional utilizado (–) indica dado numérico igual a zero, não resultante de arredondamento. PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar. %: Frequência; N: Prontuários analisados. * Teste exato de Fisher

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Instituto Evandro Chagas sob o número de protocolo 5.540.025. 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. Dong E, Du H, Gardner L. An Interactive Web-Based Dashboard to Track COVID-19 in Real Time. *Lancet Infect Dis.* 2020;20(5):533-4. doi: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
2. World Health Organization. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [Internet]. Geneva: WHO; 2025 [cited 2026 Mar 20]. Available from: <https://covid19.who.int/>.

3. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Doença pelo Novo Coronavírus – COVID-19: Boletim Epidemiológico Especial. Brasília: Ministério da Saúde; 2022.
4. Wu Z, McGoogan JM. Characteristics of and Important Lessons from the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Outbreak in China: Summary of a Report of 72 314 Cases from the Chinese Center for Disease Control and Prevention. *JAMA*. 2020;323(13):1239-42. doi: 10.1001/jama.2020.2648.
5. Driggin E, Madhavan MV, Bikdeli B, Chuich T, Laracy J, Biondi-Zoccai G, et al. Cardiovascular Considerations for Patients, Health Care Workers, and Health Systems during the COVID-19 Pandemic. *J Am Coll Cardiol*. 2020;75(18):2352-71. doi: 10.1016/j.jacc.2020.03.031.
6. Coelho-Filho OR, PINTO IM, VIEIRA MLC. Cardiovascular Imaging in COVID-19. *Rev Soc Cardiol Estado de São Paulo* 2020;30(4):490-7. doi: 10.29381/0103-8559/20203004490-7.
7. Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de Vigilância Epidemiológica: Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional pela Doença pelo Coronavírus 2019 – COVID-19. Brasília: Ministério da Saúde; 2021.
8. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(1):1-39.e14. doi: 10.1016/j.echo.2014.10.003.
9. Argulian E, Sud K, Vogel B, Bohra C, Garg VP, Talebi S, et al. Right Ventricular Dilation in Hospitalized Patients with COVID-19 Infection. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(11):2459-61. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.05.010.
10. Schröder J, Kahlke V, Staubach KH, Zabel P, Stüber F. Gender Differences in Human Sepsis. *Arch Surg*. 1998;133(11):1200-5. doi: 10.1001/archsurg.133.11.1200.
11. Churchill TW, Bertrand PB, Bernard S, Namasivayam M, Churchill J, Crousillat D, et al. Echocardiographic Features of COVID-19 Illness and Association with Cardiac Biomarkers. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(8):1053-4. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.028.
12. Jain SS, Liu Q, Raikhelkar J, Fried J, Elias P, Poterucha TJ, et al. Indications for and Findings on Transthoracic Echocardiography in COVID-19. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(10):1278-84. doi: 10.1016/j.echo.2020.06.009.
13. Jarori U, Maatman TK, Maatman B, Mastouri R, Sawada SG, Khemka A. Mitral Annular Plane Systolic Excursion: An Early Marker of Mortality in Severe COVID-19. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(11):1411-3. doi: 10.1016/j.echo.2020.08.012.
14. Sud K, Vogel B, Bohra C, Garg V, Talebi S, Lerakis S, et al. Echocardiographic Findings in Patients with COVID-19 with Significant Myocardial Injury. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(8):1054-5. doi: 10.1016/j.echo.2020.05.030.
15. Mahmoud-Elsayed HM, Moody WE, Bradlow WM, Khan-Kheil AM, Senior J, Hudsmith LE, et al. Echocardiographic Findings in Patients with COVID-19 Pneumonia. *Can J Cardiol*. 2020;36(8):1203-7. doi: 10.1016/j.cjca.2020.05.030.
16. Li Y, Li H, Zhu S, Xie Y, Wang B, He L, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Strain in Patients with COVID-19. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(11):2287-99. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.014.
17. Szekely Y, Lichter Y, Taieb P, Banai A, Hochstadt A, Merdler I, et al. Spectrum of Cardiac Manifestations in COVID-19: A Systematic Echocardiographic Study. *Circulation*. 2020;142(4):342-53. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.120.047971.
18. Santos BMD, Sacilotto L. Cardiac Arrhythmias and COVID-19: Side-by-Side in the Pandemic. *Arq Bras Cardiol*. 2021;117(5):1016-7. doi: 10.36660/abc.20210810.



Correlação Entre o Venous Excess *Ultrasound* e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada

Correlation Between Venous Excess Ultrasound and N-Terminal Pro-B-Type Natriuretic Peptide Levels in Patients With Acute Decompensated Heart Failure

Marcella Pereira Flores,^{1,2} Alexandre Costa Souza,^{1,2} Marcus Vinicius Silva Freire de Carvalho,^{1,2} Rodrigo Morel Vieira de Melo,^{1,2} Lívia Rodrigues Sampaio Cavalcante,^{1,2} Natália Duarte Barroso,^{1,2} Yuri Xavier de Carvalho,^{1,2} Raisal Mainarte Franco Barros,^{1,2} Clara Talita Silva Lobo,^{1,2} Adriano Chaves de Almeida Filho,^{1,2}

Hospital São Rafael,¹ Salvador, BA – Brasil

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

Resumo

Fundamento: O escore *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) tem sido proposto como um método ultrassonográfico para avaliação da congestão venosa sistêmica em pacientes com insuficiência cardíaca aguda descompensada (ICAD). Entretanto, a relação entre o VExUS e o biomarcador fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B (NT-proBNP) ainda não está claramente estabelecida na literatura.

Objetivos: Avaliar a correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP em pacientes com ICAD.

Métodos: Estudo observacional retrospectivo que incluiu 117 pacientes hospitalizados por ICAD. A congestão venosa sistêmica foi avaliada por meio do escore VExUS, e os níveis séricos de NT-proBNP foram obtidos a partir de registros laboratoriais. A comparação entre os grupos foi realizada pelo teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn para comparações múltiplas. A força de associação entre as variáveis foi analisada pelo coeficiente de correlação de Spearman.

Resultados: Houve aumento progressivo dos níveis de NT-proBNP conforme a gravidade do VExUS aumentava, com medianas de 2.890 pg/ml (VExUS 0), 4.700 pg/ml (VExUS 1), 5.430 pg/ml (VExUS 2) e 13.200 pg/ml (VExUS 3). A análise estatística demonstrou diferença significativa entre os grupos (Kruskal-Wallis: $\chi^2 = 39.18$; $p < 0.0001$). O teste de Dunn indicou que pacientes com VExUS 3 apresentaram níveis de NT-proBNP significativamente mais elevados em comparação aos demais grupos ($p < 0.01$). Observou-se correlação moderada e positiva entre as variáveis (coeficiente de Spearman $\rho = 0.567$; $p < 0.0001$).

Conclusão: Os resultados indicam que o escore VExUS apresenta associação com os níveis de NT-proBNP e pode ser integrado ao raciocínio clínico na avaliação da congestão venosa em pacientes com ICAD.

Palavras-chave: Insuficiência Cardíaca; Ultrassom; Pacientes Internados.

Abstract

Background: The *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) score has been proposed as an ultrasonographic method for assessing systemic venous congestion in patients with acute decompensated heart failure (ADHF). However, the relationship between VExUS and the biomarker N-terminal pro-B-type natriuretic peptide (NT-proBNP) remains unclear in literature.

Objectives: To evaluate the correlation between the VExUS score and serum NT-proBNP levels in patients with ADHF.

Methods: This retrospective observational study included 117 patients hospitalized with ADHF. Systemic venous congestion was assessed using the VExUS score, and serum NT-proBNP levels were obtained from laboratory records. Comparisons between groups were performed using the Kruskal-Wallis test, followed by Dunn's test for multiple comparisons. The strength of association between variables was analyzed using Spearman's correlation coefficient.

Correspondência: Marcella Pereira Flores •

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

E-mail: marcellapflavigne@gmail.com

Manuscrito recebido em 13/02/2026; revisado em 23/02/2026; aprovado em 23/02/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

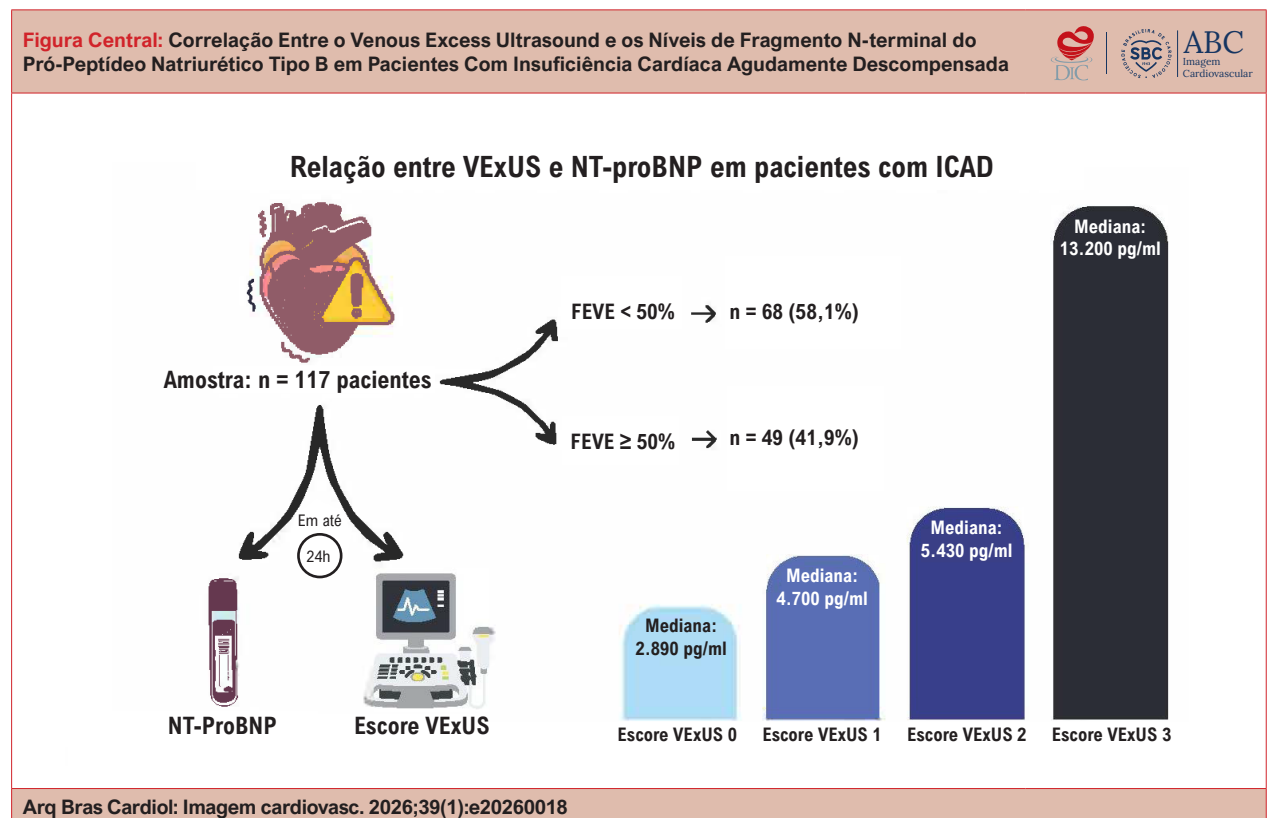
DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260018>

Results: NT-proBNP levels increased progressively with increasing VExUS severity, with median values of 2,890 pg/mL (VExUS 0), 4,700 pg/mL (VExUS 1), 5,430 pg/mL (VExUS 2), and 13,200 pg/mL (VExUS 3). Statistical analysis demonstrated a significant difference between groups (Kruskal-Wallis: $\chi^2 = 39.18$; $p < 0.0001$). Dunn's test indicated that patients with VExUS 3 had significantly higher NT-proBNP levels compared with the other groups ($p < 0.01$). A moderate positive correlation was observed between the variables (Spearman's coefficient $\rho = 0.567$; $p < 0.0001$).

Conclusion: The results indicate that the VExUS score is associated with NT-proBNP levels and may be integrated into clinical reasoning when assessing venous congestion in patients with ADHF.

Keywords: Heart Failure; Ultrasonics; Inpatients.

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



Correlação Entre o Venous Excess Ultrasound e os Níveis de Peptídeo Natriurético Tipo B N-Terminal em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada. FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; ICAD: insuficiência cardíaca agudamente descompensada; NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

Introdução

A insuficiência cardíaca (IC) é uma condição altamente prevalente em todo o mundo, afetando mais de 64 milhões de pessoas e associada a impacto significativo na morbidade, na mortalidade e nos custos em saúde.¹ Nas últimas décadas, observou-se aumento contínuo tanto na incidência quanto na complexidade clínica da IC, acompanhado por maior número de hospitalizações e piores desfechos em diferentes populações.² A recorrência de hospitalizações após episódios de descompensação é frequente, ocorrendo em aproximadamente metade dos pacientes durante o seguimento inicial, o que amplia a demanda por acompanhamento especializado.³

O reconhecimento precoce de sinais de hipervolemia é fundamental no manejo da IC agudamente descompensada (ICAD), especialmente em serviços de emergência e em unidades cardiológicas de cuidados especializados. A identificação precisa da congestão permite intervenções terapêuticas oportunas, reduz o risco de deterioração hemodinâmica e está associada a melhores desfechos clínicos. No ambiente hospitalar, a avaliação sistemática do estado volêmico é determinante para orientar decisões relacionadas ao uso de diuréticos, ao ajuste de terapias guiadas por perfusão e à necessidade de suporte avançado, contribuindo para maior segurança e efetividade do tratamento.^{4,5}

Entre os exames complementares utilizados na avaliação da ICAD, o fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético

tipo B (NT-proBNP) desempenha papel relevante na caracterização da congestão e na estratificação prognóstica. Níveis elevados desse biomarcador estão associados à maior gravidade clínica, ao aumento do risco de eventos adversos e à maior probabilidade de re-hospitalização, o que reforça sua utilidade no acompanhamento de pacientes durante a internação e no momento da alta.⁶

O ultrassom *point-of-care* (POCUS, em inglês) tem se destacado como ferramenta complementar na avaliação da congestão em pacientes com ICAD, pois permite a análise direta de estruturas venosas e fornece informações adicionais ao exame clínico e aos marcadores laboratoriais. Nesse contexto, o escore *Venous Excess Ultrasound* (VExUS) foi proposto como método estruturado para quantificar a congestão venosa sistêmica, integrando achados da veia cava inferior e dos padrões de fluxo venoso hepático, portal e renal.⁷ Estudos recentes demonstram que o VExUS pode auxiliar na identificação de congestão residual e contribuir para decisões terapêuticas durante a internação.⁸ Além disso, o POCUS apresenta concordância interobservador satisfatória na avaliação de parâmetros venosos, o que reforça sua utilidade em serviços de emergência e em unidades cardiológicas.⁸

Apesar dos avanços no uso do POCUS e da crescente aplicação do escore VExUS na avaliação da congestão venosa sistêmica, a relação entre esse método e marcadores laboratoriais amplamente utilizados na prática clínica, como o NT-proBNP, ainda é pouco explorada. A compreensão dessa possível associação pode contribuir para aprimorar a caracterização do estado volêmico em pacientes com ICAD. Assim, o presente estudo teve como objetivo avaliar a correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP em pacientes internados por ICAD.

Métodos

Desenho do estudo e população

Estudo observacional de corte transversal conduzido com pacientes admitidos por ICAD. A amostra incluiu 117 pacientes hospitalizados, todos avaliados quanto à congestão venosa sistêmica por meio do escore VExUS e submetidos à dosagem sérica do biomarcador NT-proBNP.

A avaliação ultrassonográfica e a coleta laboratorial foram realizadas nas primeiras 24 horas após a admissão no pronto-socorro de um hospital terciário de referência na cidade de Salvador, estado da Bahia, no período de novembro de 2023 a dezembro de 2024.

Foram excluídos pacientes sem registro completo do exame ultrassonográfico necessário para determinação do escore VExUS, sem dosagem disponível de NT-proBNP no período estabelecido ou com diagnóstico de doença hepática avançada, devido ao potencial de interferência nos parâmetros venosos analisados. Após aplicação desses critérios, a amostra final foi composta por 117 pacientes.

Avaliação clínica e definição de variáveis

Os dados clínicos foram obtidos por meio de revisão de prontuários, incluindo idade, sexo, fração de ejeção

do ventrículo esquerdo (FEVE) e perfil hemodinâmico na admissão, de acordo com a classificação de Stevenson. As demais variáveis clínicas e laboratoriais foram utilizadas para caracterização da amostra.

A principal variável de exposição foi o escore VExUS, considerado em quatro categorias (0, 1, 2 e 3), correspondentes à graduação da congestão venosa sistêmica. A variável de desfecho principal foi o nível sérico de NT-proBNP (pg/ml), analisado como variável contínua.

Avaliação ultrassonográfica e escore *Venous Excess Ultrasound*

A avaliação da congestão venosa sistêmica foi realizada por POCUS utilizando o Vivid™ iq Ultrasound System (GE HealthCare, EUA). Foram utilizados transdutores distintos conforme a janela de avaliação: transdutor setorial para janelas cardíacas e transdutor convexo para avaliação do sistema venoso abdominal e retroperitoneal.

Os exames foram realizados com o paciente em decúbito dorsal, com cabeça elevada a aproximadamente 30°. Durante a aquisição dos fluxos venosos, buscou-se realizar breves períodos de apneia sempre que clinicamente possível, com o objetivo de reduzir artefatos respiratórios e melhorar a definição das curvas Doppler, especialmente em vasos de menor calibre, como as veias interlobares renais.

Na avaliação do fluxo venoso hepático, utilizou-se o registro simultâneo da eletrocardiografia, permitindo identificar com maior precisão as ondas S (sistólica) e D (diastólica) e garantindo maior uniformidade na interpretação dos padrões de fluxo.

As janelas ultrassonográficas analisadas incluíram a veia cava inferior, o fluxo venoso hepático, o fluxo portal e o fluxo venoso renal, conforme o protocolo do escore VExUS. O diâmetro da veia cava inferior e os padrões de fluxo venoso nos três territórios abdominais foram registrados e classificados de acordo com os critérios estabelecidos para o sistema VExUS. Com base nesses achados, os pacientes foram classificados nos escores VExUS 0, 1, 2 ou 3, representando gradação crescente de congestão venosa sistêmica.

Dosagem de fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B

Os níveis séricos de NT-proBNP foram obtidos a partir de exames laboratoriais realizados durante a internação por ICAD, conforme a rotina institucional do serviço. As dosagens foram realizadas por métodos imunométricos padronizados no laboratório local.

Os valores foram expressos em pg/ml e utilizados nas análises estatísticas sem transformação adicional no protocolo original.

Análise estatística

Inicialmente, os pacientes foram estratificados em quatro grupos de acordo com o escore VExUS (0, 1, 2 e 3). A comparação dos níveis de NT-proBNP entre os grupos foi realizada por meio do teste de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Dunn para comparações múltiplas entre pares de grupos.

A força de associação entre o escore VExUS e os níveis de NT-proBNP foi avaliada pelo coeficiente de correlação de Spearman (ρ), considerando a natureza ordinal do VExUS e a distribuição assimétrica esperada dos valores de NT-proBNP.

Para modelar a relação entre o escore VExUS e o NT-proBNP, foi empregado um modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, tendo o NT-proBNP como variável dependente e o escore VExUS como variável explanatória. A qualidade de ajuste do modelo foi avaliada por meio do pseudo R^2 de McFadden.

As variáveis contínuas foram avaliadas quanto à distribuição pelo teste de Shapiro-Wilk. Dada a assimetria observada na maior parte das variáveis, os resultados foram apresentados como mediana e intervalo interquartil. As variáveis categóricas foram expressas como frequências absolutas e proporções.

O nível de significância adotado foi de 5% ($p < 0,05$). Todas as análises foram realizadas no software R, versão 4.4.3.

Resultados

Características da amostra

No presente estudo, foram avaliados 117 pacientes internados por ICAD. A mediana de idade foi de 79 anos. Do total, 53 pacientes eram do sexo feminino (45,3%) e 64 do sexo masculino (54,7%).

Em relação à função do ventrículo esquerdo, 68 pacientes apresentavam FEVE $< 50\%$, enquanto 49 apresentavam FEVE $\geq 50\%$. Quanto ao perfil hemodinâmico na admissão, o perfil B (quente e úmido) foi observado em 110 pacientes (94,0%), enquanto o perfil C (frio e úmido) foi identificado em sete pacientes (6,0%).

Todos os pacientes incluídos no estudo possuíam avaliação ultrassonográfica completa necessária para classificação do escore VExUS e dosagem sérica de NT-proBNP realizada nas primeiras 24 horas após a admissão hospitalar.

Distribuição do escore Venous Excess Ultrasound

Os pacientes foram estratificados em quatro grupos de acordo com o escore VExUS: VExUS 0 ($n = 21$), VExUS 1 ($n = 35$), VExUS 2 ($n = 31$) e VExUS 3 ($n = 30$). Essa distribuição permitiu comparar os níveis séricos de NT-proBNP entre diferentes graus de congestão venosa sistêmica avaliados pelo escore.

Níveis de fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B de acordo com o escore Venous Excess Ultrasound

Observou-se aumento progressivo da mediana dos níveis de NT-proBNP conforme a elevação do escore VExUS. As medianas foram de 2.890 pg/ml no grupo VExUS 0, 4.700 pg/ml no grupo VExUS 1, 5.430 pg/ml no grupo VExUS 2 e 13.200 pg/ml no grupo VExUS 3.

A análise estatística por meio do teste de Kruskal-Wallis demonstrou diferença significativa entre os grupos ($\chi^2 = 39,18$; $p < 0,0001$). Nas comparações múltiplas realizadas pelo teste de Dunn, foram observadas diferenças

estatisticamente significativas nas comparações envolvendo o grupo VExUS 3 ($p < 0,01$).

Correlação entre o escore Venous Excess Ultrasound e o fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B

A análise de correlação entre o escore VExUS e os níveis séricos de NT-proBNP demonstrou correlação moderada e positiva, com coeficiente de Spearman igual a 0,567 ($p < 0,0001$).

No modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, o escore VExUS apresentou coeficiente β de 0,584 ($p < 0,0001$). O pseudo R^2 de McFadden obtido foi de 0,024.

Discussão

O uso do POCUS na avaliação da congestão venosa sistêmica tem se expandido no contexto das doenças cardiovasculares, especialmente na ICAD. A análise dos padrões de fluxo venoso hepático, portal e renal, integrada às medidas da veia cava inferior, tem sido reconhecida como abordagem que complementa o exame clínico e oferece uma avaliação mais abrangente do estado hemodinâmico do paciente.⁹ Nesse cenário, o escore VExUS surgiu como um método estruturado para sintetizar achados ultrassonográficos relacionados à sobrecarga venosa, com aplicação crescente em diferentes contextos clínicos.¹⁰ Revisões recentes indicam que essa ferramenta fornece uma avaliação padronizada e reprodutível da congestão venosa sistêmica, contribuindo para compreender o impacto hemodinâmico do aumento das pressões venosas em diferentes condições clínicas.^{7,11,12}

Os valores de NT-proBNP apresentaram distribuição progressivamente mais elevada ao longo das categorias do escore VExUS, conforme ilustrado no *boxplot* (Figura 1). Observou-se aumento gradual das medianas entre os grupos, acompanhado por maior amplitude interquartil nos níveis mais elevados do escore. No grupo VExUS 3, verificou-se maior variabilidade, com presença de valores superiores aos observados nas demais categorias. Esse padrão gráfico evidencia uma tendência ascendente na distribuição do biomarcador à medida que aumenta o grau de congestão venosa sistêmica estimado pelo VExUS, complementando os resultados obtidos nas análises estatísticas (Figura Central).

A análise gráfica também demonstrou distribuição ascendente dos valores de NT-proBNP ao longo das categorias do escore VExUS. A Figura 2 apresenta o diagrama de dispersão com a reta ajustada pela correlação de Spearman, evidenciando tendência linear positiva compatível com o coeficiente observado ($\rho = 0,567$). A Figura 3 ilustra a curva estimada pelo modelo de regressão Gamma com função de ligação logarítmica, na qual se observa aumento progressivo das predições de NT-proBNP associado aos diferentes níveis do escore VExUS.

A utilização da regressão Gamma com função de ligação logarítmica permitiu modelar adequadamente a distribuição assimétrica do NT-proBNP, caracterizada por ampla dispersão e pela presença de valores extremos em níveis mais elevados de congestão. Esse modelo capturou a relação exponencial entre o aumento do escore VExUS e a elevação do biomarcador, evidenciando intensificação progressiva dos

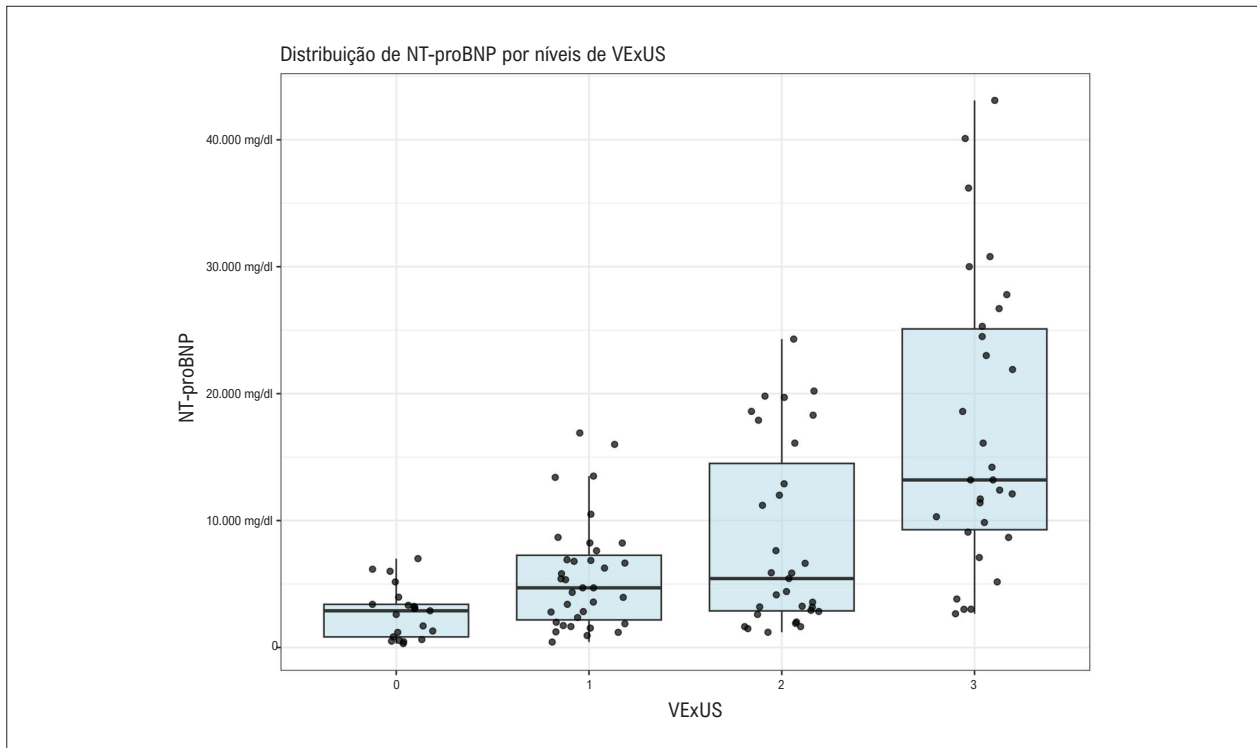


Figura 1 – Distribuição dos níveis de NT-proBNP de acordo com as categorias do escore VExUS. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

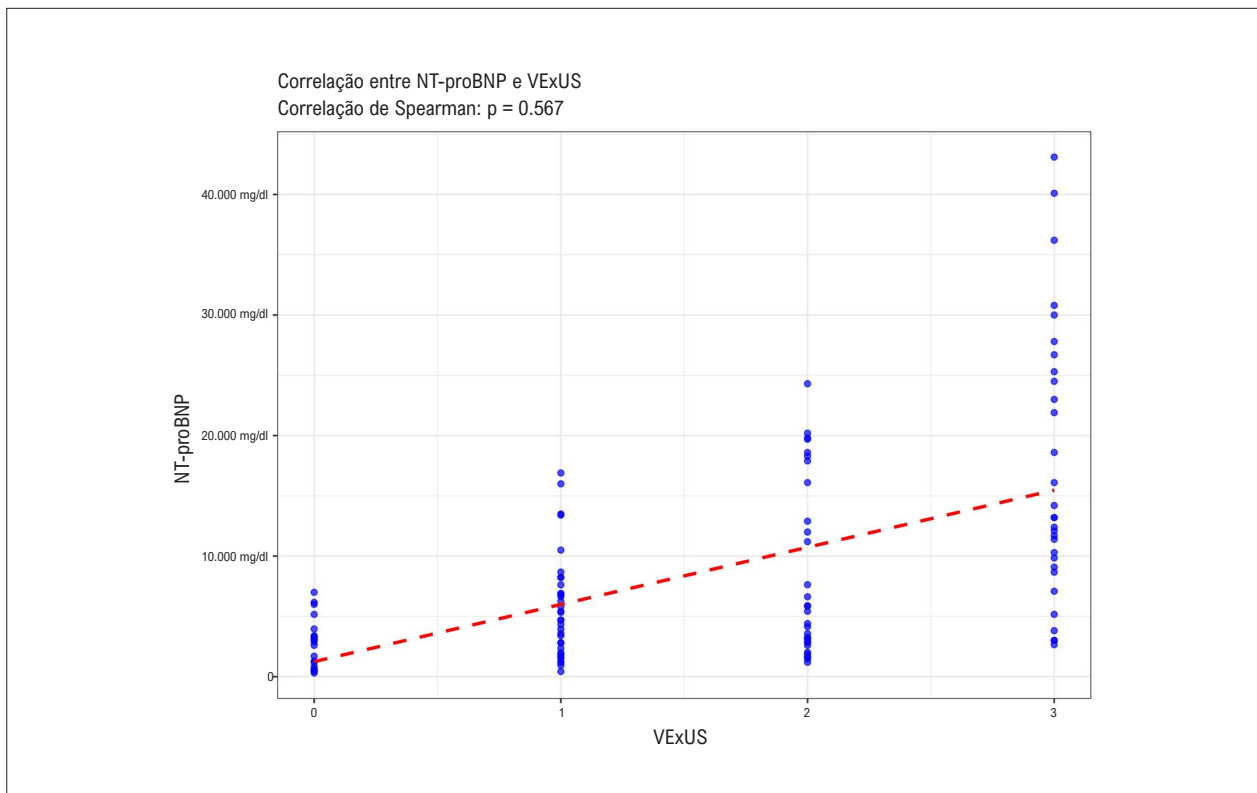


Figura 2 – Correlação entre os níveis de NT-proBNP e o escore VExUS. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

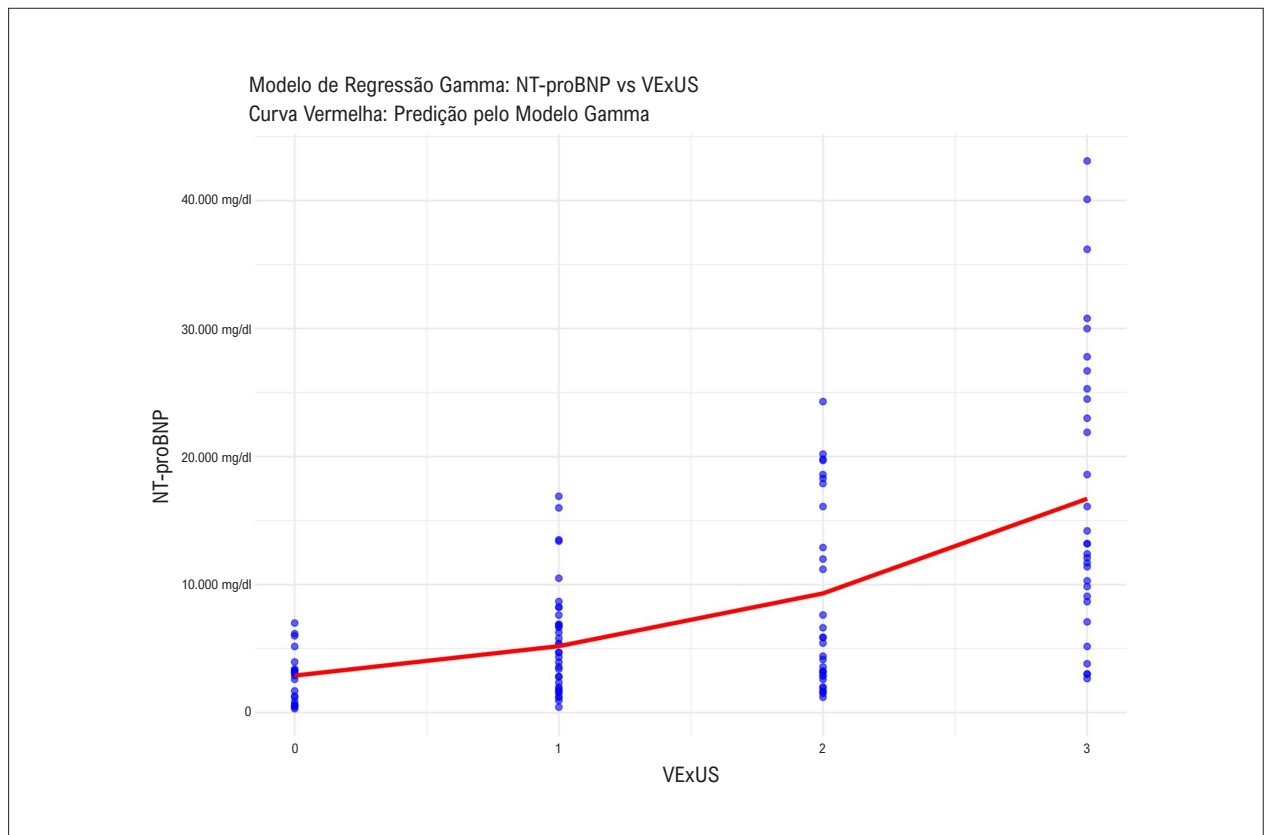


Figura 3 – Relação entre NT-proBNP e o escore VExUS estimada por modelo de regressão Gamma. NT-proBNP: fragmento N-terminal do pró-peptídeo natriurético tipo B; VExUS: Venous Excess Ultrasound.

valores de NT-proBNP à medida que a congestão venosa sistêmica se agrava. Essa abordagem complementa a análise de Spearman ao demonstrar que a correlação observada, de magnitude moderada, acompanha a elevação gradual dos níveis de NT-proBNP conforme aumentam os valores do escore VExUS.^{10,13,14}

Esse padrão sugere que o escore VExUS, ao quantificar o impacto hemodinâmico do aumento das pressões venosas, reflete de forma objetiva a gravidade da descompensação volêmica, que é fisiologicamente traduzida pela liberação de NT-proBNP.^{15,16}

Em consonância com o valor prognóstico de marcadores isolados de congestão, o escore VExUS 3 tem sido associado, em outras coortes, a desfechos clínicos mais desfavoráveis, incluindo maior risco de piora da função renal, redução da resposta natriurética e resistência ao tratamento diurético, além de pior prognóstico global. A capacidade do VExUS de monitorar dinamicamente a congestão venosa sistêmica o torna potencialmente útil para orientar a terapia diurética, especialmente em casos de síndrome cardiorenal, nos quais escores mais elevados podem apoiar a continuidade da estratégia diurética.¹⁷⁻¹⁹

O NT-proBNP reflete predominantemente o estresse miocárdico e o aumento das pressões de enchimento cardíacas, enquanto o escore VExUS expressa a repercussão hemodinâmica da congestão venosa sistêmica, integrando

sinais ultrassonográficos relacionados ao aumento da pressão venosa e ao risco de disfunção orgânica. Dessa forma, ambos os métodos avaliam dimensões fisiopatológicas distintas e complementares da congestão na insuficiência cardíaca, podendo contribuir para uma abordagem clínica mais abrangente e individualizada.²⁰⁻²²

Limitações do estudo

Este estudo apresenta algumas limitações. Trata-se de um estudo observacional de corte transversal realizado em um único centro, com amostra final de 117 pacientes. O delineamento transversal limita a capacidade de inferir relações causais ou de avaliar mudanças dinâmicas na congestão venosa e nos níveis de NT-proBNP ao longo da internação.

Embora tenha sido adotada estratégia para reduzir viés temporal, com realização tanto da avaliação pelo escore VExUS quanto da dosagem de NT-proBNP dentro das primeiras 24 horas após a admissão hospitalar, essa janela de tempo, ainda que curta, representa uma limitação potencial, considerando a natureza dinâmica da ICAD e as intervenções terapêuticas iniciadas nesse período.

A aplicação do escore VExUS também apresenta limitações inerentes aos seus componentes e ao contexto clínico em que é utilizado. A interpretação do Doppler da veia hepática pode ser influenciada pela presença de regurgitação tricúspide

significativa e pela fibrilação atrial, condições que podem alterar o padrão de fluxo venoso independentemente do grau de congestão. De forma semelhante, a pulsatilidade do fluxo portal pode ser observada em indivíduos jovens e saudáveis, enquanto sua redução pode ocorrer em doenças hepáticas parenquimatosas. Por esse motivo, pacientes com doença hepática estrutural relevante foram excluídos da análise. Embora a integração dos diferentes territórios venosos no escore VExUS reduza a dependência de um único parâmetro, essas limitações devem ser consideradas na interpretação dos achados.^{10,22,23}

Estudos futuros, preferencialmente com delineamento longitudinal, serão necessários para avaliar a evolução dinâmica do escore VExUS ao longo da internação e sua relação com as estratégias terapêuticas utilizadas. Esse tipo de abordagem poderá fornecer compreensão mais precisa do papel da congestão venosa sistêmica, avaliada pelo VExUS, no manejo clínico de pacientes com ICAD.

Conclusão

Os resultados deste estudo indicam que o escore VExUS apresenta associação com os níveis de NT-proBNP, reforçando seu potencial como ferramenta complementar na avaliação da congestão venosa sistêmica em pacientes com ICAD.

A integração do VExUS ao raciocínio clínico e à interpretação de biomarcadores pode oferecer uma perspectiva mais abrangente do estado volêmico, contribuindo para uma abordagem diagnóstica e terapêutica mais individualizada.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Almeida Filho AC, Morel RV; obtenção de dados: Cavalcante LRS, Carvalho YX,

Barros RMF, Lobo CTS; análise e interpretação dos dados e análise estatística: Souza AC; redação do manuscrito: Flores MP; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Carvalho MVSF, Barroso ND.

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 pela Comissão de Ética em Experimentação Animal do CONEP sob o número de protocolo 84674724.7.0000.0048.

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. Groenewegen A, Rutten FH, Mosterd A, Hoes AW. Epidemiology of Heart Failure. *Eur J Heart Fail.* 2020;22(8):1342-56. doi: 10.1002/ehfj.1858.
2. Bragazzi NL, Zhong W, Shu J, Abu Much A, Lotan D, Grupper A, et al. Burden of Heart Failure and Underlying Causes in 195 Countries and Territories from 1990 to 2017. *Eur J Prev Cardiol.* 2021;28(15):1682-90. doi: 10.1093/eurjpc/zwaa147.
3. Dharmarajan K, Rich MW. Epidemiology, Pathophysiology, and Prognosis of Heart Failure in Older Adults. *Heart Fail Clin.* 2017;13(3):417-26. doi: 10.1016/j.hfc.2017.02.001.
4. Mullens W, Damman K, Harjola VP, Mebazaa A, Brunner-La Rocca HP, Martens P, Testani JM, et al. The Use of Diuretics in Heart Failure with Congestion - A Position Statement from the Heart Failure Association of the European Society of Cardiology. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(2):137-55. doi: 10.1002/ehfj.1369.
5. McDonagh TA, Metra M, Adamo M, Gardner RS, Baumbach A, Böhm M, et al. 2023 Focused Update of the 2021 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure. *Eur Heart J.* 2023;44(37):3627-39. doi: 10.1093/eurheartj/ehad195.
6. Magalhães J, Soares F, Noya M, Neimann C, Andrade L, Correia L. NT-ProBNP at Admission versus NT-ProBNP at Discharge as a Prognostic Predictor in Acute Decompensated Heart Failure. *Int J Cardiovasc Sci.* 2017;30(6):469-75. doi: 10.5935/2359-4802.20170082.
7. Rinaldi PM, Rihl MF, Boniatti MM. VExUS Score at Discharge as a Predictor of Readmission in Patients with Acute Decompensated Heart Failure: A Cohort Study. *Arq Bras Cardiol.* 2024;121(5):e20230745. doi: 10.36660/abc.20230745.
8. Saadi MP, Machado GP, Silvano GP, Barbato JPR, Almeida RF, Scolari FL, et al. Assessment of Interrater Reliability in Point-of-Care Ultrasound for Assessing Congestion in Cardiovascular Intensive Care. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc.* 2025;38(2):e20250022. Doi: 10.36660/abcimg.20250022i.
9. Rola P, Miralles-Aguilar F, Argaiz E, Beaubien-Souligny W, Haycock K, Karimov T, et al. Clinical Applications of the Venous Excess Ultrasound (VExUS) Score: Conceptual Review and Case Series. *Ultrasound J.* 2021;13(1):32. doi: 10.1186/s13089-021-00232-8.
10. Torres-Arrese M, Mata-Martínez A, Luordo-Tedesco D, García-Casasola G, Alonso-González R, Montero-Hernández E, et al. Usefulness of Systemic Venous Ultrasound Protocols in the Prognosis of Heart Failure Patients: Results from a Prospective Multicentric Study. *J Clin Med.* 2023;12(4):1281. doi: 10.3390/jcm12041281.
11. Cubo-Romano P, Torres-Macho J, Soni NJ, Reyes LF, Rodríguez-Almodóvar A, Fernández-Alonso JM, et al. Admission Inferior Vena Cava Measurements are Associated with Mortality after Hospitalization for Acute Decompensated Heart Failure. *J Hosp Med.* 2016;11(11):778-84. doi: 10.1002/jhm.2620.
12. Telo GH, Saadi MP, Silvano GP, Silveira AD, Biolo A. Contribution of Lung Ultrasound and VExUS in the Diagnosis and Monitoring of Patients with Heart Failure. *ABC Heart Fail Cardiomyop.* 2024;4(1):e20240010. doi: 10.36660/abchf.20240010.

13. Platz E, Lewis EF, Uno H, Peck J, Pivetta E, Merz AA, et al. Detection and Prognostic Value of Pulmonary Congestion by Lung Ultrasound in Ambulatory Heart Failure Patients. *Eur Heart J*. 2016;37(15):1244-51. doi: 10.1093/eurheartj/ehv745.
14. Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, Bueno H, Cleland JGF, Coats AJS, et al. 2016 ESC Guidelines for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure: The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Acute and Chronic Heart Failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the Special Contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J*. 2016;37(27):2129-200. doi: 10.1093/eurheartj/ehw128.
15. Guinot PG, Bahr PA, Andrei S, Popescu BA, Caruso V, Mertes PM, et al. Doppler Study of Portal Vein and Renal Venous Velocity Predict the Appropriate Fluid Response to Diuretic in ICU: A Prospective Observational Echocardiographic Evaluation. *Crit Care*. 2022;26(1):305. doi: 10.1186/s13054-022-04180-0.
16. Kenny JS, Prager R, Rola P, Haycock K, Basmaji J, Hernández G. Unifying Fluid Responsiveness and Tolerance with Physiology: A Dynamic Interpretation of the Diamond-Forrester Classification. *Crit Care Explor*. 2023;5(12):e1022. doi: 10.1097/CCE.0000000000001022.
17. Andrei S, Bahr PA, Nguyen M, Bouhemad B, Guinot PG. Prevalence of Systemic Venous Congestion Assessed by Venous Excess Ultrasound Grading System (VExUS) and Association with Acute Kidney Injury in a General ICU Cohort: A Prospective Multicentric Study. *Crit Care*. 2023;27(1):224. doi: 10.1186/s13054-023-04524-4.
18. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying Systemic Congestion with Point-Of-Care Ultrasound: Development of the Venous Excess Ultrasound Grading System. *Ultrasound J*. 2020;12(1):16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.
19. Argaiz ER. VExUS Nexus: Bedside Assessment of Venous Congestion. *Adv Chronic Kidney Dis*. 2021;28(3):252-61. doi: 10.1053/j.ackd.2021.03.004.
20. Maeder MT, Mariani JA, Kaye DM. Hemodynamic Determinants of Myocardial B-Type Natriuretic Peptide Release: Relative Contributions of Systolic and Diastolic Wall Stress. *Hypertension*. 2010;56(4):682-9. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.110.156547.
21. Rola P, Haycock K, Spiegel R, Beaubien-Souligny W, Denault A. VExUS: Common Misconceptions, Clinical Use and Future Directions. *Ultrasound J*. 2024;16(1):49. doi: 10.1186/s13089-024-00395-0.
22. Salgado AA, Bernardo MPL, Melo FM Netto. My Approach to Evaluate Systemic Venous Congestion: VExUS Protocol. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2024;37(2):e20240026. doi: 10.36660/abcimg.20240026.
23. Putz FJ, Kranert PC, Banas MC, Schierling W, Jung EM, Bergler T, et al. Renal Vein Blood Flow Patterns Identify Patients at Risk for Early Kidney Allograft Loss Due to Cardiac Postrenal Vein Congestion. *J Clin Med*. 2025;14(14):4897. doi: 10.3390/jcm14144897.



Fenotipagem da Congestão na Insuficiência Cardíaca Descompensada: Acurácia que Salva Vidas

Phenotyping of Congestion in Decompensated Heart Failure: Life-Saving Accuracy

Amanda Fernandes¹ 

Hospital Nossa Senhora das Neves,¹ João Pessoa, PB – Brasil

Minieditorial referente ao artigo: Correlação Entre o Venous Excess Ultrasound e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada

O diagnóstico de insuficiência cardíaca (IC) permanece desafiador em pacientes com múltiplas comorbidades, particularmente quando há sobreposição com doenças pulmonares, obesidade ou apresentações clínicas atípicas. Nesse contexto, a integração de ferramentas diagnósticas complementares, como o NT-proBNP e o escore de ultrassonografia de excesso venoso (VExUS, do inglês *venous excess ultrasound*), permite uma avaliação mais precoce e acurada da congestão, reduzindo efeitos adversos e favorecendo a implementação oportuna da terapia médica direcionada por diretrizes.¹

O manejo da IC descompensada torna-se ainda mais complexo diante da retenção hídrica subclínica — condição frequentemente subestimada, mas associada a maiores taxas de readmissão hospitalar e risco de mortalidade comparável ao observado em pacientes com edema clinicamente evidente.^{2,3} Nesses cenários, o VExUS consolida-se como uma ferramenta central no armamentário diagnóstico e terapêutico, seja na diferenciação da etiologia da dispneia, seja na condução de pacientes com congestão franca e síndrome cardiorenal, ao permitir o direcionamento da diurese de forma mais segura e individualizada, minimizando o risco de lesão renal.⁴

Evidências crescentes sustentam esse papel. Anastasiou et al.⁵ demonstraram que o escore VExUS supera outros marcadores isolados de congestão — como o diâmetro da veia cava inferior — na predição de mortalidade intra-hospitalar, reforçando seu valor prognóstico. Ademais, um ensaio clínico randomizado mostrou que a diurese guiada pelo VExUS duplicou a probabilidade de alcançar euvolemia em apenas 2 dias quando comparada ao cuidado padrão,⁶ consolidando o ultrassom à beira do leito não apenas como ferramenta diagnóstica, mas como uma extensão natural do exame físico contemporâneo.

Os peptídeos natriuréticos, especialmente o BNP e o NT-proBNP, têm papel bem estabelecido desde o início

dos anos 2000. Valores dentro da normalidade apresentam sensibilidade superior a 90% para exclusão do diagnóstico de IC, enquanto níveis elevados associam-se de forma consistente a piores desfechos cardiovasculares e maior mortalidade.⁷ A integração de biomarcadores e avaliação ultrassonográfica da congestão assume, portanto, relevância estratégica ao agregar objetividade à estratificação de risco e permitir decisões clínicas mais precoces e fundamentadas.

Não obstante, disparidades regionais e a necessidade de treinamento específico em VExUS ainda representam desafios à ampla disseminação dessa tecnologia. Em contrapartida, o NT-proBNP configura-se como um biomarcador amplamente disponível, financeiramente viável no Sistema Único de Saúde (SUS) e de interpretação relativamente simples. Apesar disso, permanecem escassos os estudos que correlacionam diretamente os níveis de NT-proBNP com os escores do VExUS, lacuna que limita uma abordagem verdadeiramente integrada da congestão.

O estudo de Flores et al.⁸ destaca-se como um dos pioneiros ao correlacionar níveis de NT-proBNP com o escore VExUS nas primeiras 24 horas de internação por IC descompensada. A amostra, composta majoritariamente por idosos (idade mediana de 79 anos) e com proporção feminina superior a 45%, reflete uma população frequentemente sub-representada em estudos clínicos. Observou-se que pacientes com congestão venosa moderada a grave (VExUS 2–3) apresentaram medianas de NT-proBNP entre 5.430 e 13.200 pg/mL, sugerindo que valores acima de 5.430 pg/mL, em idosos, associam-se a congestão sistêmica significativa e demandam atenção clínica imediata.

Estudos futuros que estratifiquem esses achados por faixa etária, sexo e comorbidades específicas — como doença renal crônica, cardiopatias congênitas, hipertensão pulmonar e doença valvar — são necessários para refinar ainda mais essa abordagem. Em um cenário no qual decisões precoces impactam diretamente a morbimortalidade e a qualidade de vida dos pacientes com IC, integrar biomarcadores e imagem funcional não é apenas uma inovação diagnóstica, mas um imperativo clínico.

Na IC, identificar a congestão antes de sua expressão clínica não é apenas antecipar o diagnóstico — é intervir no momento em que ainda é possível alterar o desfecho.

Palavras-chave

Insuficiência Cardíaca; Peptídeos Natriuréticos; Ultrassom.

Correspondência: Amanda Fernandes •

Hospital Nossa Senhora das Neves. Rua Etelvina Macedo de Mendonça, 531. CEP: 58040-530. João Pessoa, PB – Brasil
E-mail: amandadantasff@gmail.com

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260019>

Referências

1. Santos J, Nobre JP, Ferreira JP, Marques MIM, Henriques M, Cardim N, et al. PRIMARY-HF: Heart Failure Screening in Primary Care using Point-of-Care. *Acta Med Port.* 2025;38(4):237-244. doi: 10.20344/amp.22463.
2. Lozano-Jiménez S, Sebastian CG, Martín PV, Magallón BG, Centellas AM, Castro D, et al. Prevalence and Prognostic Impact of Subclinical Venous Congestion in Patients Hospitalized for Acute Heart Failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care.* 2026;14(12):749-53. doi: 10.1093/ehjacc/zuaf097.
3. Malagón SV, Acosta-Gutiérrez E, Ramos JAN, Salinas S, Pabón GM. Subclinical Congestion Evaluated by Point of Care Ultrasound (POCUS) at Discharge Predicts Readmission in Patients with Acute Heart Failure: Prognostic Cohort Study. *POCUS J.* 2024;9(2):125-32. doi: 10.24908/pocus.v9i2.17709.
4. Koratala A, Romero-González G, Soliman-Aboumarie H, Kazory A. Unlocking the Potential of VExUS in Assessing Venous Congestion: The Art of Doing It Right. *Cardiorenal Med.* 2024;14(1):350-74. doi: 10.1159/000539469.
5. Anastasiou V, Peteinidou E, Moysidis DV, Daios S, Gogos C, Liatsos AC, et al. Multiorgan Congestion Assessment by Venous Excess Ultrasound Score in Acute Heart Failure. *J Am Soc Echocardiogr.* 2024;37(10):923-33. doi: 10.1016/j.echo.2024.05.011.
6. Islas-Rodríguez JP, Miranda-Aquino T, Romero-González G, Hernández-Del Rio J, Camacho-Guerrero JR, Covarrubias-Villa S, et al. Effect on Kidney Function Recovery Guiding Decongestion with VExUS in Patients with Cardiorenal Syndrome 1: A Randomized Control Trial. *Cardiorenal Med.* 2024;14(1):1-11. doi: 10.1159/000535641.
7. Chow SL, Maisel AS, Anand I, Bozkurt B, de Boer RA, Felker GM, et al. Role of Biomarkers for the Prevention, Assessment, and Management of Heart Failure: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation.* 2017;135(22):e1054-91. doi: 10.1161/CIR.0000000000000490.
8. Flores MP, Souza AC, Carvalho MVSF, Morel RV, Cavalcante LRS, Barroso ND, et al. Correlação Entre o Venous Excess Ultrasound e os Níveis de Fragmento N-terminal do Pró-Peptídeo Natriurético Tipo B em Pacientes Com Insuficiência Cardíaca Agudamente Descompensada. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc.* 2026;39(1):e20260018. doi: 10.36660/abcimg.20260018.



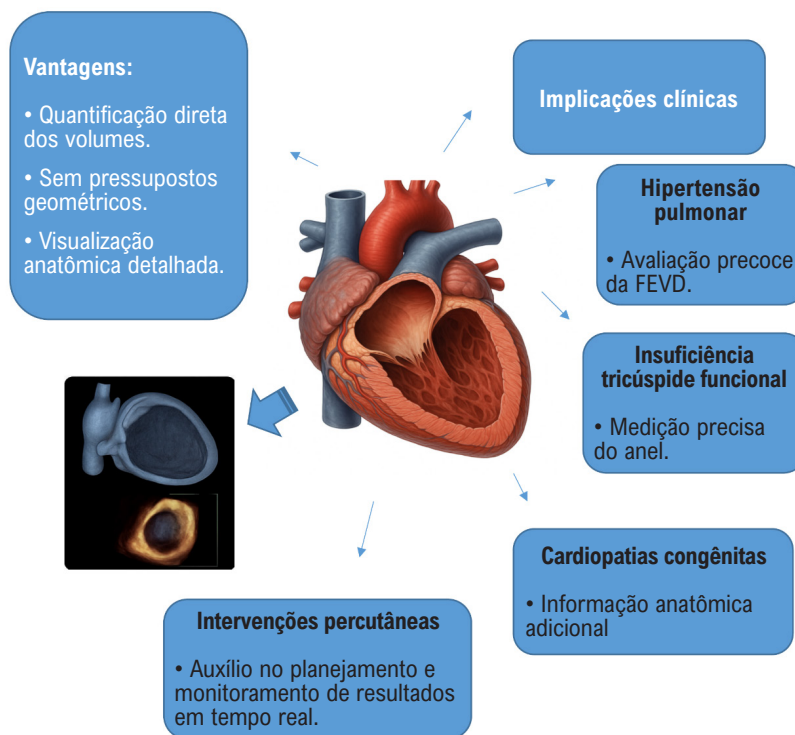
Avaliação Ecocardiográfica Tridimensional do Ventrículo Direito: Porque Devemos Utilizá-la

Three-Dimensional Echocardiographic Assessment of the Right Ventricle: Why Should We Use It

Tiago R. Politi,^{1,2} Rodrigo B.M. Barretto,¹ João Cesar Nunes Sbrano,^{1,2} David Costa de Souza Le Bihan,^{1,2} Wilson Mathias Jr.^{1,2}

Universidade de São Paulo, Instituto do Coração,¹ São Paulo, SP – Brasil
Grupo Fleury,² São Paulo, SP – Brasil

Figura Central: Avaliação Ecocardiográfica Tridimensional do Ventrículo Direito: Porque Devemos Utilizá-la



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026; 39(1):e20250096

Vantagens e implicações clínicas da ecocardiografia tridimensional na avaliação do ventrículo direito. FEVD: fração de ejeção do ventrículo direito.

Palavras-chave

Ecocardiografia Tridimensional; Ventrículo Direito; Função Ventricular Direita; Ressonância Magnética Cardíaca

Correspondência: Tiago Politi •

INCOR HC-FMUSP Serviço de Ecocardiografia- Universidade de São Paulo.
Avenida Dr. Eneas de Carvalho Aguiar, 44. CEP: 05508-900. São Paulo, SP – Brasil
E-mail: politi.cardiol@gmail.com

Artigo recebido em 20/11/2025; revisado em 27/11/2025; aceito em 28/11/2025.
Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250096>

Resumo

A análise do Ventrículo Direito (VD) pela ecocardiografia bidimensional (2D) tem historicamente enfrentado desafios devido a complexa e peculiar geometria e orientação torácica desta câmara cardíaca. Neste cenário, a ecocardiografia tridimensional (3D) emergiu como uma ferramenta promissora para superar e descortinar tais limitações, permitindo uma quantificação acurada dos volumes e fração de ejeção, sem depender de suposições geométricas. Logo, a incorporação rotineira da ecocardiografia 3D no estudo do VD poderá

redefinir paradigmas diagnósticos e prognósticos, promovendo uma abordagem mais precisa e personalizada na cardiologia moderna. E para sedimentar e destacar esta ferramenta, este artigo de revisão, que aborda os fundamentos técnicos da ecocardiografia 3D no estudo do VD, discute as vantagens sobre a ecocardiografia bidimensional convencional, sua validação frente a ressonância magnética cardíaca (RMC) e revisa aplicações clínicas relevantes, incluindo hipertensão pulmonar, insuficiência tricúspide funcional, cardiopatias congênicas e insuficiência cardíaca direita. Além disso, são apresentadas as limitações atuais da técnica, perspectivas futuras e recomendações práticas baseadas na literatura atual.

Introdução

O formato do Ventrículo Direito (VD) é complexo e, portanto, qualquer imagem que se obtenha pelo método bidimensional (2D) não consegue representá-lo de forma fidedigna. Na vista ecocardiográfica 2D apical, o VD parece triangular, enquanto na vista transversal e em condições normais, apresenta-se com formato em crescente. Sua arquitetura é composta por três componentes principais: via de entrada, que consiste na valva tricúspide (VT), cordas tendíneas e músculo papilar; miocárdio apical trabecular e infundíbulo ou cone, que se refere à região lisa da via de saída do miocárdio ventricular. Este último representando 25% a 30% de seu volume.^{1,2}

As três partes do VD não estão no mesmo plano, como visto em um ecocardiograma 3D de um indivíduo normal (Figura 1). O trato de entrada se contrai mais cedo do que o infundíbulo, e a resposta desses três segmentos a medicamentos, estimulação simpática, sobrecarga de volume e pressão pode ser diferente. Por exemplo, estudos em animais e humanos sugeriram que a resposta inotrópica do infundíbulo pode ser maior do que a do trato de entrada.³

Além disso, as miofibrilas apresentam organização circunferencial no tecido subepicárdico e longitudinal no subendocárdico, sendo que a contração ocorre principalmente em sentido longitudinal. Isso explica em parte o porquê a análise da deformação longitudinal tem mostrado maior valor prognóstico e porque muitos estudos sobre a deformação e a taxa de deformação do VD se concentraram nas deformações longitudinais, e não nas radiais ou circunferenciais. Além disso, a deformação longitudinal da parede livre do VD apresentou correlação mais forte com a fração de ejeção do ventrículo direito (FEVD), determinada por ressonância magnética (RM), do que com a alteração da área fracionada do VD (FAC) e a onda S' do anel tricúspide lateral, em um grupo heterogêneo de pacientes.⁴

No cenário clínico, a avaliação acurada do ventrículo direito (VD), quando disponível, é essencial em diversas condições cardiovasculares, incluindo doenças pulmonares, cardiopatias congênicas, insuficiência cardíaca direita e após intervenções valvares. E como descrito anteriormente, devido à anatomia

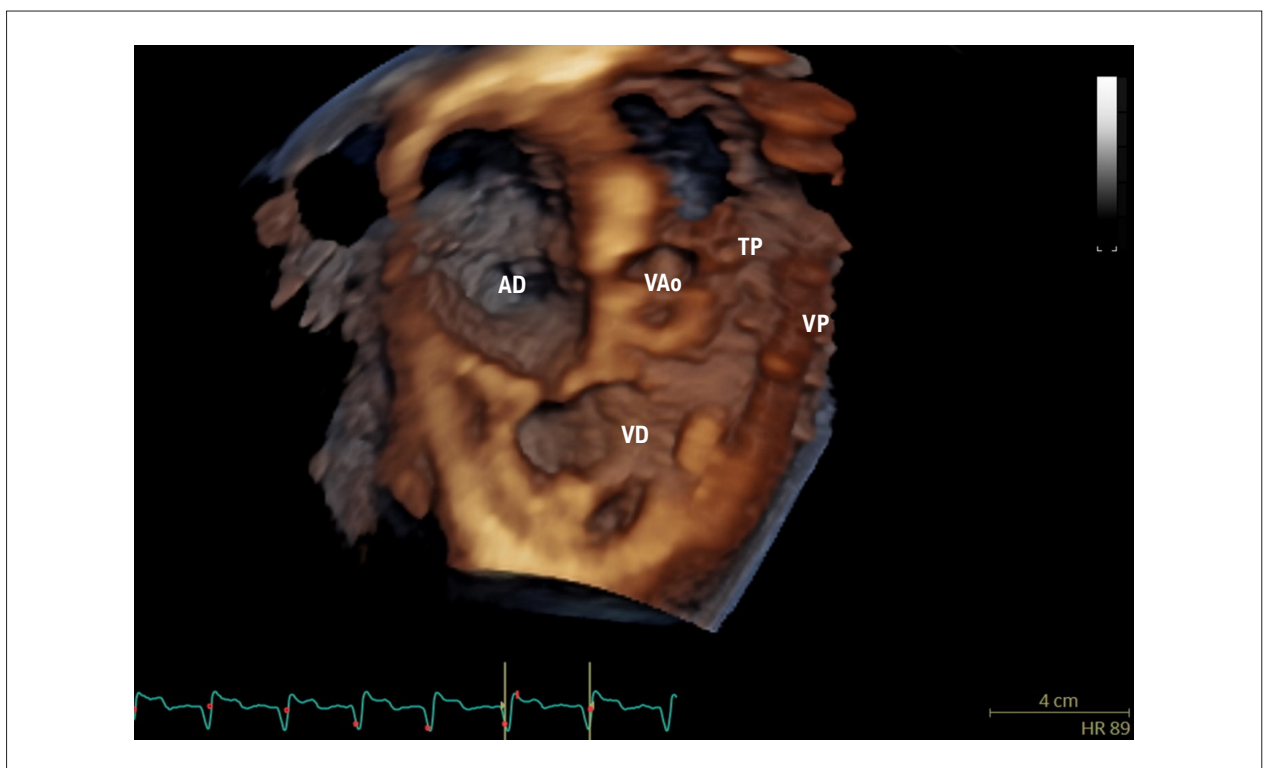


Figura 1 – Imagem 3D exibindo partes do ventrículo direito em planos diferentes. A imagem evidencia a via de entrada, porção trabecular e infundíbulo em corte tridimensional, destacando as estruturas anatômicas. VT: valva tricúspide; VP: valva pulmonar; VD: ventrículo direito; AO: aorta; TP: tronco pulmonar; AD: átrio direito.

assimétrica, forma piramidal e um padrão de contração longitudinal peristáltico, sua análise torna-se dificultada por métodos ecocardiográficos convencionais bidimensionais (2D).^{5,6} Além disso, a variabilidade interobservador e a dependência de planos ortogonais limitam a reprodutibilidade e acurácia da ecocardiografia 2D na quantificação da função do VD.⁷

Logo, a ecocardiografia tridimensional (3D) emerge como ferramenta fundamental no entendimento desta complexa câmara cardíaca, representando um avanço significativo nesse contexto, oferecendo medidas volumétricas diretas e uma melhor caracterização de sua mecânica contrátil. E com o desenvolvimento de *softwares* dedicados e transdutores com maior resolução temporal e espacial, tornou-se possível integrar a avaliação do VD de forma mais robusta e confiável na prática clínica (Figura central).^{1,8}

A seguir apresentamos os princípios técnicos da ecocardiografia 3D na análise do VD, revisamos suas aplicações clínicas mais relevantes e discutimos suas limitações, conforme as recomendações da literatura atual.^{9,10}

Fundamentos Técnicos da Ecocardiografia 3D do Ventrículo Direito

A obtenção adequada da imagem tridimensional do VD requer atenção especial a aspectos técnicos específicos:

- Aquisição de volume total (*full-volume*): idealmente com apneia, em quatro ou seis ciclos cardíacos para maior resolução temporal, usando transdutores *matrix-array*, na janela apical focada do VD ou na janela paraesternal de via de entrada.
- Taxa de frames (*volume rate*): deve-se buscar um equilíbrio entre alta resolução temporal (>20 volumes/s) e cobertura anatômica completa.
- Visualização otimizada da valva tricúspide: é crucial alinhar os planos para incluir anel tricúspide, ápice do VD e toda a cavidade.

Para a visualização tridimensional da valva tricúspide por via transesofágica, deve-se procurar obter imagens com zoom tridimensional no esfôgado distal, de forma a deixar a valva com uma orientação mais perpendicular à fonte emissora, otimizando-se a resolução espacial.

Softwares modernos utilizam algoritmos de rastreamento automático (*auto-contouring*) baseados em aprendizado de máquina para quantificação do volume diastólico final (VDF), volume sistólico final (VSF) e FEVD visto na Figura 2.^{3,11,12}

Avaliação dos Volumes e Fração de Ejeção do Ventrículo Direito

A validação clínica da determinação de volumes ventriculares e FEVD por ressonância magnética está bem estabelecida.¹³ Na ecocardiografia tridimensional, os dados experimentais *in vitro* e em estudos clínicos iniciais confirmam boa precisão na quantificação de volume e FEVD.¹ Contudo, os volumes do VD derivados da ecocardiografia 3D apresentaram subestimação consistente em relação à RMC, incluindo uma diferença média de FEVD que pode chegar a -0,9%.¹³ Por isso, alguns autores recomendam o ponto de

corte de normalidade para disfunção sistólica do VD quando FEVD 3D for inferior a 45%.^{14,15}

Ao calcular volumes e FEVE pela ecocardiografia 3D, estudos demonstraram diferenças significativas em relação ao gênero: o volume diastólico final absoluto foi maior em homens (129 ± 25 mL vs. 102 ± 33 mL em mulheres; P < 0,01). No entanto, ao indexar por massa corporal magra (mas não por área de superfície corporal ou altura), essa diferença desapareceu (2,1 ± 0,5 vs. 2,2 ± 0,4 mL/kg; p = NS)(8). A faixa de valores normais para homens é de 87 mL/m² para o VDF; 44 mL/m² para o VSF e para mulheres 74 mL/m² para o VDF; 36 mL/m² para o VSF.¹⁵

Vantagens da Ecocardiografia 3D em relação a 2D na Avaliação do Ventrículo Direito

Devido a geometria complexa do VD, a acurácia da ecocardiografia 2D é limitada para medidas de volumes, levando a subestimação dos volumes e dependência significativa da orientação dos planos de corte.⁵ Por outro lado, a ecocardiografia 3D permite aquisição volumétrica completa do VD, reconstrução anatômica real e quantificação sem pressupostos geométricos, com excelente correlação com RMC (r ≈ 0,80–0,92) e menor viés sistemático em comparação à 2D.¹⁶

Do ponto de vista clínico, a superioridade da ecocardiografia 3D em relação à ecocardiografia 2D é mais evidente em situações de remodelamento acentuado do VD (por exemplo: hipertensão pulmonar, insuficiência tricúspide funcional grave e cardiopatias congênitas), nas quais a distorção anatômica torna o modelo geométrico da ecocardiografia 2D ainda menos representativo (Tabela 1).^{17,18} No entanto, a ecocardiografia 3D ainda exige maior qualidade de janela acústica e pode ser limitada por arritmias e baixa taxa de frames, especialmente em pacientes instáveis.¹⁴

Ecocardiografia 3D vs. RMC do VD: acurácia, aplicabilidade clínica e papel da IA

Como já citado, a ressonância magnética cardíaca (RMC) é amplamente reconhecida como referência na quantificação dos volumes e da FEVD devido à sua alta reprodutibilidade e independência da janela acústica.¹³ No entanto, a ecocardiografia 3D emergiu como uma alternativa promissora, especialmente em contextos em que a RMC não está disponível, é contraindicada ou inviável.

Apesar da superioridade da RMC em termos de acurácia absoluta, a ecocardiografia 3D oferece vantagens práticas que a tornam ideal para uso à beira-leito, em pacientes críticos e em avaliações seriadas. Em condições como insuficiência cardíaca direita, hipertensão pulmonar ou durante o seguimento de terapias valvares, a ecocardiografia 3D permite rápida obtenção de parâmetros prognósticos, como volumes e FEVD, e área do anel tricúspide em tempo real.^{19,20}

Além disso, *softwares* com inteligência artificial vêm aprimorando a acurácia da ecocardiografia 3D ao reduzir a variabilidade interobservador, encurtar o tempo de pós-processamento e melhorar a consistência das medidas, aproximando seus resultados ainda mais dos da RMC¹⁹ (Tabela 2).

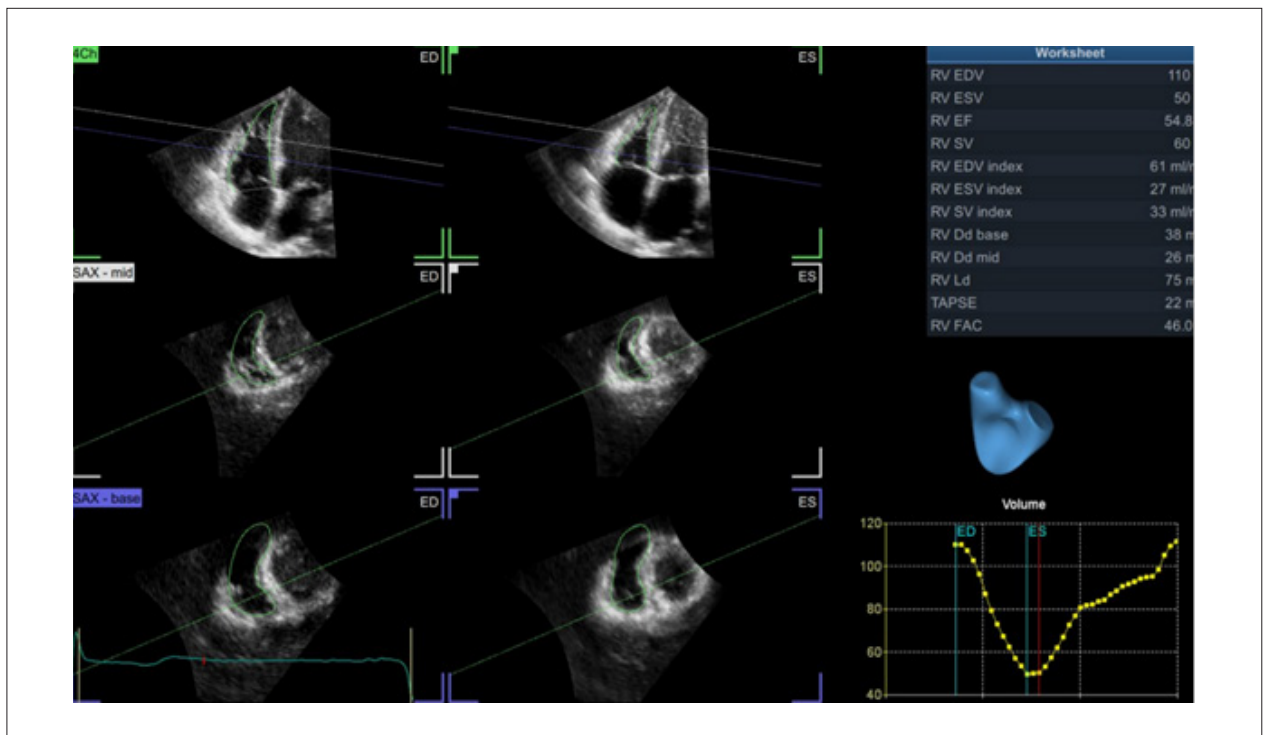


Figura 2 – Aquisição e reconstrução tridimensional do ventrículo direito em tempo real. O painel superior mostra o volume total obtido a partir da janela apical. O painel inferior apresenta a reconstrução multiplanar ortogonal, com delimitação automática da borda endocárdica para cálculo de volume e fração de ejeção.

Tabela 1 – Comparação entre Ecocardiografia 2D e 3D na Avaliação do Ventrículo Direito

Característica	Ecocardiografia 2D	Ecocardiografia 3D
Geometria assumida	Sim (formato de elipsoide ou pirâmide)	Não (volume real capturado)
Dependência de planos anatômicos	Alta	Baixa
Reprodutibilidade	Moderada	Alta
Tempo de aquisição	Curto	Requer vários ciclos cardíacos
Avaliação do anel tricúspide	Uniplanar	Multiplanar e volumétrica
Uso em hipertensão pulmonar	Limitado	Alta acurácia prognóstica
Tempo de pós processamento	Rápido	Moderado a longo (depende da estação de trabalho)
Acurácia no cálculo da FEVD	Baixa-moderada	Alta (boa correlação com a RMC)
Limitações	Dependência de ângulo e janela acústica	Artefatos e menor resolução temporal

Fonte: Adaptado de Shiotal.³ FEVD (fração de ejeção do ventrículo direito); RMC (ressonância magnética cardíaca).

Comparação prognóstica da função sistólica do VD: análise da FEVD pela ecocardiografia 3D, strain longitudinal da parede livre do VD pela ecocardiografia 2D e RMC

A determinação de prognóstico a partir da avaliação da função sistólica do VD tradicionalmente utilizava parâmetros convencionais, derivados da ecocardiografia 2D, como

excursão do anel tricúspide (TAPSE) e variação da área (FAC). No entanto, técnicas modernas como ecocardiografia 3D, strain longitudinal da parede livre pela técnica de speckle tracking bidimensional (2D VDSLPL) e ressonância magnética cardíaca (RMC) demonstram maior precisão e poder prognóstico.

Tabela 2 – Comparação entre ecocardiografia 3D e RMC na avaliação do ventrículo direito

Característica	Ecocardiografia 3D	Ressonância Magnética Cardíaca (RMC)
Método de aquisição volumétrica	Tempo real (volumetria direta 3D)	Contorno manual de múltiplos planos
Geometria assumida	Não	Não
Reprodutibilidade	Moderada a alta	Muito alta
Correlação FEVD com RMC	$r = 0,80-0,92$	Padrão de referência
Subestimação de volumes	Sim, leve (dependente da janela)	Não
Avaliação de realce tardio (fibrose)	Não	Sim
Avaliação funcional valvar	Sim (tridimensional)	Sim (com menor resolução temporal)
Resolução temporal	Moderada (>20 volumes/s)	Moderada (30–50 ms por frame)
Resolução espacial	Moderada	Alta
Custo e disponibilidade	Baixo, amplamente disponível	Alto, disponibilidade limitada
Contraindicações	Nenhuma relevante	Implantes metálicos, claustrofobia, DRC dialítica
Tempo de exame	Rápido (5–10 min)	Prolongado (30–60 min)
Aplicabilidade em UTI/à beira-leito	Sim	Não

Fonte: Adaptado de Shiota,³ Lang et al.¹⁴ Maffessanti et al.⁸ FEVD: fração de ejeção do ventrículo direito; RMC: ressonância magnética cardíaca; DRC: doença renal crônica.

A. Validação e prognóstico: FE 3D vs. 2D STLPL VD vs. RMC

- Em pacientes com cardiomiopatia dilatada, a FE 3D mostrou forte associação com eventos adversos cardíacos, superando a relevância prognóstica do 2D VDSLPL em análise multivariada; a FE 3D permaneceu o único preditor independente após ajuste por variáveis clínicas e ecocardiográficas (cut-off 43,4 %, AUC = 0,76).^{21,22}
- Outras evidências apontam que o FE 3D pode oferecer valor prognóstico adicional e incremental sobre o strain 2D e outros parâmetros convencionais, incluindo em populações como pacientes com COVID-19 grave.²¹
- Em Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção preservada (ICFEP), o strain longitudinal da parede livre do VD, pela técnica de speckle tracking 3D, mostrou valor prognóstico equivalente a fração de ejeção pelo 3D e superior ao 2D STLPL VD (HR 5,73 vs. 3,17 e 3,47).²¹

B. RMC e correlação prognóstica

Embora a RMC permaneça o padrão de referência para quantificação volumétrica do VD, estudos comparativos mostram que a FE 3D se correlaciona bem com a fração de ejeção medida pela RMC, com excelente reprodutibilidade, podendo ser utilizada como alternativa para determinação prognóstica em muitos contextos clínicos^{23,24} (Tabela 3).

Aplicações Clínicas Relevantes da Ecocardiografia 3D do Ventrículo Direito

A seguir, descrevem-se as principais aplicações clínicas da ecocardiografia 3D do VD (Tabelas 4 e 5).

A. Hipertensão Pulmonar

Na Hipertensão Pulmonar (HP), a função do VD é o principal determinante prognóstico. A ecocardiografia 3D permite quantificar com maior precisão a fração de ejeção do Ventrículo Direito (FEVD). Uma FEVD < 45% por 3D se associa a maior risco de descompensação e mortalidade.^{17,25,19}

B. Insuficiência Tricúspide Funcional

A ecocardiografia 3D permite avaliar o mecanismo exato da Insuficiência Tricúspide (IT), incluindo dilatação e geometria do anel tricúspide e músculos papilares (Figura 3 e 4). A reconstrução 3D possibilita mensurar a área do orifício regurgitante efetivo (EROA) com mais acurácia do que o método PISA 2D. Dados importantes para o planejamento de intervenções percutâneas, tais como a separação entre as cúspides, a altura do *tenting* valvar e a interferência de eletrodos na função valvar também podem ser determinados de forma mais acurada por meio das reconstruções tridimensionais.¹⁹

C. Cardiopatias Congênitas

Em cardiopatias congênitas como tetralogia de Fallot, comunicação interventricular ou anomalia de Ebstein, a ecocardiografia 3D fornece avaliação volumétrica precisa em geometrias atípicas, onde a ecocardiografia 2D falha. Isso é fundamental no planejamento cirúrgico e no seguimento longitudinal.^{26,27}

Tabela 3 – Quadro comparativo resumido

Método	Vantagem principal	Limitação	Valor prognóstico comparativo
FE 3D (Eco 3D)	Volumetria precisa, geometria completa	Requer boa imagem, software avançado	Elevado (independente, superior ao 2D)
Strain 2D (VDSLPL)	Fácil de obter, alta resolução temporal	Dependente de janela acústica e geometria	Moderado, valor reduzido comparado a FE 3D
RMC	Padrão de referência	Acesso limitado, custo e tempo elevados	Alto – referência para avaliação objetiva e prognóstica

Fonte: adaptado de Meng et al.²¹ RMC: ressonância magnética cardíaca; FE: fração de ejeção.

Tabela 4 – Principais aplicações clínicas da ecocardiografia 3D do ventrículo direito

Cenário clínico	Aplicação ecocardiografia 3D do VD	Impacto clínico
Hipertensão pulmonar	Avaliação da FEVD e remodelamento do VD	Melhor estratificação de risco
Insuficiência tricúspide funcional	Análise do anel tricúspide e mecanismo de regurgitação	Auxilia no planejamento de intervenção percutânea
Cardiopatias congênitas	Quantificação de volumes e geometria do VD	Monitoramento longitudinal em patologias como T4F, VD sistêmico e Ebstein
Insuficiência cardíaca	Identificação precoce da disfunção do VD	Proporciona prognóstico independente
Intervenções estruturais	Informações anatômicas para o planejamento. Orientação em tempo real de dispositivos (ex: TriClip)	Suporte ao sucesso do procedimento

Fonte: Adaptada de Grapsa et al.,¹⁷ Prihadi et al.,¹⁹ Dragulescu et al.,²⁷ Agrícola et al.²⁹ FEVD: fração de ejeção do ventrículo direito; VD: ventrículo direito.

Tabela 5 – Parâmetros 3D do ventrículo direito e sua interpretação

Parâmetro 3D	Ponto de corte	Interpretação
Fração de ejeção do Ventrículo Direito (FEVD)	< 45%	Forte preditor de mortalidade em IC e HP
Volume sistólico final (VSF)	> 90 mL	Indica remodelamento adverso
Área do anel tricúspide	> 12 cm ² /m ²	Progressão de insuficiência tricúspide
Orifício regurgitante efetivo (EROA)	> 0,4 cm ²	Regurgitação tricúspide grave
Strain longitudinal do VD	< 16%	Disfunção subclínica, pior prognóstico

Fonte: Adaptado de Grapsa et al.,¹⁷ Molnar et al.,²⁸ Agrícola et al.,²⁹ Ishizu et al.³⁰ FEVD: fração de ejeção do ventrículo direito; VD: ventrículo direito; HP: Hipertensão Pulmonar; IC: insuficiência cardíaca; VSF: Volume Sistólico Final; EROA: área do orifício regurgitante efetivo.

D. Insuficiência Cardíaca com Disfunção de VD

A disfunção do VD na Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção preservada (ICFep) ou reduzida (ICFer) está associada a pior prognóstico. A ecocardiografia 3D permite detectar precocemente redução da FEVD, mesmo antes de alterações significativas no TAPSE ou na velocidade da onda S' do anel tricúspide.²⁸

E. Intervenções Estruturais e Monitoramento Pós-Procedimento

Procedimentos como implante percutâneo de válvula pulmonar, clipagem tricúspide e implante percutâneo de válvula tricúspide, e oclusão de defeitos do septo interatrial requerem avaliação pré e pós-procedimento do VD, da valva tricúspide e dos diâmetros dos defeitos septais o que

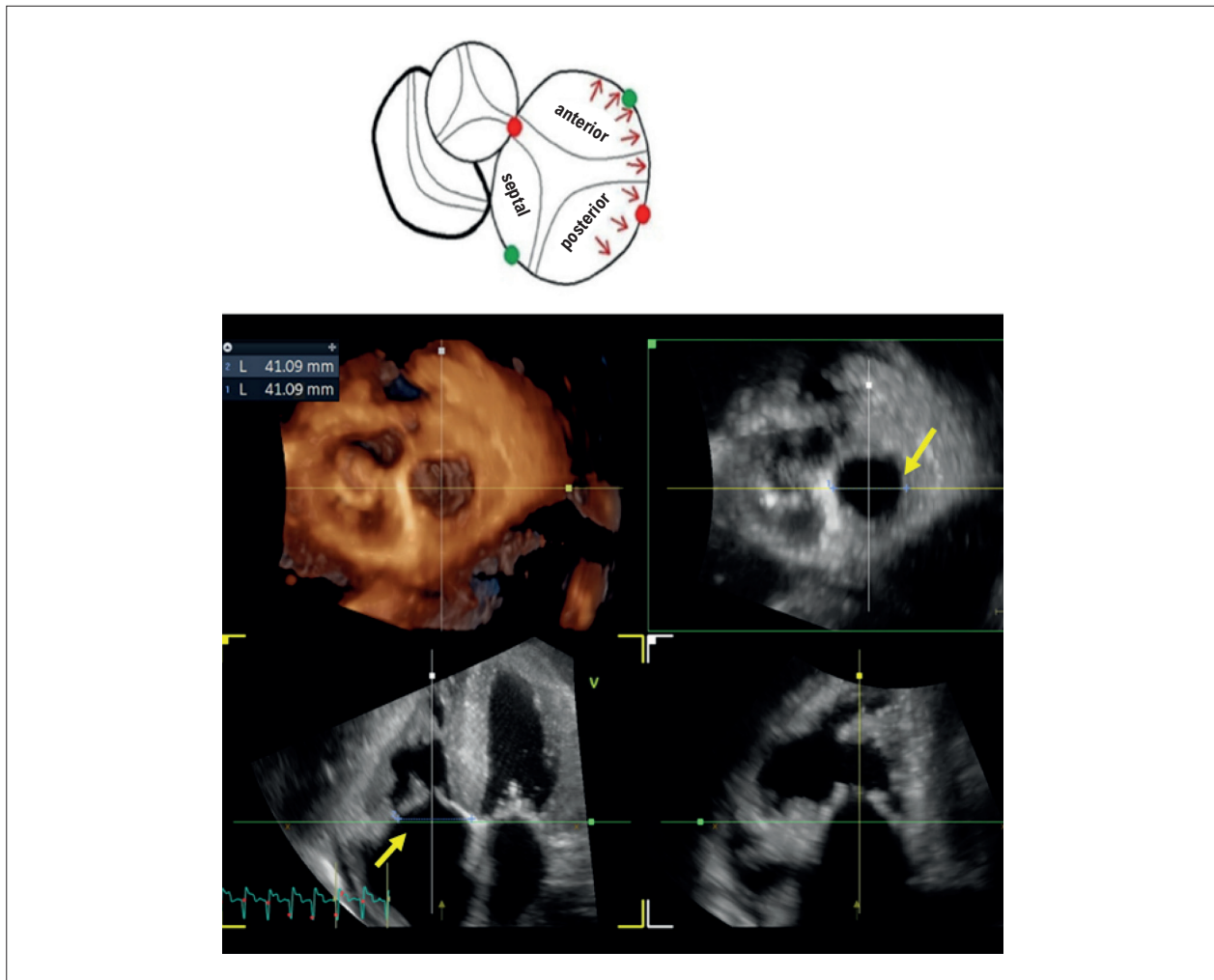


Figura 3 – Imagem evidenciando dilatação anteroposterior do anel tricúspide vista à ecocardiografia bidimensional e tridimensional (setas amarelas). Acima ilustração mostrando disposição anatômica do anel.

é realizado com maior acurácia pela ecocardiografia 3D em tempo real.²⁹

Além disso, durante os procedimentos para tratamento da insuficiência tricúspide, é essencial uma adequada demonstração anatômica da valva, bem como da interação entre as próteses e o tecido valvar, tornando-se essencial a utilização da ecocardiografia tridimensional transesofágica.

Limitações Técnicas e Perspectivas Futuras

Apesar dos avanços significativos, a ecocardiografia 3D ainda enfrenta desafios técnicos que limitam sua aplicação rotineira em todos os cenários clínicos. No entanto, o desenvolvimento de novas tecnologias e algoritmos de inteligência artificial tem impulsionado sua evolução contínua.

A. Resolução Temporal e Espacial

Uma das limitações mais reconhecidas da ecocardiografia 3D em relação à 2D é a menor resolução temporal. A aquisição com múltiplos batimentos é necessária para melhorar a resolução

temporal, especialmente quando a aquisição envolve volumes amplos. Entretanto, esse tipo de aquisição pode introduzir artefatos em pacientes não cooperativos, com instabilidade hemodinâmica, taquiarritmias ou padrão respiratório irregular.¹⁴ Além disso, a resolução espacial ainda é inferior à da ressonância magnética, podendo dificultar a delimitação endocárdica em VD com trabeculações intensas ou anatomia distorcida.^{30,31}

B. Dependência da Janela Acústica

A ecocardiografia 3D continua limitada pela qualidade da janela acústica. Em pacientes com DPOC, obesidade ou em ventilação mecânica, a imagem obtida pode ser inadequada para reconstrução precisa dos volumes do VD. Nesses casos, mesmo com softwares avançados, a análise pode ser inviável ou imprecisa.^{7,32}

C. Variabilidade e Curva de Aprendizado

Embora a acurácia da ecocardiografia 3D tenha sido demonstrada em estudos multicêntricos, ainda existe

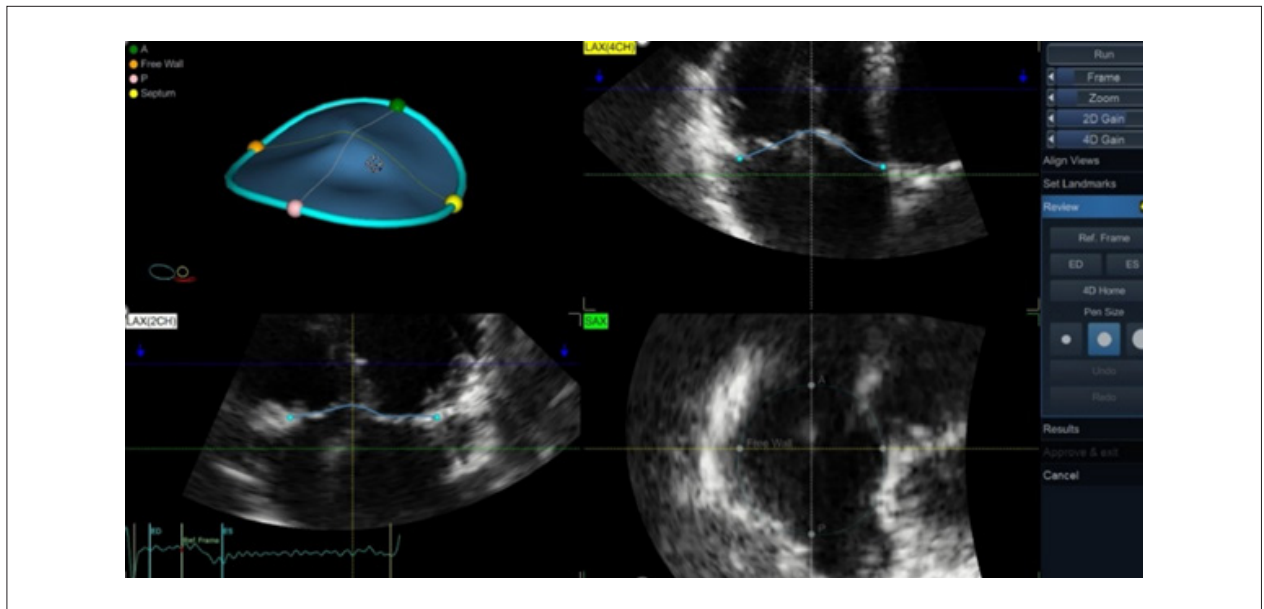


Figura 4 – Reconstrução multiplanar tridimensional da valva tricúspide por ecocardiografia 3D, evidenciando o modelo espacial do anel com pontos anatômicos de referência (ápice, septo, parede livre e comissuras). Os cortes ortogonais (LAX 4 câmaras, LAX 2 câmaras e SAX transversa) permitem o ajuste preciso do contorno e a análise detalhada da geometria valvar.

variabilidade interobservador significativa em centros com menor experiência. A curva de aprendizado para aquisição, reconstrução e interpretação é mais longa que a da ecocardiografia 2D, exigindo treinamento específico.³³

D. Tempo de Processamento e Workflow

O tempo de pós-processamento, apesar de reduzido com os softwares modernos, ainda representa uma barreira prática. Em ambientes de alta rotatividade como UTIs ou ambulatórios, o uso rotineiro pode ser dificultado pela necessidade de estações de trabalho com softwares específicos e operadores treinados.¹⁶

E. Perspectivas Futuras

As inovações mais promissoras no campo incluem:

- **Integração com inteligência artificial (IA):** A integração da IA na ecocardiografia tem acelerado a quantificação 3D do ventrículo direito: *Genovese et al.* demonstraram que softwares baseados em *machine learning* automatizam o contorno do VD, reduzindo a variabilidade interobservador e acelerando o tempo de análise até 15 segundos, sem edição manual, em cerca de 32 % dos casos, com excelente reprodutibilidade.¹¹ Uma revisão recente mostrou que a IA impacta todas as etapas do fluxo de trabalho — desde a aquisição automática de cortes padronizados até a interpretação funcional automatizada, promovendo maior eficiência clínica.³⁴
- **Ecocardiografia portátil com 3D (handheld ultrasound devices-HUDs):** Embora a maioria dos

estudos com dispositivos portáteis foque no ventrículo esquerdo, os resultados suportam a viabilidade da quantificação volumétrica automatizada do ventrículo direito, utilizando inteligência artificial ou algoritmos integrados em dispositivos portáteis. Isso reforça a discussão sobre o uso da ecocardiografia 3D no contexto clínico de emergência a beira-leito e em UTI.³⁵

- **Fusão multimodal com RM e TC:** A ecocardiografia 3D tem avançado além da quantificação isolada do VD, atuando como plataforma de integração multimodal com RMC e TC, especialmente em cenários complexos de cardiopatias congênitas e intervenções percutâneas. Uma revisão recente destaca essa utilidade clínica emergente, enfatizando a combinação de dados anatômicos e funcionais de múltiplas modalidades para planejamento e seguimento.³⁶
- **Avaliação de deformação tridimensional (strain 3D):** O *speckle tracking* tridimensional, uma tecnologia relativamente recente na ecocardiografia 3D, foi desenvolvido para permitir a análise simultânea da deformação miocárdica e a quantificação de volumes e fração de ejeção do Ventrículo Direito (VD) em um único conjunto de dados volumétricos.³⁰ Além da quantificação global, o *strain* 3D possibilita a avaliação do movimento regional da parede do VD, revelando padrões de deformação segmentar heterogêneos — achados que podem ter relevância prognóstica e auxiliar na compreensão da mecânica ventricular em diferentes contextos clínicos. Essa abordagem, portanto, representa um avanço potencialmente útil para complementar a análise funcional do VD, especialmente em doenças que cursam com remodelamento complexo.³⁰

- **Modelagem Tridimensional do VD: Integração Técnica e Aplicação Clínica Avançada:** modelagem tridimensional do VD, com base na ecocardiografia 3D, representa um salto tecnológico na avaliação morfofuncional cardíaca. Com algoritmos de segmentação e reconstrução volumétrica, é possível construir modelos anatômicos precisos do VD — incluindo suas regiões de entrada, corpo e via de saída — sem depender de suposições geométricas bidimensionais. Essas reconstruções têm alta fidelidade, com excelente acurácia para volumes e FEVD.^{37,16} Além de reproduzir a anatomia com alta precisão, esses modelos permitem gerar mapas segmentares de strain, possibilitando a análise do comportamento regional do miocárdio e identificação de discinesias ou áreas com alteração contrátil típica de cardiopatias congênitas ou disfunções valvares.³⁸ O uso destes métodos em pacientes com sobrecarga de volume ou pressão — por exemplo, em hipertensão pulmonar ou regurgitação valvar — já demonstrou utilidade na caracterização geométrica e funcional, com impacto direto na estratificação de risco e planejamento terapêutico.³⁹ No campo da educação médica e planejamento cirúrgico, modelos 3D têm sido integrados em ferramentas de realidade aumentada e sistemas de impressão 3D, possibilitando simulação anatômica personalizada para treinamento e para suporte à decisão interprofissional em casos complexos.⁴⁰
- **Auxílio no implante de dispositivos de assistência ventricular:** Em uma publicação recente, a avaliação ecocardiográfica tridimensional dos volumes e formato do VE e do VD é relatada como útil para descrever o impacto do dispositivo de assistência ventricular esquerda (DAVE) no coração.²⁵ A FEVD e a deformação da parede livre do VD derivadas da ecocardiografia tridimensional foram associadas à insuficiência do VD e ao desfecho a longo prazo em pacientes submetidos a implante de DAVE. Esses parâmetros têm o potencial de serem preditores de insuficiência cardíaca direita na cirurgia de DAVE.⁴¹

Conclusões

A ecocardiografia tridimensional representa uma das inovações mais relevantes na avaliação funcional e anatômica do VD na prática clínica moderna. Ao superar limitações inerentes à ecocardiografia bidimensional, especialmente relacionadas à complexidade geométrica do VD, o método oferece quantificação volumétrica direta, reprodutível e com excelente correlação com a ressonância magnética cardíaca — padrão de referência para avaliação da função e volume ventricular.

Sua aplicação clínica abrange desde o diagnóstico precoce da disfunção ventricular direita até o seguimento de terapias estruturais e a estratificação de risco em diversas cardiopatias, com parâmetros como fração de ejeção, volume sistólico final e área do anel tricúspide demonstrando valor prognóstico consistente.

Apesar de limitações técnicas ainda existentes, como menor resolução temporal, dependência de janela acústica e necessidade de curva de aprendizado, os avanços em inteligência artificial, automação da análise e miniaturização dos transdutores abrem perspectivas promissoras para expansão de seu uso em larga escala.

Diante disso, recomenda-se fortemente a incorporação progressiva da ecocardiografia 3D na rotina de laboratórios de imagem cardiovascular, especialmente na avaliação do VD, como ferramenta diagnóstica e prognóstica de primeira linha. O domínio técnico e interpretativo desse método será, nos próximos anos, um diferencial importante na prática do ecocardiografista moderno.

Agradecimentos

Os autores agradecem às equipes do laboratório de ecocardiografia do INCOR e do grupo Fleury pelo suporte técnico. Agradecem também aos colegas que contribuíram com sugestões e revisões críticas que aprimoraram a qualidade do manuscrito.

Este estudo não recebeu apoio financeiro direto de agências de fomento públicas ou privadas.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Politi TR, Barretto RBM, Sbrano JCN, Le Bihan DCS, Mathias Jr. W; obtenção de dados: Politi TR, Barretto RBM, Le Bihan DCS, Mathias Jr. W; análise e interpretação dos dados: Politi TR, Sbrano JCN, Le Bihan DCS, Mathias Jr. W; redação do manuscrito: Politi TR.

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

Conteúdos subjacentes ao texto da pesquisa estão contidos no manuscrito.

Referências

1. Shiota T, Jones M, Chikada M, Fleishman CE, Castellucci JB, Cotter B, et al. Real-Time Three-Dimensional Echocardiography for Determining Right Ventricular Stroke Volume in an Animal Model of Chronic Right Ventricular Volume Overload. *Circulation*. 1998;97(19):1897-900. doi: 10.1161/01.cir.97.19.1897.
2. Nesser HJ, Tkalec W, Patel AR, Masani ND, Niel J, Markt B, et al. Quantitation of Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction by Three-Dimensional Echocardiography in Patients: Comparison with Magnetic Resonance Imaging and Radionuclide Ventriculography. *Echocardiography*. 2006;23(8):666-80. doi: 10.1111/j.1540-8175.2006.00286.x.
3. Shiota T. 3D Echocardiography. 3rd ed. Philadelphia: Elsevier; 2021.
4. Focardi M, Cameli M, Carbone SF, Massoni A, De Vito R, Lisi M, et al. Traditional and Innovative Echocardiographic Parameters for the Analysis of Right Ventricular Performance in Comparison with Cardiac Magnetic Resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(1):47-52. doi: 10.1093/ehjci/jeu156.
5. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography Endorsed by the European Association of Echocardiography, a Registered Branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(7):685-713. doi: 10.1016/j.echo.2010.05.010.
6. Haddad F, Hunt SA, Rosenthal DN, Murphy DJ. Right Ventricular Function in Cardiovascular Disease, Part I: Anatomy, Physiology, Aging, and Functional Assessment of the Right Ventricle. *Circulation*. 2008;117(11):1436-48. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.107.653576.
7. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for Cardiac Chamber Quantification by Echocardiography in Adults: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(3):233-70. doi: 10.1093/ehjci/jev014.
8. Maffessanti F, Muraru D, Esposito R, Gripari P, Ermacora D, Santoro C, et al. Age-, Body Size-, and Sex-Specific Reference Values for Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction by Three-Dimensional Echocardiography: A Multicenter Echocardiographic Study in 507 Healthy Volunteers. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6(5):700-10. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000706.
9. Mukherjee M, Rudski LG, Addetia K, Afilalo J, D'Alto M, Freed BH, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults and Special Considerations in Pulmonary Hypertension: Recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(3):141-86. doi: 10.1016/j.echo.2025.01.006.
10. Soliman-Aboumarie H, Joshi SS, Cameli M, Michalski B, Manka R, Haugaa K, et al. EACVI Survey on the Multi-Modality Imaging Assessment of the Right Heart. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(11):1417-22. doi: 10.1093/ehjci/jeac183.
11. Genovese D, Rashedi N, Weinert L, Narang A, Addetia K, Patel AR, et al. Machine Learning-Based Three-Dimensional Echocardiographic Quantification of Right Ventricular Size and Function: Validation Against Cardiac Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(8):969-77. doi: 10.1016/j.echo.2019.04.001.
12. Tamborini G, Marsan NA, Gripari P, Maffessanti F, Brusoni D, Muratori M, et al. Reference Values for Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction with Real-Time Three-Dimensional Echocardiography: Evaluation in a Large Series of Normal Subjects. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(2):109-15. doi: 10.1016/j.echo.2009.11.026.
13. Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Reference Right Ventricular Systolic and Diastolic Function Normalized to Age, Gender and Body Surface Area from Steady-State Free Precession Cardiovascular Magnetic Resonance. *Eur Heart J*. 2006;27(23):2879-88. doi: 10.1093/eurheartj/ehl336.
14. 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. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(1):1-46. doi: 10.1093/ehjci/jeu316.
15. Wang S, Wang S, Zhu Q, Wang Y, Li G, Kong F, et al. Reference Values of Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction by Three-Dimensional Echocardiography in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:709863. doi: 10.3389/fcvm.2021.709863.
16. Muraru D, Spadotto V, Cecchetto A, Romeo G, Aruta P, Ermacora D, et al. New Speckle-Tracking Algorithm for Right Ventricular Volume Analysis from Three-Dimensional Echocardiographic Data Sets: Validation with Cardiac Magnetic Resonance and Comparison with the Previous Analysis Tool. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(11):1279-89. doi: 10.1093/ehjci/jev309.
17. Grapsa J, O'Regan DP, Pavlopoulos H, Durighel G, Dawson D, Nihoyannopoulos P. Right Ventricular Remodelling in Pulmonary Arterial Hypertension with Three-Dimensional Echocardiography: Comparison with Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11(1):64-73. doi: 10.1093/ejehocardi/jep169.
18. Jenkins C, Chan J, Bricknell K, Strudwick M, Marwick TH. Reproducibility of Right Ventricular Volumes and Ejection Fraction Using Real-Time Three-Dimensional Echocardiography: Comparison with Cardiac MRI. *Chest*. 2007;131(6):1844-51. doi: 10.1378/chest.06-2143.
19. Prihadi EA, van der Bijl P, Dietz M, Abou R, Vollema EM, Marsan NA, et al. Prognostic Implications of Right Ventricular Free Wall Longitudinal Strain in Patients with Significant Functional Tricuspid Regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2019;12(3):e008666. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.118.008666.
20. Kitano T, Kovács A, Nabeshima Y, Tokodi M, Fábán A, Lakatos BK, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Strains Using Novel Three-Dimensional Analytical Software in Patients with Cardiac Disease. *Front Cardiovasc Med*. 2022;9:837584. doi: 10.3389/fcvm.2022.837584.
21. Meng Y, Zhu S, Xie Y, Zhang Y, Qian M, Gao L, et al. Prognostic Value of Right Ventricular 3D Speckle-Tracking Strain and Ejection Fraction in Patients with HFpEF. *Front Cardiovasc Med*. 2021;8:694365. doi: 10.3389/fcvm.2021.694365.
22. Vijjiac A, Onciul S, Guzu C, Verinceanu V, Bătăiță V, Deaconu S, et al. The Prognostic Value of Right Ventricular Longitudinal Strain and 3D Ejection Fraction in Patients with Dilated Cardiomyopathy. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021;37(11):3233-44. doi: 10.1007/s10554-021-02322-z.
23. Li Y, Wang T, Haines P, Li M, Wu W, Liu M, et al. Prognostic Value of Right Ventricular Two-Dimensional and Three-Dimensional Speckle-Tracking Strain in Pulmonary Arterial Hypertension: Superiority of Longitudinal Strain Over Circumferential and Radial Strain. *J Am Soc Echocardiogr*. 2020;33(8):985-94.e1. doi: 10.1016/j.echo.2020.03.015.
24. Erley J, Tanacli R, Genovese D, Tapaskar N, Rashedi N, Bucius P, et al. Myocardial Strain Analysis of the Right Ventricle: Comparison of Different Cardiovascular Magnetic Resonance and Echocardiographic Techniques. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):51. doi: 10.1186/s12968-020-00647-7.
25. Addetia K, Uriel N, Maffessanti F, Sayer G, Adatya S, Kim GH, et al. 3D Morphological Changes in LV and RV during LVAD Ramp Studies. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(2 Pt 1):159-69. doi: 10.1016/j.jcmg.2016.12.019.
26. van der Zwaan HB, Helbing WA, McChie JS, Geleijnse ML, Luijnenburg SE, Roos-Hesselink JW, et al. Clinical Value of Real-Time Three-Dimensional Echocardiography for Right Ventricular Quantification in Congenital Heart Disease: Validation with Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(2):134-40. doi: 10.1016/j.echo.2009.12.001.

27. Dragulescu A, Grosse-Wortmann L, Fackoury C, Riffle S, Weiss M, Jaeggi E, et al. Echocardiographic Assessment of Right Ventricular Volumes after Surgical Repair of Tetralogy of Fallot: Clinical Validation of a New Echocardiographic Method. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(11):1191-8. doi: 10.1016/j.echo.2011.08.006.
28. Molnár AÁ, Sánta A, Merkely B. Echocardiography Imaging of the Right Ventricle: Focus on Three-Dimensional Echocardiography. *Diagnostics*. 2023;13(15):2470. doi: 10.3390/diagnostics13152470.
29. Agricola E, Asmarats L, Maisano F, Cavalcante JL, Liu S, Milla F, et al. Imaging for Tricuspid Valve Repair and Replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2021;14(1):61-111. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.01.031.
30. Ishizu T, Seo Y, Atsumi A, Tanaka YO, Yamamoto M, Machino-Ohtsuka T, et al. Global and Regional Right Ventricular Function Assessed by Novel Three-Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(12):1203-13. doi: 10.1016/j.echo.2017.08.007.
31. Wu VC, Takeuchi M. Three-Dimensional Echocardiography: Current Status and Real-Life Applications. *Acta Cardiol Sin*. 2017;33(2):107-18. doi: 10.6515/acs20160818a.
32. Herberg U, Smit F, Winkler C, Dalla-Pozza R, Breuer J, Laser KT. Real-Time 3D-Echocardiography of the Right Ventricle-Paediatric Reference Values for Right Ventricular Volumes Using Knowledge-Based Reconstruction: A Multicentre Study. *Quant Imaging Med Surg*. 2021;11(7):2905-17. doi: 10.21037/qims-20-1155.
33. Pinedo M, Villacorta E, Tapia C, Arnold R, López J, Revilla A, et al. Inter- and Intra-Observer Variability in the Echocardiographic Evaluation of Right Ventricular Function. *Rev Esp Cardiol*. 2010;63(7):802-9. doi: 10.1016/s1885-5857(10)70165-1.
34. Zhou J, Du M, Chang S, Chen Z. Artificial Intelligence in Echocardiography: Detection, Functional Evaluation, and Disease Diagnosis. *Cardiovasc Ultrasound*. 2021;19(1):29. doi: 10.1186/s12947-021-00261-2.
35. de Raat FM, van Houte J, Montenij LJ, Bouwmeester S, Felix SEA, Bingley P, et al. Evaluation of the Image Quality and Validity of Handheld Echocardiography for Stroke Volume and Left Ventricular Ejection Fraction Quantification: A Method Comparison Study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2024;40(1):15-25. doi: 10.1007/s10554-023-02942-7.
36. Randazzo M, Maffessanti F, Kotta A, Grapsa J, Lang RM, Addetia K. Added Value of 3D Echocardiography in the Diagnosis and Prognostication of Patients with Right Ventricular Dysfunction. *Front Cardiovasc Med*. 2023;10:1263864. doi: 10.3389/fcvm.2023.1263864.
37. Hameed A, Condliffe R, Swift AJ, Alabed S, Kiely DG, Charalampopoulos A. Assessment of Right Ventricular Function—a State of the Art. *Curr Heart Fail Rep*. 2023;20(3):194-207. doi: 10.1007/s11897-023-00600-6.
38. Addetia K, Lang RM. Decoding the Right Ventricle in 3 Dimensions. *JAMA Cardiol*. 2018;3(10):910-1. doi: 10.1001/jamacardio.2018.2452.
39. Otani K, Nabeshima Y, Kitano T, Takeuchi M. Accuracy of Fully Automated Right Ventricular Quantification Software with 3D Echocardiography: Direct Comparison with Cardiac Magnetic Resonance and Semi-Automated Quantification Software. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21(7):787-95. doi: 10.1093/ehjci/jez236.
40. Muraru D. 22nd Annual Feigenbaum Lecture: Right Heart, Right Now: The Role of Three-Dimensional Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2022;35(9):893-909. doi: 10.1016/j.echo.2022.05.011.
41. Magunia H, Dietrich C, Langer HF, Schibilsky D, Schlensak C, Rosenberger P, et al. 3D Echocardiography Derived Right Ventricular Function is Associated with Right Ventricular Failure and Mid-Term Survival after Left Ventricular Assist Device Implantation. *Int J Cardiol*. 2018;272:348-55. doi: 10.1016/j.ijcard.2018.06.026.



Sarcoidose Cardíaca: Papel da Multimodalidade de Imagens

Cardiac Sarcoidosis: The Role of Multimodal Imaging

Lara Cristiane Terra Ferreira Carreira,¹ Lívia Carreira,² Adriana Soares Xavier de Brito^{3,4}

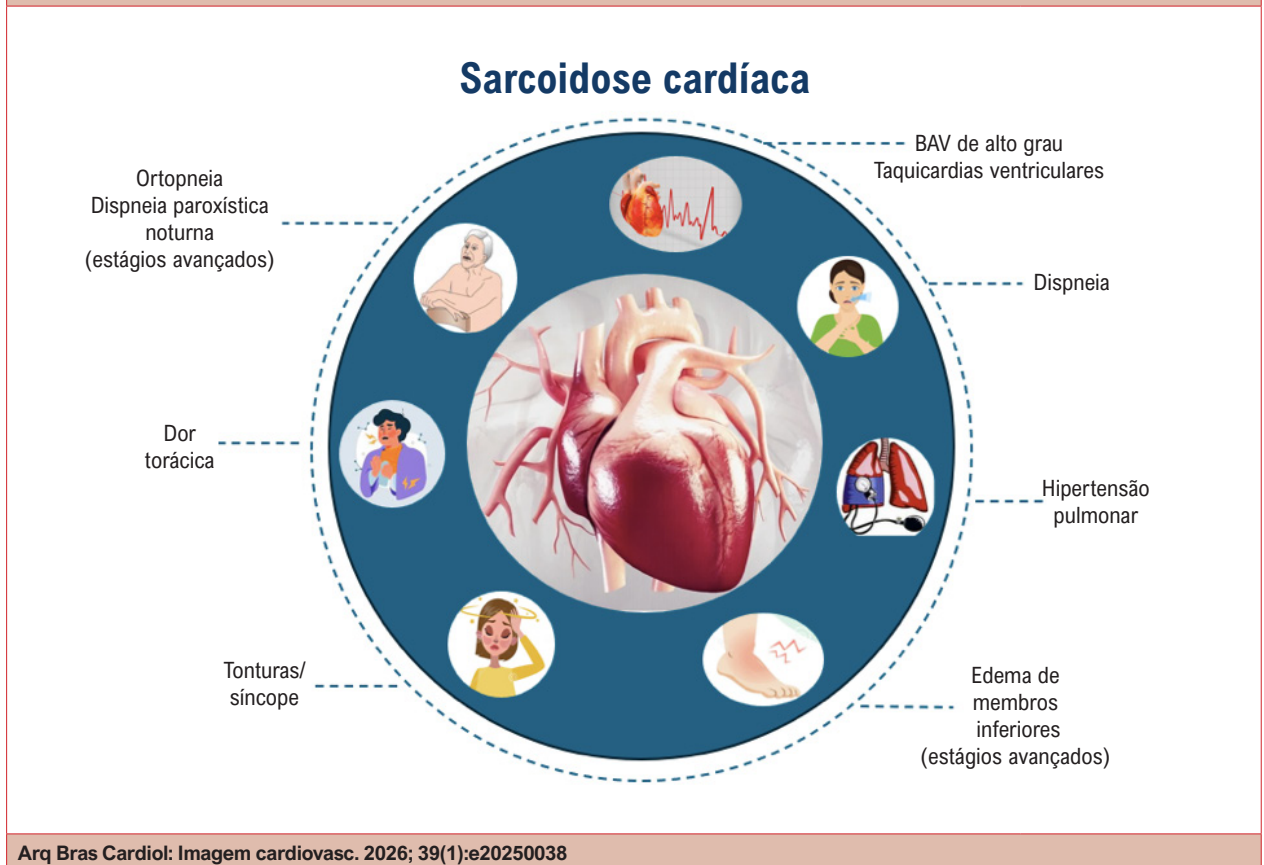
Cardiologia Nuclear de Curitiba (CNC),¹ Curitiba, PR – Brasil

PUC Paraná,² Curitiba, PR – Brasil

Instituto Nacional de Cardiologia,³ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Rede D'Or São Luiz,⁴ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Figura Central: Sarcoidose Cardíaca: Papel da Multimodalidade de Imagens



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026; 39(1):e20250038

Manifestações clínicas da sarcoidose cardíaca. BAV: bloqueio atrioventricular.

Palavras-chave

Sarcoidose; Tomografia por Emissão de Pósitrons; Fluordesoxiglicose F18; Imageamento por Ressonância Magnética; Imageamento Multimodal.

Correspondência: Adriana Soares Xavier de Brito •

Instituto Nacional de Cardiologia. Rua das Laranjeiras, 374. CEP: 22240-006.

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

E-mail: adrijssoares@hotmail.com

Artigo recebido em 08/02/2026; revisado em 09/02/2026; aceito em 09/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250038>

Resumo

A sarcoidose cardíaca (SC) é uma manifestação potencialmente grave da sarcoidose sistêmica, associada a bloqueios cardíacos avançados, arritmias ventriculares, insuficiência cardíaca e morte súbita. O diagnóstico permanece desafiador devido à variabilidade fenotípica e às limitações dos métodos diagnósticos convencionais. Avanços nas técnicas de imagem, especialmente a combinação de tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) com ¹⁸F-FDG e ressonância magnética cardíaca (RMC), revolucionaram a abordagem

diagnóstica e o acompanhamento terapêutico da SC. Este artigo revisa os conceitos atuais da SC, seu diagnóstico com foco no papel do PET/CT, a importância do preparo adequado do paciente e a integração com a RMC.

Introdução

A sarcoidose é uma doença granulomatosa inflamatória de etiologia desconhecida, caracterizada por granulomas não caseosos que podem afetar múltiplos órgãos.^{1,2}

A doença acomete os pulmões e os linfonodos torácicos em aproximadamente 90% dos casos, mas também pode envolver o coração, fígado, baço, pele, olhos, glândulas parótidas, entre outros órgãos e tecidos. Estima-se que 20% a 25% dos pacientes com sarcoidose pulmonar e/ou sistêmica apresentem envolvimento cardíaco assintomático (doença clinicamente silenciosa),² enquanto cerca de 5% apresentam envolvimento cardíaco clinicamente manifesto. Esse acometimento implica maior morbimortalidade, decorrente de uma cardiopatia infiltrativa com intensa inflamação miocárdica.

Aproximadamente metade dos casos de sarcoidose cardíaca (SC) ocorre na forma isolada, sem evidência de sarcoidose sistêmica.¹

A fisiopatologia da SC envolve uma resposta imunológica exagerada a antígenos ambientais em indivíduos geneticamente predispostos. Essa resposta culmina na ativação de células T e formação de granulomas, com posterior evolução para fibrose miocárdica. A doença afeta mais frequentemente indivíduos entre 25 e 55 anos, com predomínio em mulheres, pessoas negras e japonesas, sendo responsável por uma proporção significativa de morte súbita em adultos jovens.³

A SC pode se manifestar como arritmias, bloqueios atrioventriculares, cardiomiopatia dilatada ou morte súbita. Os sintomas cardíacos geralmente são dominantes, já que os pacientes costumam apresentar apenas comprometimento pulmonar de baixo grau e nenhum outro órgão.² A alta morbimortalidade torna essencial um diagnóstico precoce e preciso (Figura Central).

A prevalência da SC tem aumentado nas últimas duas décadas, provavelmente devido à utilização de imagens cardíacas avançadas. No entanto, continua sendo uma causa reversível de cardiomiopatia e arritmias ainda subdiagnosticada.

Diagnóstico clínico e critérios atuais

A investigação de SC deve ser realizada em indivíduos com sarcoidose sistêmica conhecida, especialmente na presença de acometimento de outros órgãos. Além disso, a hipótese diagnóstica deve ser considerada em pacientes com menos de 55 anos que apresentem bloqueio atrioventricular (BAV), arritmias ventriculares ou insuficiência cardíaca de etiologia não esclarecida.

O diagnóstico da SC permanece desafiador devido à falta de sensibilidade e especificidade de um único método diagnóstico, ressaltando a importância da suspeita clínica elevada, do uso de imagens multimodais para orientar o diagnóstico e o tratamento e dos achados histológicos.

A biópsia endomiocárdica permanece como o padrão ouro para o diagnóstico de SC, mas, devido ao padrão de envolvimento irregular e predominantemente mesocárdico, apresenta um rendimento diagnóstico em torno de 25% a 30%, com elevada taxa de falsos negativos. Por isso, há um contínuo debate sobre a real necessidade de confirmação histológica para o diagnóstico definitivo.⁴

Os principais critérios diagnósticos para SC são os estabelecidos pela Heart Rhythm Society (HRS)⁵ e pela Japanese Circulation Society (JCS).⁶ Segundo a HRS, o diagnóstico definitivo requer comprovação histológica de granulomas não caseosos no miocárdio, enquanto o diagnóstico provável pode ser estabelecido na presença de sarcoidose extracardíaca confirmada e evidências típicas de envolvimento cardíaco, seja por imagem ou manifestações clínicas características. Por outro lado, a JCS admite o diagnóstico de SC isolada mesmo na ausência de confirmação histológica, desde que haja achados clínicos e de imagem compatíveis, permitindo maior sensibilidade na detecção de casos sem sarcoidose sistêmica aparente.

Embora esses critérios ainda sejam amplamente utilizados, especialmente em contextos regionais, nenhum conjunto de critérios é perfeito ou universalmente aplicável.

A tendência atual é abandonar o uso rígido e binário desses critérios (positivo/negativo) e adotar uma abordagem probabilística integrada, classificando o diagnóstico como:

- Definido
- Altamente provável
- Provável
- Possível/baixa probabilidade

Essa abordagem é inspirada na classificação da World Association of Sarcoidosis and Other Granulomatous Disorders (WASOG) e tem sido adotada por diversos autores para incorporar o peso relativo dos achados clínicos, laboratoriais e de imagem avançada (RMC e PET, Figura 1) na probabilidade final de SC.³

A sarcoidose é frequentemente chamada de “a grande simuladora”, devido às suas manifestações diversas, e deve ser diferenciada de outras síndromes cardíacas com fenótipo semelhante, como miocardite aguda, cardiomiopatia inflamatória crônica (incluindo aquelas relacionadas a doenças autoimunes, hereditárias e infiltrativas) e outras doenças granulomatosas. O contexto clínico e a imagem cardíaca muitas vezes são insuficientes para diferenciar a sarcoidose de outras formas de patologia cardíaca que causam cardiomiopatia arritmogênica hereditária ou miocardite. O amplo espectro de apresentações clínicas e as limitações para se obter confirmação histopatológica, especialmente nos casos de SC clinicamente isolada, são desafios adicionais para distingui-la de diagnósticos alternativos. Para lidar com essa complexidade, é necessária uma equipe multidisciplinar, composta por especialistas em sarcoidose sistêmica, insuficiência cardíaca, eletrofisiologia, imagem cardíaca avançada, genética cardiovascular e patologia cardíaca.³

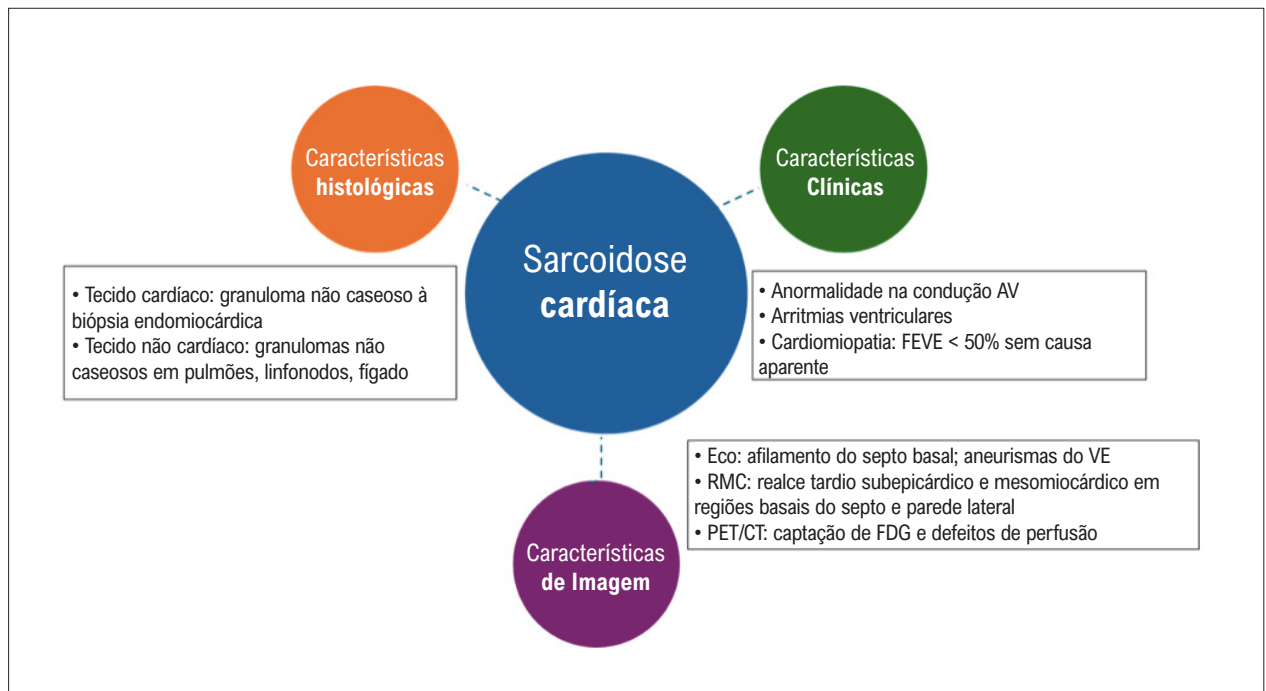


Figura 1 – Diagnóstico da sarcoidose cardíaca. AV: atrioventricular; Eco: ecocardiografia; FDG: fluorodesoxiglicose; FEVE: fração de ejeção ventricular esquerda; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada; RMC: ressonância magnética cardíaca; VE: ventrículo esquerdo.

Modalidades diagnósticas

Eletrocardiografia

Embora amplamente disponível, o eletrocardiograma (ECG) tem baixa sensibilidade e especificidade para o diagnóstico de SC.⁷ Entretanto, algumas anormalidades eletrocardiográficas, como retardo na condução, BAV, extrassístoles ventriculares multifocais ou frequentes, bloqueios de ramo direito ou esquerdo e ondas Q anormais, são incorporadas como critérios por diretrizes diagnósticas.^{5,6}

O Holter ECG pode aumentar a suspeita de SC na presença de extrassístoles ventriculares frequentes, alterações de condução de alto grau ou arritmias ventriculares como taquicardia ventricular.³

Ecocardiografia

A ecocardiografia transtorácica é amplamente disponível e pode ser utilizada como uma ferramenta inicial para detectar anormalidades estruturais e funcionais no coração, embora não forneça caracterização tecidual detalhada.⁷ Apesar do ecocardiograma anormal ser útil para determinar o envolvimento cardíaco em um paciente com suspeita de SC (sensibilidade baixa a moderada), o ecocardiograma normal não exclui a presença de envolvimento cardíaco (baixa especificidade). Achados anormais que apoiam o diagnóstico de SC podem incluir critérios como adelgaçamento septal, anatomia anormal da parede ventricular (aneurisma ventricular, espessamento regional da parede ventricular),

disfunção sistólica inexplicável do ventrículo esquerdo (VE) ou dilatação do VE.⁸ Quando combinada com sintomas clínicos, alterações no ECG ou Holter, o ecocardiograma aumenta a sensibilidade para a detecção de SC. Além disso, abordagens ecocardiográficas mais recentes, incluindo medidas da deformação (*strain*) longitudinal global, podem ajudar na identificação precisa de pacientes com SC com fração de ejeção ventricular esquerda (FEVE) preservada.⁹

Apesar da baixa sensibilidade e especificidade, o ecocardiograma pode ser útil para a triagem inicial da SC e para o monitoramento seriado, devido à sua ampla disponibilidade e baixo custo.

Imagem de perfusão miocárdica

A cintilografia de perfusão miocárdica geralmente evidencia áreas segmentares de hipocaptação do traçador no miocárdio ventricular dos pacientes com SC, sendo útil na avaliação da presença de cicatrizes em repouso, resultantes de compressão microvascular e/ou de substituição fibrogranulomatosa do tecido miocárdico, o que pode gerar defeitos de perfusão. Geralmente, esses defeitos não seguem o padrão típico de distribuição vascular da doença arterial coronariana, exceto em casos de acometimento muito extenso. Logo, são achados inespecíficos, podendo ser observados em cardiomiopatias dilatadas isquêmicas ou de outras etiologias. Assim, a imagem de perfusão miocárdica isolada não é suficiente para estabelecer com confiança o diagnóstico de SC, especialmente na ausência de sintomas cardíacos.

Por outro lado, a tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada (PET/CT) com ^{18}F -fluordesoxiglicose (^{18}F -FDG) para avaliação do metabolismo miocárdico, associada às imagens de perfusão obtidas por ^{13}N -amônia, ^{82}Rb ou, alternativamente, por tomografia computadorizada de emissão de fóton único (SPECT) com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi, consolidou-se como uma ferramenta valiosa no diagnóstico e estadiamento da SC. Essa abordagem híbrida permite a identificação simultânea de inflamação ativa e áreas de fibrose, contribuindo para uma melhor estratificação da atividade e da cronicidade da doença.¹⁰

Ressonância magnética cardíaca

A ressonância magnética cardíaca (RMC) é uma técnica de alta resolução espacial que, além da avaliação detalhada da função biventricular, identifica e quantifica áreas de dano miocárdico, incluindo edema e cicatriz, principalmente por meio da técnica de realce tardio com gadolínio (RTG).

O gadolínio é um agente de contraste extracelular com eliminação rápida do miocárdio normal, mas eliminação lenta de áreas de fibrose e inflamação, resultando em realce tardio no espaço extracelular expandido.

Permite a avaliação precisa e não invasiva de todo o coração, com alta acurácia para detectar alterações focais do miocárdio típicas da SC, tanto na fase aguda (edema) quanto crônica (fibrose). Além disso, fornece informações detalhadas sobre a estrutura e função cardíaca, possibilitando também a identificação de linfadenopatias mediastinais e hilares, alterações hepatoesplênicas e nódulos pulmonares que podem sugerir sarcoidose extracardíaca. A técnica ainda é capaz de detectar outras cardiomiopatias e doença isquêmica, o que reforça seu valor no diagnóstico diferencial.

A RMC tornou-se uma ferramenta fundamental na avaliação diagnóstica da SC, sendo recomendada de forma rotineira nos pacientes com suspeita clínica da doença, sobretudo diante da reconhecida baixa sensibilidade do ecocardiograma.¹⁰

Usando critérios clínicos como referência e padrões de RTG não isquêmicos como definição de positividade, a RMC demonstrou alta sensibilidade (95%) e especificidade (85%) para o diagnóstico de SC, segundo uma metanálise de 17 estudos envolvendo 1.031 indivíduos.¹¹

A presença de RTG é o fator preditor mais forte de mortalidade por todas as causas e de arritmias ventriculares sustentadas em indivíduos com SC conhecida ou suspeita.¹²

Em uma revisão sistemática e metanálise de imagens patológicas macroscópicas de corações com SC confirmada histologicamente, foram identificados locais comuns de acometimento cardíaco pela sarcoidose: envolvimento subepicárdico do VE, septo interventricular, envolvimento multifocal do VE e parede livre do ventrículo direito (VD) foram observados em mais de 90% dos casos (características frequentes na patologia).¹³

Contudo, em muitos casos, o padrão de RTG pode ser inespecífico, dificultando a diferenciação entre SC, miocardite e outras cardiomiopatias. Logo, nenhum padrão de RTG é suficiente, por si só, para estabelecer o diagnóstico de SC.

Sendo assim, recomenda-se que os achados de RMC sejam analisados por equipe multidisciplinar em ambiente de correlação multimodal.

A RMC também oferece um alto valor preditivo negativo, tanto para descartar a doença quanto para identificar pacientes com baixa taxa de eventos, e pode ser útil na avaliação de outros diagnósticos diferenciais (por exemplo: cardiomiopatia arritmogênica do VD, miocardite, infarto do miocárdio prévio).

Tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada com ^{18}F -fluordesoxiglicose

O FDG, um análogo da glicose, é sequestrado em células inflamatórias ativadas, como macrófagos e linfócitos, através de proteínas de transporte de glicose independentes de insulina (GLUT1 e GLUT3) e, portanto, acumula-se em áreas de metabolismo regulado da glicose, como locais hipermetabólicos de infiltração de sarcoidose miocárdica. Logo, detecta lesões inflamatórias metabolicamente ativas.

Revisões mostram uma sensibilidade diagnóstica de 91% e especificidade de 75,5% no diagnóstico de SC com ^{18}F -FDG-PET/CT. A principal causa da baixa especificidade e alta variabilidade parece estar associada à captação fisiológica do FDG no miocárdio normal. Logo, uma preparação adequada para o estudo é essencial para diagnosticar com precisão a SC usando ^{18}F -FDG-PET/CT.

A ^{18}F -FDG-PET/CT fornece informações anatômicas e morfológicas úteis para avaliar localização, extensão, atividade e estágio da doença. Complementar à RMC, permite um diagnóstico não invasivo guiado por imagem, além de identificar locais extracardíacos acessíveis para biópsia, contribuindo para a confirmação histológica da sarcoidose sistêmica.

Além disso, é aplicada para monitoramento da resposta terapêutica, acompanhamento longitudinal, estratificação de risco e prognóstico.¹⁴

O padrão mais característico da SC pela ^{18}F -FDG-PET/CT é a captação multifocal do radiofármaco, sobretudo quando coincide com defeitos de perfusão em repouso (padrão *mismatch* metabólico-perfusional), situação que caracteriza o desarranjo entre perfusão e metabolismo (Figura 2B). Em alguns casos, a captação focal de FDG restrita ao septo interventricular — mesmo na ausência de realce tardio na RMC — pode representar o único sinal por imagem de acometimento sarcoídico, especialmente em pacientes com bloqueio cardíaco (Figura 2A). Quando o tecido inflamatório ativo é substituído por fibrose, não se observa a captação de FDG nos locais de RTG (padrão *match*), ou seja, doença metabolicamente inativa (Figura 2C). Achados de captação de FDG que podem levar a falsos positivos decorrem de supressão fisiológica inadequada ou de aumento da captação glicêmica em condições como miocárdio hibernante, cardiomiopatias dilatadas inflamatórias ou genéticas, infarto recente e, também, em resposta inflamatória a procedimentos cardíacos recentes, como ablação ventricular (Figura 2D).³

A extensão da captação de FDG tem sido correlacionada com o risco de eventos adversos como morte, arritmias

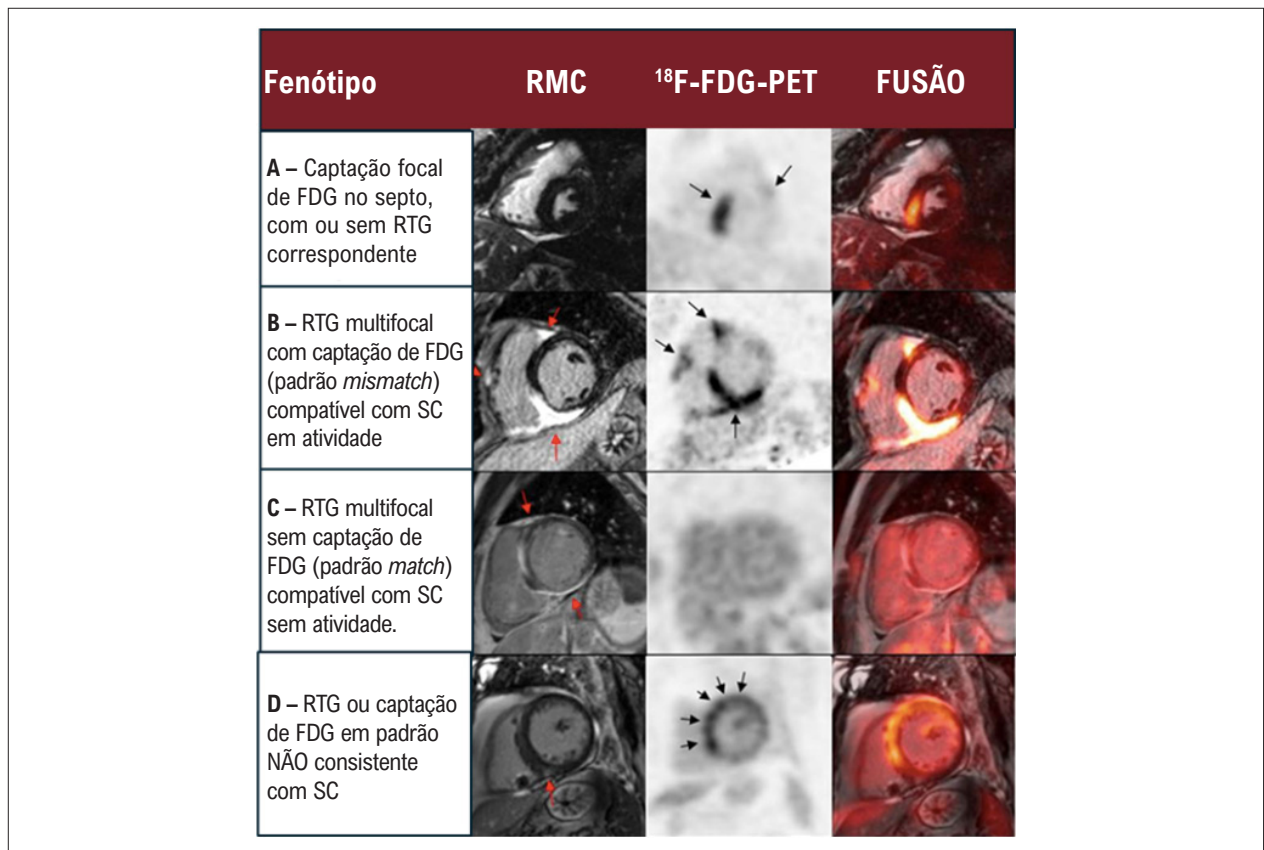


Figura 2 – Achados na ressonância magnética cardíaca e ¹⁸F-FDG-PET de acordo com o fenótipo da doença (adaptado de Cheng e cols.3). FDG: fluordesoxiglicose; PET: tomografia por emissão de pósitrons; RMC: ressonância magnética cardíaca; RTG: realce tardio com gadolínio; SC: sarcoidose cardíaca.

ventriculares e hospitalizações por insuficiência cardíaca, embora a RMC com RTG tenha mostrado uma capacidade prognóstica superior em alguns estudos.¹⁵

Apesar de ainda não existirem dados suficientes que justifiquem o uso exclusivo da FDG-PET para estratificação de risco de morte súbita cardíaca, sua associação com a RMC e com dados clínicos pode ser valiosa para avaliação prognóstica.

Preparação do paciente para o PET com ¹⁸F-FDG: método para suprimir a captação fisiológica de FDG no miocárdio normal

É importante ressaltar que a glicose é uma fonte de energia comum nas células saudáveis do miocárdio, entretanto, diferentemente das células inflamatórias, os miócitos absorvem a glicose através de um mecanismo dependente de insulina (GLUT4) regulado pelo jejum e pela composição da dieta. Mais de 90% do metabolismo energético do miocárdio em jejum é baseado no metabolismo de ácidos graxos. A maior parte dos 10% restantes envolve outras substâncias, incluindo glicose. No entanto, o metabolismo de glicose do miocárdio em jejum varia entre os indivíduos, e, em alguns casos, observa-se a captação de FDG no miocárdio, mesmo sob condições de

jejum. Essa variação dificulta o uso do PET com ¹⁸F-FDG para imagem de inflamação miocárdica, o que pode afetar a precisão diagnóstica. Consequentemente, induzir uma “mudança metabólica” no coração, definida como a transição da utilização de glicose para ácidos graxos e cetonas derivadas de ácidos graxos, pode levar à supressão da captação normal de FDG no coração (através da inibição da translocação do GLUT4) e à identificação de células inflamatórias ávidas por FDG.

O objetivo é suprimir a captação fisiológica de glicose pelo miocárdio. Para isso, orienta-se dieta rica em gordura e isenta de carboidratos por 12 a 24 horas, seguida por jejum prolongado de 12 a 18 horas antes do exame. A administração intravenosa de heparina não fracionada (50 UI/kg), 15 minutos antes da injeção do FDG, também tem sido considerada e realizada por alguns centros. A atividade física deve ser evitada por 24 horas antes do exame (12 horas, no mínimo), pois aumenta a captação miocárdica de FDG. Recomenda-se também uma boa noite de sono. (Figura 3).

Em caso de pacientes diabéticos insulino-dependentes, não é permitido o uso de insulina no dia do exame. O nível de glicose sérica deve estar abaixo de 180 mg/dL.¹⁶

As imagens são adquiridas em torno de 60 a 90 minutos após a injeção do FDG.

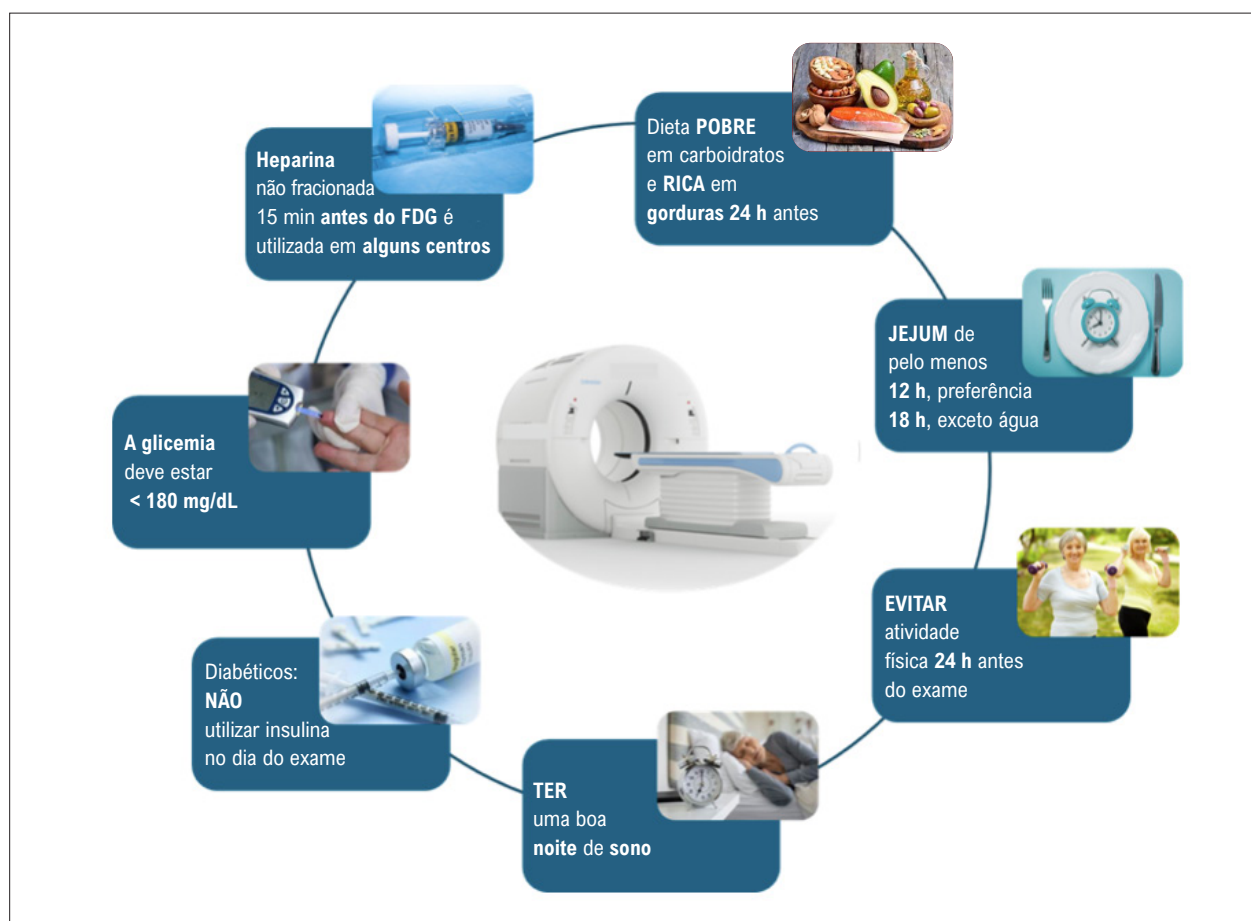


Figura 3 – Preparo do paciente para a ^{18}F -FDG-PET/CT. FDG: fluordesoxiglicose; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

Interpretação da ^{18}F -FDG-PET/CT cardíaca

A interpretação das imagens ^{18}F -FDG-PET/CT na SC baseia-se na identificação de padrões de captação de FDG, como captação focal ou focal sobre difusa, que são indicativos de inflamação ativa.

A análise semiquantitativa, utilizando o valor máximo de captação padronizado (SUV, do inglês *standard uptake value*), pode ajudar a quantificar a atividade inflamatória e avaliar a resposta ao tratamento,¹⁷ embora não haja evidência que relacione valores específicos de SUV com desfechos clínicos, nem exista um limite validado de SUV que diferencie SC de miocárdio normal.

No contexto do monitoramento da resposta ao tratamento, a FDG-PET é utilizada para avaliar mudanças na atividade inflamatória após a introdução de terapias imunossupressoras, como por exemplo corticosteroide. A redução na captação de FDG após o tratamento é associada a uma resposta favorável.¹⁷

Análise conjunta da RMC com FDG-PET

Estudos demonstram que a abordagem híbrida RMC/FDG-PET melhora a precisão diagnóstica e prognóstica em pacientes com SC. A presença simultânea de RTG e captação

de FDG é um forte indicador de SC ativa, associada a um risco aumentado de eventos cardíacos adversos, como parada cardíaca e taquicardia ventricular.¹⁸

Além disso, a combinação dessas modalidades permite uma melhor estratificação de risco e monitoramento da resposta ao tratamento, especialmente em pacientes com envolvimento cardíaco suspeito ou confirmado.¹⁹

A abordagem híbrida também é útil em casos complexos, como pacientes com infarto do miocárdio prévio, onde a diferenciação entre fibrose pós-infarto e inflamação sarcoidótica pode ser desafiadora.

Portanto, a combinação de FDG-PET e RMC oferece uma visão mais completa da patologia cardíaca, auxiliando na tomada de decisões clínicas e no manejo terapêutico da SC.

Considerações finais

Em pacientes com suspeita clínica de sarcoidose com envolvimento cardíaco, a RMC oferece um excelente teste de triagem, pois a ausência de RTG está associada a um alto valor preditivo negativo para a exclusão de doença, bem como a um excelente prognóstico. Em pacientes com contraindicações à RMC e naqueles com sintomas sugestivos de doença em

atividade, a FDG-PET em conjunto com a cintilografia de perfusão miocárdica em repouso também pode ser utilizada para o diagnóstico de doença cardíaca e extracardíaca. Além disso, a avaliação seriada da inflamação por FDG-PET tem sido preconizada para acompanhar a resposta à terapia, orientando assim a duração e escolha dos medicamentos. No entanto, embora haja um reconhecimento crescente de que as imagens com RMC e FDG-PET possam identificar pacientes com maior risco de eventos adversos, não existem ensaios clínicos multicêntricos randomizados orientando e padronizando o seguimento. Estudos futuros são necessários para determinar o benefício das terapias guiadas por imagem, visando melhorar o prognóstico desses pacientes.

Casos clínicos ilustrativos

Caso 1 – Paciente do sexo feminino, 68 anos, portadora de hipertensão arterial. Procurou a emergência hospitalar devido à taquicardia e dispnéia em repouso. O ECG revelou taquiarritmia ventricular sustentada e quadro clínico de insuficiência cardíaca descompensada. Foi realizada cardioversão elétrica imediata e administrada amiodarona venosa. A coronariografia invasiva revelou artérias coronárias sem lesões obstrutivas, disfunção sistólica grave do VE e hipocinesia difusa. A RMC revelou aumento moderado do átrio esquerdo, VE com disfunção sistólica global (FEVE = 40%). Presença de quantidade moderada de realce tardio multifocal, sem relação com a topografia coronariana; de padrão transmural nos segmentos anterior (apical e

basal); de padrão heterogêneo, mesoepicárdico, poupando o endocárdio acometendo os segmentos inferiores, anterolateral (medial e basal) e de padrão heterogêneo no lado ventricular direito do septo interventricular, com padrão compatível com SC (Figura 4A). Foi indicada a pulsoterapia com corticosteroide venoso, seguida por implante de cardiodesfibrilador.

Dois meses após a alta hospitalar e com redução da dose do corticosteroide, a paciente apresentou cansaço aos esforços, palpitações e febre vespertina. Não havia outros sintomas de infecção e o leucograma revelou leucocitose discreta. Houve suspeita de recidiva da inflamação miocárdica por doença em atividade. Foi solicitada PET/CT com ^{18}F -FDG associada a cintilografia miocárdica de perfusão em repouso com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi para avaliação de inflamação e perfusão. A cintilografia demonstrou hipoperfusão anterosseptal, septo-apical e apical, FEVE de 29%, hipocinesia difusa e acinesia dos segmentos apicais (Figura 4B). O ^{18}F -FDG-PET/CT revelou captação anômala do radiofármaco em toda a parede anterior e septal do VE, poupando a parede inferolateral, correspondendo a processo inflamatório em atividade, com padrão descrito como “focal em difuso” (Figura 4C).

A paciente foi orientada a retornar à prednisona, para dose de 1 mg/kg/dia, e metotrexato foi associado ao tratamento. Apresentou boa resposta e melhora clínica significativa.

Caso 2 – Paciente do sexo masculino, 56 anos, sem comorbidades. Recebeu o diagnóstico de infarto do

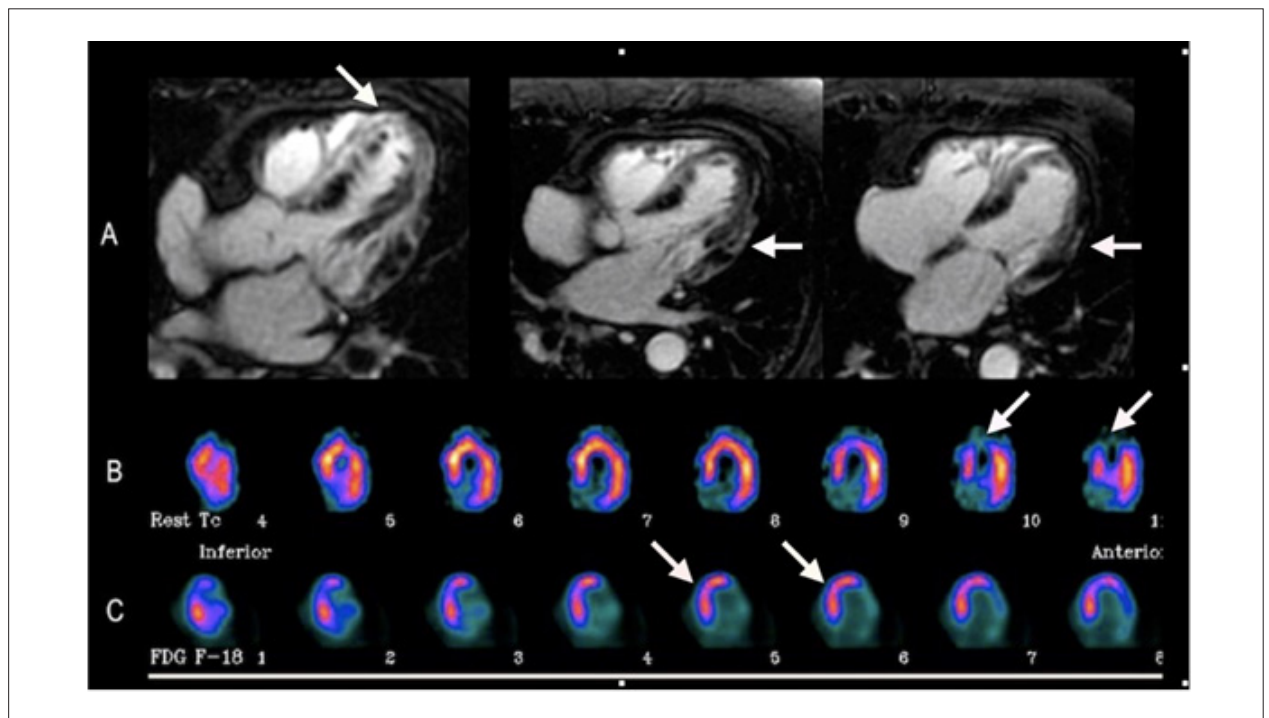


Figura 4 – (A) Ressonância magnética cardíaca com gadolínio demonstrando realce tardio na região septo-apical e lateral. (B) Cintilografia miocárdica de perfusão com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi – eixo longo horizontal demonstrando hipoperfusão nos segmentos apicais. (C) ^{18}F -FDG-PET/CT com captação anômala do radiotraçador no ventrículo esquerdo, poupando a parede inferolateral, configurando o padrão focal em difuso. FDG: fluordesoxiglicose; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

miocárdio com coronárias não obstrutivas (MINOCA) após internação hospitalar por dor torácica e dispneia, com angiogramografia de coronárias e coronariografia invasiva sem lesões obstrutivas. Realizou RMC que demonstrou VE com volumes aumentados, espessura de parede reduzida e acinesia dos segmentos inferiores, inferosseptal e inferolateral basal. A massa miocárdica com RTG foi estimada em 27% do VE. O ecocardiograma confirmou esses achados, com acinesia e afilamento do segmento basal da parede inferior, hipocinesia das demais paredes, mais acentuada no septo inferior e inferolateral e disfunção global do VE (FEVE = 35%). O ECG demonstrou ritmo sinusal, BAV de 1º grau e bloqueio de ramo esquerdo completo. Permaneceu em tratamento clínico para insuficiência cardíaca e MINOCA.

Após dois anos evoluiu com piora da classe funcional, com cansaço progressivo até os moderados esforços. Realizou Holter de 24 horas que demonstrou períodos de BAV total e foi encaminhado para implante de marcapasso, com suspeita de doença inflamatória/infiltrativa. O paciente foi encaminhado para o exame de PET/CT com ^{18}F -FDG e cintilografia miocárdica de perfusão em repouso com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi para avaliação de inflamação e perfusão.

A cintilografia SPECT/CT demonstrou hipoperfusão acentuada em toda parede inferior, inferolateral e inferosseptal basal, FEVE de 31%, hipocinesia difusa e acinesia da parede inferior e discinesia inferosseptal (Figuras 5 e 6, respectivamente). A ^{18}F -FDG-PET/CT revelou captação anômala do radiofármaco na região septal, inferior e toda a extensão da parede lateral, correspondendo a processo inflamatório em atividade (Figura 7), demonstrando o “mismatch metabólico-perfusional”, padrão descrito como “focal em difuso”. Além disso, houve hipercaptação em linfonodos da cadeia subcarinal e nos hilos pulmonares. A biópsia de linfonodo confirmou o diagnóstico de sarcoidose e o paciente foi submetido a terapia com corticosteroide, com boa resposta evolutiva da classe funcional, e incremento na função ventricular esquerda.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Carreira LCTF, Carreira L, Brito ASX.

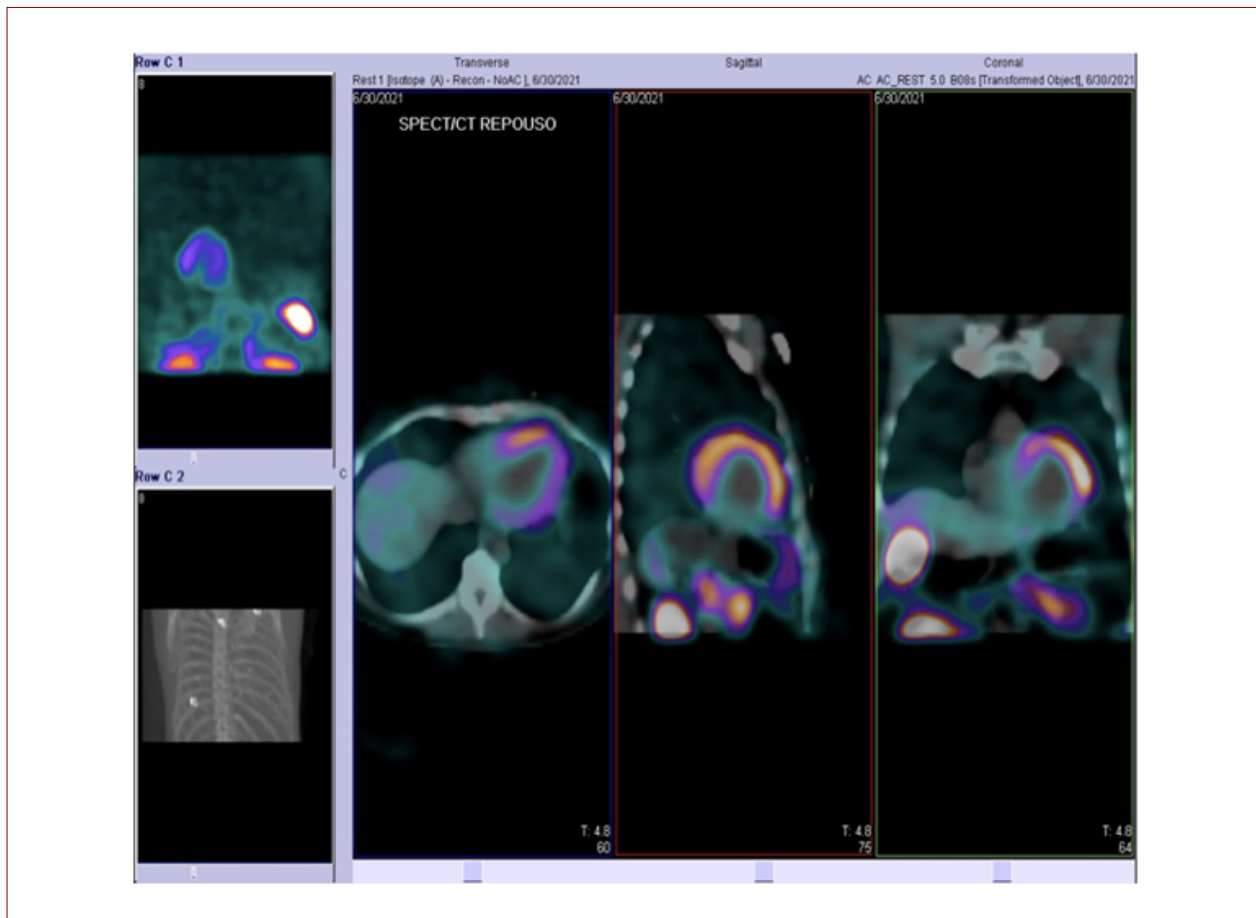


Figura 5 – SPECT/CT com $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -sestamibi com imagens de fusão nos eixos axial, sagital e coronal demonstrando hipoperfusão acentuada do radiotraçador nas paredes inferior, inferosseptal e inferolateral do ventrículo esquerdo. SPECT/CT: tomografia computadorizada de emissão de fóton único/tomografia computadorizada.

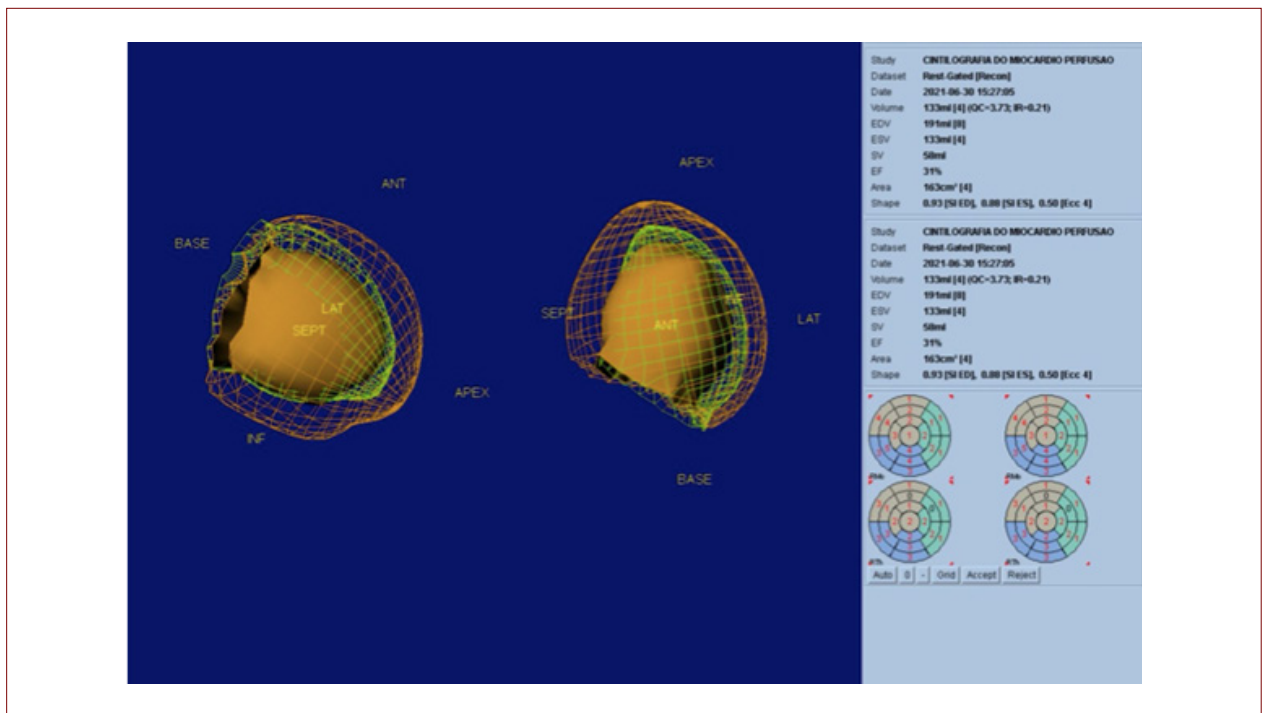


Figura 6 – Gated-SPECT em repouso com uma reconstrução tridimensional do ventrículo esquerdo demonstrando fração de ejeção de 31%, aumento dos volumes ventriculares, acinesia inferior e discinesia inferosseptal. SPECT: tomografia computadorizada de emissão de fóton único.

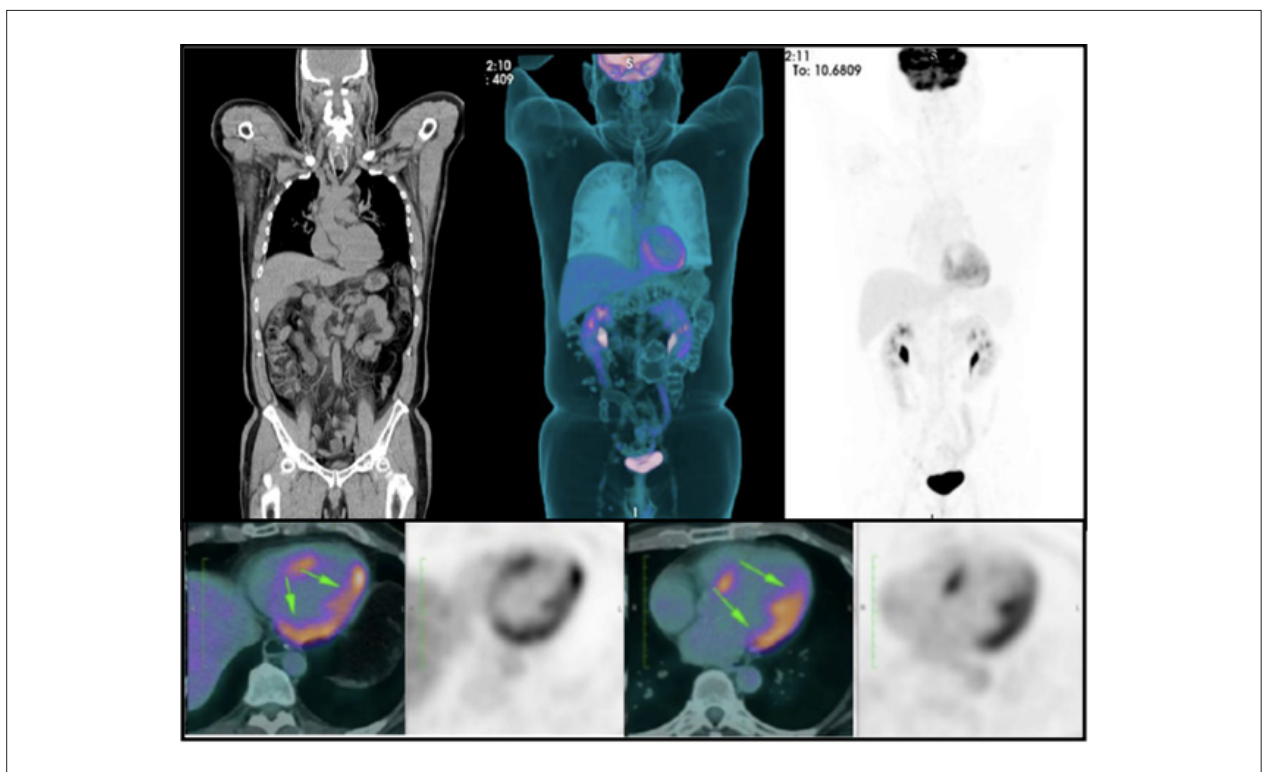


Figura 7 – ^{18}F -FDG-PET/CT demonstrando aumento heterogêneo da captação do radiotraçador nas paredes do ventrículo esquerdo, envolvendo a região do septo interventricular e com destaque na parede lateral. FDG: fluordesoxiglicose; PET/CT: tomografia por emissão de pósitrons/tomografia computadorizada.

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. Mathai SV, Patel S, Jorde UP, Rochlani Y. Epidemiology, Pathogenesis, and Diagnosis of Cardiac Sarcoidosis. *Methodist DeBakey Cardiovasc J*. 2022;18(2):78-93. doi: 10.14797/mdcvj.1057.
2. Birnie DH, Nery PB, Ha AC, Beanlands RS. Cardiac Sarcoidosis. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68(4):411-21. doi: 10.1016/j.jacc.2016.03.605.
3. Cheng RK, Kittleson MM, Beavers CJ, Birnie DH, Blankstein R, Bravo PE, et al. Diagnosis and Management of Cardiac Sarcoidosis: A Scientific Statement from the American Heart Association. *Circulation*. 2024;149(21):e1197-e1216. doi: 10.1161/CIR.0000000000001240.
4. Sharma A, Okada DR, Yacoub H, Chrispin J, Bokhari S. Diagnosis of Cardiac Sarcoidosis: An Era of Paradigm Shift. *Ann Nucl Med*. 2020;34(2):87-93. doi: 10.1007/s12149-019-01431-z.
5. Birnie DH, Sauer WH, Bogun F, Cooper JM, Culver DA, Duvernoy CS, et al. HRS Expert Consensus Statement on the Diagnosis and Management of Arrhythmias Associated with Cardiac Sarcoidosis. *Heart Rhythm*. 2014;11(7):1305-23. doi: 10.1016/j.hrthm.2014.03.043.
6. Terasaki F, Azuma A, Anzai T, Ishizaka N, Ishida Y, Isobe M, et al. JCS 2016 Guideline on Diagnosis and Treatment of Cardiac Sarcoidosis[- Digest Version. *Circ J*. 2019;83(11):2329-88. doi: 10.1253/circj.CJ-19-0508.
7. Agrawal T, Saleh Y, Sukkari MH, Alnabelsi TS, Khan M, Kassi M, et al. Diagnosis of Cardiac Sarcoidosis: A Primer for Non-Imagers. *Heart Fail Rev*. 2022;27(4):1223-33. doi: 10.1007/s10741-021-10126-5.
8. Terasaki F, Yoshinaga K. New Guidelines for the Diagnosis of Cardiac Sarcoidosis in Japan. *Ann Nucl Cardiol*. 2017;3(1):42-5.
9. Murtagh G, Laffin LJ, Patel KV, Patel AV, Bonham CA, Yu Z, et al. Improved Detection of Myocardial Damage in Sarcoidosis Using Longitudinal Strain in Patients with Preserved Left Ventricular Ejection Fraction. *Echocardiography*. 2016;33(9):1344-52. doi: 10.1111/echo.13281.
10. Slart RHJA, Claudemans AWJM, Gheysens O, Lubberink M, Kero T, Dweck MR, et al. Procedural Recommendations of Cardiac PET/CT Imaging: Standardization in Inflammatory-, Infective-, Infiltrative-, and Innervation (4Is)-Related Cardiovascular Diseases: A Joint Collaboration of the EACVI and the EANM. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2021;48(4):1016-39. doi: 10.1007/s00259-020-05066-5.
11. Aitken M, Chan MV, Fresno CU, Farrell A, Islam N, McInnes MDF, et al. Diagnostic Accuracy of Cardiac MRI versus FDG PET for Cardiac Sarcoidosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology*. 2022;304(3):566-79. doi: 10.1148/radiol.213170.
12. Stevenson A, Bray JJH, Tregidgo L, Ahmad M, Sharma A, Ng A, et al. Prognostic Value of Late Gadolinium Enhancement Detected on Cardiac Magnetic Resonance in Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(3):345-57. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.10.018.
13. Okasha O, Kazmirczak F, Chen KA, Farzaneh-Far A, Shenoy C. Myocardial Involvement in Patients with Histologically Diagnosed Cardiac Sarcoidosis: A Systematic Review and Meta-Analysis of Gross Pathological Images from Autopsy or Cardiac Transplantation Cases. *J Am Heart Assoc*. 2019;8(10):e011253. doi: 10.1161/JAHA.118.011253.
14. Chareonthaitawee P, Beanlands RS, Chen W, Dorbala S, Miller EJ, Murthy VL, et al. Joint SNMMI-ASNC Expert Consensus Document on the Role of 18F-FDG PET/CT in Cardiac Sarcoid Detection and Therapy Monitoring. *J Nucl Cardiol*. 2017;24(5):1741-58. doi: 10.1007/s12350-017-0978-9.
15. Aitken M, Davidson M, Chan MV, Fresno CU, Vasquez LI, Huo YR, et al. Prognostic Value of Cardiac MRI and FDG PET in Cardiac Sarcoidosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Radiology*. 2023;307(2):e222483. doi: 10.1148/radiol.222483.
16. Kumita S, Yoshinaga K, Miyagawa M, Momose M, Kiso K, Kasai T, et al. Recommendations for 18F-Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography Imaging for Diagnosis of Cardiac Sarcoidosis-2018 Update: Japanese Society of Nuclear Cardiology Recommendations. *J Nucl Cardiol*. 2019;26(4):1414-33. doi: 10.1007/s12350-019-01755-3.
17. Lee PI, Cheng G, Alavi A. The Role of Serial FDG PET for Assessing Therapeutic Response in Patients with Cardiac Sarcoidosis. *J Nucl Cardiol*. 2017;24(1):19-28. doi: 10.1007/s12350-016-0682-1.
18. Trivieri MG, Robson PM, Vergani V, LaRocca G, Romero-Daza AM, Abgral R, et al. Hybrid Magnetic Resonance Positron Emission Tomography is Associated with Cardiac-Related Outcomes in Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2024;17(4):411-24. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.11.010.
19. Greulich S, Gatidis S, Gräni C, Blankstein R, Glatthaar A, Mezger K, et al. Hybrid Cardiac Magnetic Resonance/Fluorodeoxyglucose Positron Emission Tomography to Differentiate Active from Chronic Cardiac Sarcoidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(3):445-56. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.08.018.



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

Passo a Passo na Avaliação da Pericardite Constritiva

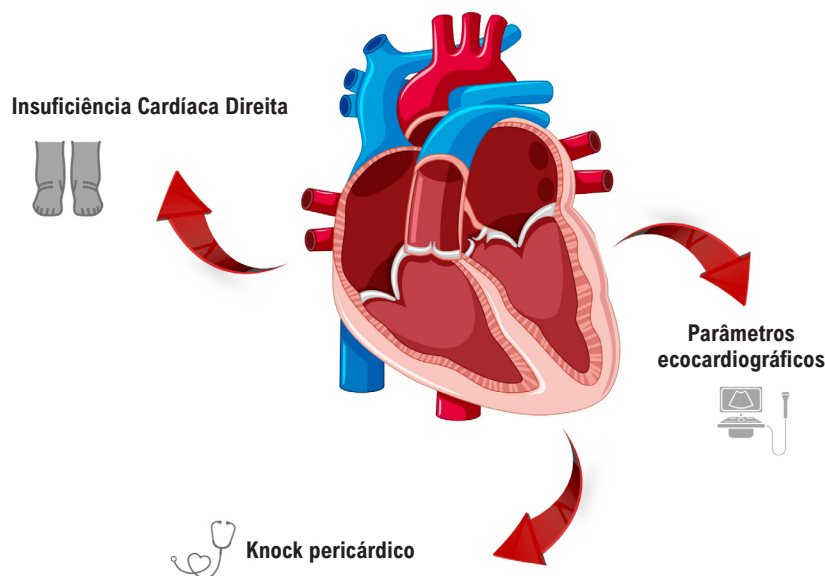
Step-by-Step Approach to the Evaluation of Constrictive Pericarditis

Aline Travessa,¹ Paulo Henrique Pereira,² Louise Moutinho Machado,¹ Natalia Sousa Esteves¹

Hospital de Aeronáutica de Belém,¹ Belém, PA – Brasil

Força Aérea Brasileira, Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial,² São José dos Campos, SP – Brasil

Figura Central: Passo a Passo na Avaliação da Pericardite Constritiva



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20250063

Resumo

A Pericardite Constritiva (PC) é uma condição rara, mas potencialmente curável, que se manifesta por sintomas de insuficiência cardíaca direita e restrição ao enchimento ventricular. O diagnóstico pode ser desafiador e requer uma abordagem estruturada que integra diversas modalidades de imagem cardiovascular. Este artigo oferece um guia prático, baseado em evidências e na experiência clínica, para o

reconhecimento passo a passo da Pericardite Constritiva, com destaque aos achados ecocardiográficos.

Palavras-chave

Pericardite; Ecocardiografia; Ecocardiografia Doppler

Correspondência: Aline Travessa

Hospital de Aeronáutica de Belém. Avenida Almirante Barroso, 3492. CEP:

66613-710. Belém, PA – Brasil

E-mail: alinetravessa@cardiol.br

Artigo recebido em 19/01/2026; revisado em 29/01/2026; aceito em 29/01/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250063>

Introdução

A PC é uma afecção resultante da inflamação crônica do pericárdio, que culmina em fibrose, espessamento, calcificação e determina intensa restrição ao enchimento das câmaras cardíacas. Embora seja uma complicação da pericardite aguda, o processo constritivo leva meses ou até anos para ocorrer.

Dentre as causas de pericardite, incluem-se infecções sistêmicas, cirurgia cardíaca prévia, neoplasia, radioterapia (principalmente com irradiação mediastinal), doenças autoimunes e causas idiopáticas. Nos países endêmicos, a tuberculose representa uma causa relevante.^{1,2}

A suspeita clínica ocorre em quadros de insuficiência cardíaca direita, com sinais e sintomas de congestão sistêmica (congestão hepática, anasarca, cirrose cardíaca) e sinais de baixo débito cardíaco (fadiga, caquexia cardíaca, fraqueza muscular), presença de *knock* pericárdico ao exame

físico, eletrocardiograma com baixa voltagem e alterações inespecíficas de segmento ST e onda T; nesse contexto, a imagem cardiovascular é essencial para guiar o diagnóstico e o manejo (Figura Central).

O artigo visa apresentar um fluxograma prático e baseado em evidências para avaliação diagnóstica da PC, com ênfase no uso sequencial das modalidades de imagem.

Fisiopatologia da PC

A cascata inflamatória envolvida após um insulto ao pericárdio envolve os mecanismos da imunidade inata, com ativação do inflamassoma NLRP3 e produção de citocinas pró-inflamatórias, especialmente interleucinas da família IL-1. Esta ativação inflamatória leva a infiltração celular que resulta em amplificação da resposta inflamatória, com perpetuação do processo autoinflamatório. A persistência da inflamação leva à proliferação de fibroblastos, formação de tecido de granulação, neovascularização patológica e espessamento do pericárdio. O processo pode evoluir para fibrose e calcificação, culminando na Pericardite Constrictiva.^{3,4}

Em condições fisiológicas, o pericárdio possui elasticidade suficiente para acomodar alterações do volume cardíaco. Na PC, o espessamento do pericárdio determina limitação à expansão ventricular durante o período de diástole.

Do ponto de vista hemodinâmico, dois mecanismos se destacam:

1. Dissociação entre as pressões intratorácica e intracardíaca, causada pelo pericárdio rígido que impede a transmissão normal das variações respiratórias;
2. Interdependência ventricular acentuada, em que o aumento do retorno venoso para as câmaras direitas durante a inspiração, resulta em diminuição do enchimento das câmaras esquerdas, uma vez que há desvio do septo interventricular em direção ao Ventrículo Esquerdo (VE), devido à impossibilidade de expansão da parede livre do Ventrículo Direito (VD), dada à restrição imposta pelo pericárdio espessado.⁵

Deste modo, o enchimento ventricular na diástole é inicialmente rápido, mas logo interrompido pela limitação pericárdica, resultando no aumento das pressões de enchimento em câmaras direitas com redução da pré-carga em câmaras esquerdas e do débito cardíaco.

Por fim, as alterações inflamatórias e hemodinâmicas também contribuem para o aumento da retenção de sódio e água, devido a alterações hormonais relacionadas à ativação dos sistemas simpático e sistema renina-angiotensina-aldosterona, que perpetuam o quadro clínico e dificultam seu manejo.

O reconhecimento precoce da pericardite constrictiva permite a indicação adequada da pericardiectomia, que pode ser curativa e restaurar a função diastólica normal em muitos pacientes.

Apresentação clínica e diagnóstico

A perda da elasticidade do pericárdio impede o adequado enchimento diastólico dos ventrículos, resultando em quadro clínico predominantemente de insuficiência cardíaca direita, frequentemente confundido com doenças hepáticas ou renais, especialmente em sua forma avançada.⁶

Entre os sintomas mais comuns, destaca-se a **dispneia aos esforços**, muitas vezes insidiosa, associada à elevação da pressão venosa pulmonar e à redução do débito cardíaco. A **fadiga** é outra queixa frequente e está diretamente relacionada à diminuição da perfusão periférica. Pacientes também costumam apresentar **edema periférico**, bilateral e ascendente, como sinal de congestão sistêmica. A **ascite**, por sua vez, ocorre em cerca de metade dos casos e pode ser desproporcional ao grau de edema, sugerindo, equivocadamente, uma hepatopatia primária.⁷

Outros achados incluem **plenitude abdominal**, **anorexia** e **saciedade precoce**, frequentemente relacionadas à congestão hepatoesplênica. Em casos avançados, pode haver **caquexia**.

No exame físico é fundamental estar atento a sinais sugestivos, como o **sinal de Kussmaul** (ingurgitamento jugular paradoxal na inspiração), **pulso paradoxal** (queda da pressão sistólica durante a inspiração > 10 mmHg) e o característico **knock pericárdico**: som diastólico precoce auscultado no foco mitral ou tricúspide, indicativo de parada abrupta do enchimento ventricular.

Os achados descritos, quando presentes em conjunto, devem levantar forte suspeita de PC e motivar uma investigação detalhada com métodos de imagem complementares (Figura 1).

A PC apresenta subtipos com relevância diagnóstica e terapêutica:

- **Pericardite Constrictiva Transitória (PCT)**: está associada à presença de inflamação ativa e espessamento pericárdico reversível, caracteriza-se por resolução espontânea ou após terapia anti-inflamatória (AINEs, colchicina ou corticosteroides), sendo importante a identificação precoce para evitar pericardiectomia desnecessariamente.^{6,7}
- **Pericardite Efusivo-Constrictiva (PEC)**: definida pela persistência da fisiologia constrictiva após a drenagem de derrame pericárdico significativo (PEff). O achado hemodinâmico clássico é a manutenção da pressão elevada no átrio direito após pericardiocentese. Hoje, a PEC pode ser identificada por ecocardiografia com sinais constrictivos pós-drenagem.^{6,7}

O principal diagnóstico diferencial da PC é com a miocardiopatia restritiva, como amiloidose e sarcoidose. A distinção é clínica, hemodinâmica e exame de imagem.

Dentre os exames de diagnóstico por imagem, podemos destacar:

- **Ecocardiograma Transtorácico (ETT)**: exame inicial para avaliação anatômica e hemodinâmica da PC. Ecocardiograma transesofágico e sob estresse geralmente não são necessários para diagnosticar pericardite. Limitações: incapacidade de identificar inflamação ativa ou fibrose.
- **Tomografia Computadorizada (TC)**: padrão ouro para identificação de calcificações pericárdicas e para planejamento cirúrgico, permitindo a visualização detalhada da relação com estruturas adjacentes.
- **Ressonância Nuclear Magnética (RNM)**: modalidade complementar que avalia espessamento pericárdico (> 3 mm), edema (T2-STIR), inflamação (LGE) e resposta terapêutica. É útil também no planejamento cirúrgico e no seguimento de formas reversíveis.



Figura 1 – Apresentação clínica da Pericardite Constrictiva

- **Cateterismo Cardíaco (CC):** utilizado quando exames não invasivos são inconclusivos. Demonstra equalização das pressões diastólicas, sinal da raiz quadrada e discordância respiratória entre as pressões sistólicas do VD e VE. Embora invasivo, continua sendo um padrão de referência para confirmação em casos duvidosos.

A Tabela 1 resume as principais indicações de cada método diagnóstico.

Avaliação ecocardiográfica: passo a passo

Durante a avaliação ecocardiográfica é mandatório a utilização de métodos como o Modo-M e o Doppler. Para uma avaliação ecocardiográfica ideal o respirômetro sempre deve ser usado, especialmente para avaliação de parâmetros como a movimentação septal, variação dos fluxos atrioventriculares, Doppler da veia hepática e veia cava superior.

Os principais critérios ecocardiográficos incluem:

1. **Espessamento pericárdico:** apesar de nem sempre presente, a identificação de pericárdio espessado ou calcificado é sugestiva, além da avaliação do derrame pericárdico.
2. **Alterações hemodinâmicas características:**
 - **Desvio septal relacionado à respiração (“septal bounce”):** movimento abrupto do septo interventricular durante a diástole, com deslocamento anterior na inspiração e posterior na expiração (Figura 2), refletindo a dependência ventricular exacerbada.

Tabela 1 – Indicações para Modalidades de Imagem na Pericardite Constrictiva

ETT	Exame inicial para avaliar função e hemodinâmica; detectar sinais sugestivos de PC.
RNM	Identificação de inflamação ativa, fibrose e espessamento pericárdico.
TC	Avaliação de calcificações e planejamento pré-operatório.
CC	Diagnóstico definitivo em casos inconclusivos; avaliação hemodinâmica detalhada.

- **Varição respiratória das velocidades de enchimento mitral e tricúspide:** variação inspiratória do fluxo mitral (onda E) acima de 25% e do fluxo tricúspide (onda E) acima de 40%.
 - **Padrão restritivo de enchimento diastólico:** relação E/A acima de 2 e tempo de desaceleração da onda E mitral menor que 140 ms.
 - **Velocidade do fluxo reverso diastólico final expiratório na veia hepática:** relação entre a velocidade de fluxo diastólico final reverso e anterógrado $\geq 0,8$ é altamente específica.
- 3 **Achados do Doppler Tecidual:**
 - **Velocidade preservada ou aumentada da onda e' medial do anel mitral:** onda e' medial ≥ 9 cm/s é altamente específico para PC.

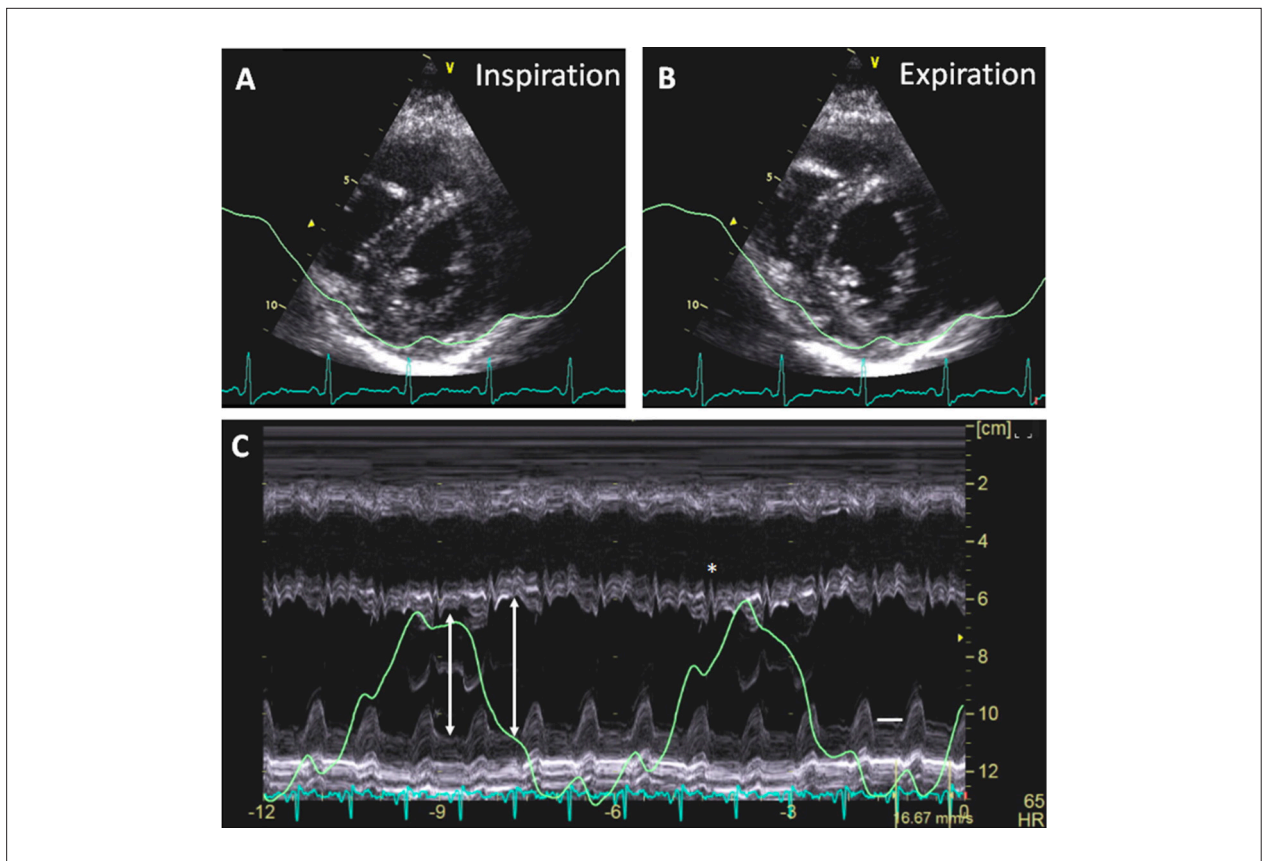


Figura 2 – Variação respiratória no movimento do septo interventricular.

- **“Annulus reversus”**: velocidade da onda e’ medial é maior que a onda e’ lateral, devido ao efeito da restrição pericárdica.

4. Dilatação e ausência de colapso da veia cava inferior e veias hepáticas: sinal de pressão atrial direita elevada.

A combinação dos achados acima aumenta a acurácia diagnóstica, especialmente, a presença do desvio septal respiratório associado a onda e’ medial ≥ 9 cm/s ou reversão diastólica expiratória do fluxo hepático apresentam sensibilidade e especificidade elevadas para o diagnóstico de PC.⁷

Um tradicional estudo desenvolvido pela Mayo Clinic avaliou 130 pacientes com PC confirmada cirurgicamente, utilizando as cinco principais variáveis ecocardiográficas selecionadas com base em estudos prévios, com o objetivo de avaliar a sensibilidade e a especificidade dessas variáveis, isoladamente ou em combinação, sendo as seguintes: alterações na movimentação do septo interventricular, que incluem o *respirophasic septal shift* e o *septal bounce*, variação na velocidade da onda E do fluxo mitral, velocidade da onda e’ no anel septal mitral, relação da onda e’ no anel mitral septal e lateral, fluxo reverso diastólico expiratório na veia hepática.⁸

Além dessas variáveis, a utilização do *strain* global longitudinal e do ecocardiograma tridimensional podem oferecer informações adicionais.

O uso integrado de critérios anatômicos e funcionais é fundamental para diferenciar pericardite constrictiva de miocardiopatia restritiva (Tabela 2) e outras causas de insuficiência cardíaca diastólica.

A Figura 3 demonstra um fluxograma prático para a abordagem diagnóstica ecocardiográfica na suspeita clínica de PC.

Diagnóstico diferencial: Pericardite Constrictiva vs Miocardiopatia Restritiva

Pericardite constrictiva e miocardiopatia restritiva compartilham sintomas de disfunção diastólica, mas há diferenças marcantes, conforme resumido na Tabela 3.

Conclusão

A PC é uma condição complexa, mas potencialmente tratável, seu diagnóstico requer uma abordagem sistemática que combine sinais clínicos e ferramentas de imagem. A ecocardiografia é essencial na triagem inicial, mas a avaliação por imagem multimodal é importante para identificar inflamação, fibrose e orientar o tratamento. A adoção de um protocolo integrado permite diagnóstico precoce, evita intervenções desnecessárias e contribui para melhores desfechos.⁹⁻¹⁹

Tabela 2 – Principais características clínicas, ecocardiográficas e laboratorial para o diagnóstico diferencial

Característica	Pericardite Constrictiva	Miocardioptia Restritiva
Pulso paradoxal	Presente em 1/3 dos casos	Raro
<i>Knock</i> pericárdico	Frequente	Ausente
ECG com baixa voltagem QRS	Frequente	Raro
Varição respiratória nos fluxos mitral/tricúspide	Acentuada	Ausente ou discreta
Septal bounce	Presente	Ausente
Espessura da parede ventricular	Normal	Aumentada
Padrão <i>dip-plateau</i> no cateterismo	Presente	Variável
BNP	Normal ou levemente alto	Elevado

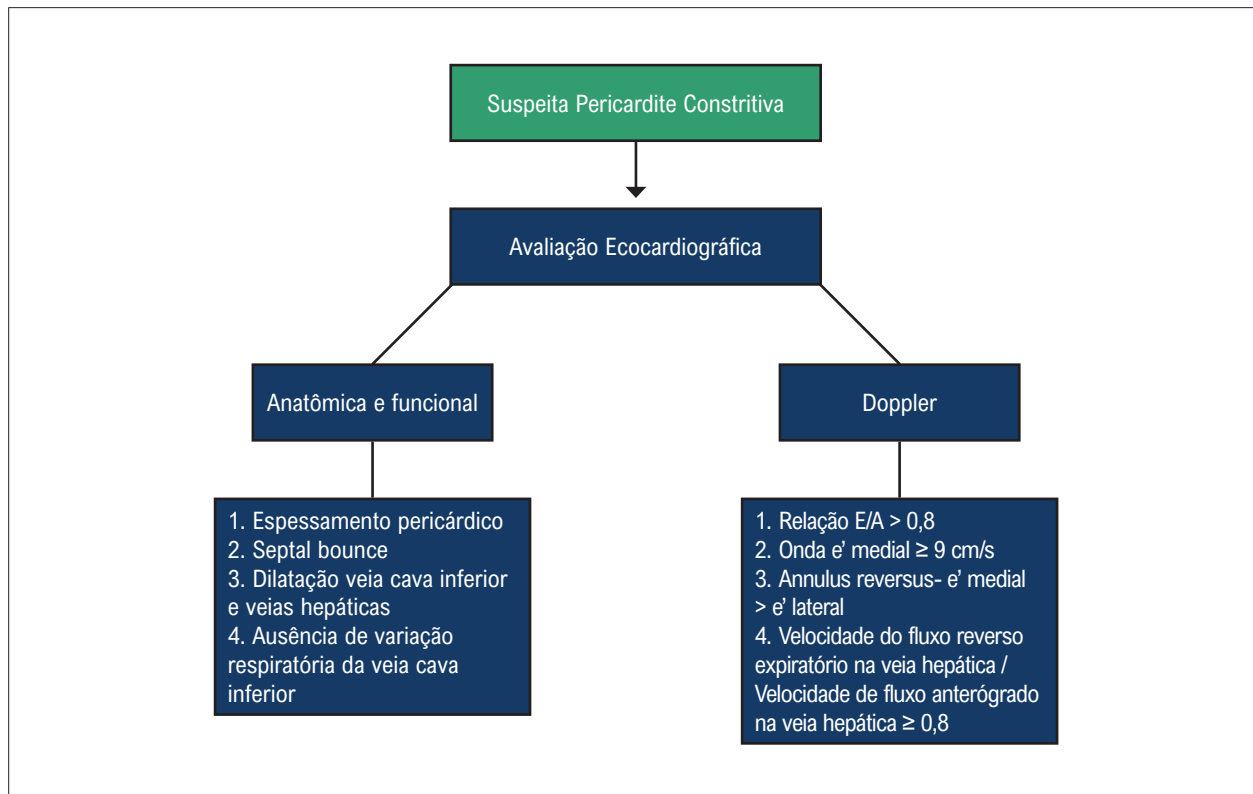


Figura 3 – Avaliação ecocardiográfica na Pericardite Constrictiva.

Tabela 3 – Parâmetros de imagem para o diagnóstico diferencial

Característica	Pericardite Constrictiva	Miocardioptia Restritiva
Espessamento pericárdico	Frequente	Ausente
e' lateral (Doppler tecidual)	Preservado ou aumentado	Reduzido
Realce tardio pericárdico (RNM)	Frequente	Ausente
Septal bounce	Presente	Ausente
Interdependência ventricular	Pronunciada	Mínima

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Pereira PH; obtenção de dados: Travessa A, Pereira PH; análise e interpretação dos dados: Travessa A; redação do manuscrito: Travessa A, Machado LM, Esteves NS, Pereira PH; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Travessa 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

Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram Canva para criação da Figura Central do manuscrito. 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. Tzani A, Doulamis IP, Tzoumas A, Avgerinos DV, Koudoumas D, Siasos G, et al. Meta-Analysis of Population Characteristics and Outcomes of Patients Undergoing Pericardiectomy for Constrictive Pericarditis. *Am J Cardiol.* 2021;146:120-7. doi: 10.1016/j.amjcard.2021.01.033.
2. Cremer PC, Klein AL, Imazio M. Diagnosis, Risk Stratification, and Treatment of Pericarditis: A Review. *JAMA.* 2024;332(13):1090-100. doi: 10.1001/jama.2024.12935.
3. Del Buono MG, Bonaventura A, Vecchié A, Moroni F, Golino M, Bressi E, et al. Pathogenic Pathways and Therapeutic Targets of Inflammation in Heart Diseases: A Focus on Interleukin-1. *Eur J Clin Invest.* 2024;54(2):e14110. doi: 10.1111/eci.14110.
4. Bonaventura A, Montecucco F. Inflammation and Pericarditis: Are Neutrophils Actors Behind the Scenes? *J Cell Physiol.* 2019;234(5):5390-5398. doi: 10.1002/jcp.27436.
5. Marta L, Alves M, Peres M, Ferreira R, Ferreira H, Leal M, et al. Effusive-Constrictive Pericarditis as the Manifestation of an Unexpected Diagnosis. *Rev Port Cardiol.* 2015;34(1):69.e1-6. doi: 10.1016/j.repc.2014.08.013.
6. Klein AL, Wang TKM, Cremer PC, Abbate A, Adler Y, Asher C, et al. Pericardial Diseases: International Position Statement on New Concepts and Advances in Multimodality Cardiac Imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2024;17(8):937-88. doi: 10.1016/j.jcmg.2024.04.010.
7. Wang TKM, Klein AL, Cremer PC, Imazio M, Kohnstamm S, Luis SA, et al. 2025 Concise Clinical Guidance: An ACC Expert Consensus Statement on the Diagnosis and Management of Pericarditis: A Report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol.* 2025;86(25):2691-719. doi: 10.1016/j.jacc.2025.05.023.
8. Welch TD, Ling LH, Espinosa RE, Anavekar NS, Wiste HJ, Lahr BD, et al. Echocardiographic Diagnosis of Constrictive Pericarditis: Mayo Clinic criteria. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7(3):526-34. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.113.001613.
9. Welch TD. Constrictive Pericarditis: Diagnosis, Management and Clinical Outcomes. *Heart.* 2018;104(9):725-31. doi: 10.1136/heartjnl-2017-311683.
10. Nishimura RA. Constrictive Pericarditis in the Modern Era: A Diagnostic Dilemma. *Heart.* 2001;86(6):619-23. doi: 10.1136/heart.86.6.619.
11. Bogaert J, Francone M. Cardiovascular Magnetic Resonance in Pericardial Diseases. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2009;11(1):14. doi: 10.1186/1532-429X-11-14.
12. Bogaert J, Dymarkowski S. *Clinical Cardiac MRI.* Berlin: Springer; 2020.
13. Talreja DR, Nishimura RA, Oh JK, Holmes DR. Constrictive Pericarditis in the Modern Era: Novel Criteria for Diagnosis in the Cardiac Catheterization Laboratory. *J Am Coll Cardiol.* 2008;51(3):315-9. doi: 10.1016/j.jacc.2007.09.039.
14. Syed FF, Schaff HV, Oh JK. Constrictive Pericarditis--A Curable Diastolic Heart Failure. *Nat Rev Cardiol.* 2014;11(9):530-44. doi: 10.1038/nrcardio.2014.100.
15. Welch TD, Oh JK. Constrictive Pericarditis: Old Disease, New Approaches. *Curr Cardiol Rep.* 2015;17(4):20. doi: 10.1007/s11886-015-0576-x.
16. Miranda WR, Oh JK. Constrictive Pericarditis: A Practical Clinical Approach. *Prog Cardiovasc Dis.* 2017;59(4):369-79. doi: 10.1016/j.pcad.2016.12.008.
17. Ha JW, Ommen SR, Tajik AJ, Barnes ME, Ammass NM, Gertz MA, et al. Differentiation of Constrictive Pericarditis from Restrictive Cardiomyopathy Using Mitral Annular Velocity by Tissue Doppler Echocardiography. *Am J Cardiol.* 2004;94(3):316-9. doi: 10.1016/j.amjcard.2004.04.026.
18. Hurrell DG, Nishimura RA, Higano ST, Appleton CP, Danielson GK, Holmes DR Jr, et al. Value of Dynamic Respiratory Changes in Left and Right Ventricular Pressures for the Diagnosis of Constrictive Pericarditis. *Circulation.* 1996;93(11):2007-13. doi: 10.1161/01.cir.93.11.2007.
19. Lloyd JW, Anavekar NS, Oh JK, Miranda WR. Multimodality Imaging in Differentiating Constrictive Pericarditis From Restrictive Cardiomyopathy: A Comprehensive Overview for Clinicians and Imagers. *J Am Soc Echocardiogr.* 2023;36(12):1254-65. doi: 10.1016/j.echo.2023.08.016.



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

O Uso da Inteligência Artificial no Diagnóstico da Amiloidose Cardíaca: Revisão Integrativa

The Use of Artificial Intelligence in the Diagnosis of Cardiac Amyloidosis: Integrative Review

Nilson Batista Lemos,¹ Gabriela Aparecida Moreira Araújo,¹ Marcelo Dantas Tavares de Melo¹

Universidade Federal da Paraíba,¹ João Pessoa, PB – Brasil

Resumo

Fundamento: A amiloidose cardíaca é uma forma rara de cardiomiopatia infiltrativa caracterizada pela deposição de proteínas no miocárdio, resultando em aumento da espessura parietal, comprometimento da função ventricular e possível progressão para insuficiência cardíaca. O diagnóstico é desafiador devido à baixa prevalência da doença e à inespecificidade das manifestações clínicas. Nesse cenário, a aplicação da inteligência artificial (IA) à análise de exames médicos surge como estratégia promissora para detecção precoce, diagnóstico mais preciso e início oportuno do tratamento.

Métodos: Realizou-se revisão integrativa da literatura sobre o uso da IA no diagnóstico da amiloidose cardíaca. Foram pesquisados artigos publicados entre 2019 e 2024 nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, Embase e Cochrane Library.

Resultados: Dos 420 artigos inicialmente identificados, 21 atenderam aos critérios de elegibilidade e foram incluídos na análise final. Observou-se predomínio de estudos observacionais retrospectivos com aplicação de modelos de aprendizado de máquina. Entre as modalidades diagnósticas avaliadas em associação com IA, o eletrocardiograma e o ecocardiograma foram os exames mais frequentemente estudados.

Conclusão: A IA demonstra elevado potencial para aprimorar o rastreio e o diagnóstico da amiloidose cardíaca quando aplicada à análise de exames clínicos e de imagem. Os achados desta revisão indicam que a IA pode acelerar o processo diagnóstico, reduzir a necessidade de procedimentos invasivos e otimizar o uso de recursos em saúde. Entretanto, para ampliar sua integração à prática clínica e sua capacidade de generalização, são necessários aprimoramentos adicionais nos modelos e validações em populações mais diversas.

Palavras-chave: Amiloidose; Inteligência Artificial; Diagnóstico.

Abstract

Background: Cardiac amyloidosis is a rare form of infiltrative cardiomyopathy characterized by the deposition of proteins in the myocardium, resulting in increased wall thickness, impaired ventricular function, and possible progression to heart failure. Diagnosis is challenging due to the low prevalence of the disease and the nonspecific nature of its clinical manifestations. The application of artificial intelligence (AI) to the analysis of medical tests emerges as a promising strategy for early detection, more accurate diagnosis, and timely initiation of treatment.

Methods: An integrative literature review was conducted on the use of AI in the diagnosis of cardiac amyloidosis. Articles published between 2019 and 2024 were searched in the PubMed, Scopus, Web of Science, Embase, and Cochrane Library databases.

Results: Of the 420 articles initially identified, 21 met the eligibility criteria and were included in the final analysis. A predominance of retrospective observational studies applying machine learning models was observed. Among the diagnostic modalities evaluated in association with AI, electrocardiography and echocardiography were the most frequently studied tests.

Conclusion: AI demonstrates high potential to improve the screening and diagnosis of cardiac amyloidosis when applied to the analysis of clinical and imaging tests. The findings of this review indicate that AI may accelerate the diagnostic process, reduce the need for invasive procedures, and optimize the use of health care resources. However, to expand its integration into clinical practice and enhance its generalizability, further model refinement and validation in more diverse populations are required.

Keywords: Amyloidosis; Artificial Intelligence; Diagnosis.

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

Correspondência: Nilson Batista Lemos •

Universidade Federal da Paraíba. Campus I Lot., Cidade Universitária. CEP: 58051-900. João Pessoa, PB – Brasil

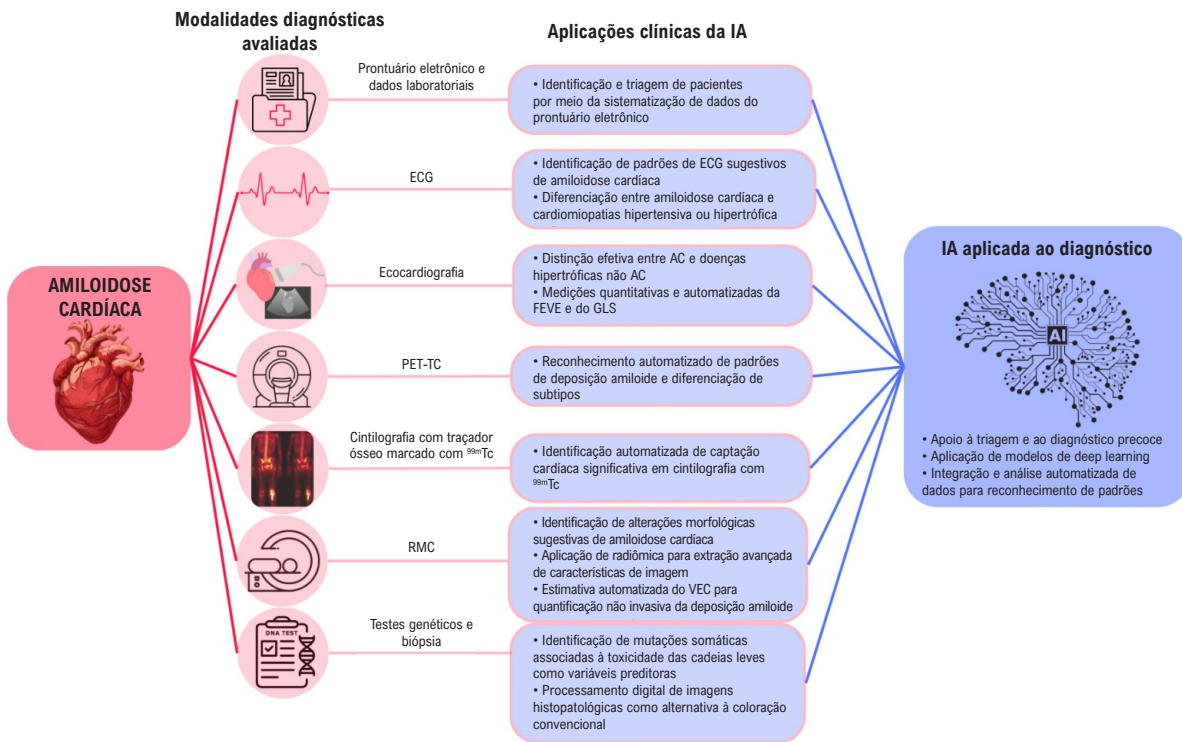
E-mail: nilsonlemos18@gmail.com

Artigo recebido em 08/02/2026; revisado em 09/02/2026; aceito em 09/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260016>

Figura Central: O Uso da Inteligência Artificial no Diagnóstico da Amiloidose Cardíaca: Revisão Integrativa



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20260016

Introdução

A amiloidose é um termo genérico utilizado para descrever a deposição extracelular de fibrilas formadas por subunidades proteicas de baixo peso molecular, derivadas de diferentes proteínas precursoras. Os depósitos amiloides podem resultar em ampla variedade de manifestações clínicas, que variam conforme o tipo de proteína envolvida, a quantidade depositada e a localização tecidual. Na gênese desses depósitos, peptídeos inicialmente solúveis sofrem alterações conformacionais, adquirindo predominantemente uma estrutura de folha beta-pregueada antiparalela, o que favorece seu empilhamento em fibrilas torcidas.¹

Existem dezenas de formas sistêmicas e localizadas de amiloidose. Entre elas, quatro proteínas precursoras podem originar depósitos tanto localizados quanto sistêmicos. As principais formas sistêmicas são a amiloidose de cadeia leve de imunoglobulina (AL, em inglês) e a amiloidose por transtirretina (ATTR, em inglês). Essas formas são nomeadas de acordo com a proteína precursora do depósito amiloide (AL ou ATTR) e são responsáveis por aproximadamente 95% dos casos de amiloidose cardíaca. As demais formas correspondem a outros subtipos de amiloidose, igualmente relevantes do ponto de vista clínico.^{2,3}

A amiloidose por ATTR caracteriza-se pelo dobramento incorreto e subsequente deposição da transtirretina, proteína

responsável pelo transporte do hormônio tireoidiano e da vitamina A. Pode apresentar-se na forma selvagem ou hereditária.²⁻⁴ Similarmente, a amiloidose AL decorre do acúmulo de cadeias leves de imunoglobulinas mal dobradas, produzidas por células plasmáticas associadas a displasias.^{2,3}

No contexto da amiloidose cardíaca, trata-se de uma forma rara de cardiomiopatia progressiva, cuja prevalência populacional ainda não está bem estabelecida.⁵ A doença é causada pela deposição miocárdica de proteínas amiloides mal dobradas, resultando em cardiomiopatia restritiva, com possível progressão para insuficiência cardíaca, distúrbios do sistema de condução e morte cardíaca.^{3,5,6} Pode manifestar-se com sinais e sintomas cardiovasculares ou ser diagnosticada durante a investigação de manifestações extracardíacas da doença.^{3,6,7} Devido ao fenótipo clínico heterogêneo e às manifestações frequentemente inespecíficas, o diagnóstico e o manejo tendem a ocorrer de forma tardia.^{3,6}

No que se refere à abordagem diagnóstica da amiloidose cardíaca, é fundamental reconhecer cenários clínicos e alterações em exames complementares que indiquem a necessidade de investigação. Entretanto, o diagnóstico é desafiador, especialmente por se tratar de doença frequentemente indolente, cujos sintomas podem se sobrepor aos de cardiopatias mais prevalentes.^{3,5} Dependendo do contexto clínico e da disponibilidade de recursos,

diversas ferramentas podem ser empregadas, incluindo eletrocardiograma (ECG), ecocardiograma, ressonância magnética cardíaca (RMC), cintilografia com traçadores ósseos, pesquisa de proteína monoclonal por imunofixação e biópsia do tecido acometido. Cada método apresenta características próprias e diferentes níveis de acurácia diagnóstica (Figura Central).

Alguns achados podem aumentar a suspeita clínica de amiloidose cardíaca, como a discordância entre o aumento da espessura da parede do ventrículo esquerdo (VE) e a baixa voltagem do QRS, hipertrofia inexplicada do VE, estenose aórtica de baixo fluxo e baixo gradiente, preservação apical relativa da deformação longitudinal, padrão de realce tardio subendocárdico difuso e circunferencial do VE na RMC e avidéz miocárdica por traçadores ósseos na cintilografia com traçadores ósseos.

Apesar da diversidade de métodos diagnósticos disponíveis, a amiloidose cardíaca permanece subdiagnosticada,^{3,5-7} o que implica importantes repercussões na qualidade de vida dos pacientes. Paralelamente, o desenvolvimento de terapias capazes de melhorar desfechos clínicos tem impulsionado a busca por estratégias que ampliem a taxa de diagnóstico. Essas intervenções podem reduzir ou estabilizar a deposição proteica, com conseqüente diminuição do risco relativo de hospitalizações, da morbidade e da mortalidade associadas à doença.

Diante da necessidade de detecção precoce da amiloidose cardíaca, torna-se essencial o desenvolvimento de mecanismos que otimizem o rastreamento e o diagnóstico, com menores custos e riscos.³ Nesse contexto, esta revisão tem como objetivo apresentar os principais avanços na detecção da doença, com ênfase em ferramentas tecnológicas promissoras no âmbito da medicina diagnóstica, especialmente a inteligência artificial (IA).

A IA constitui um ramo da ciência da computação dedicado ao desenvolvimento de sistemas capazes de executar tarefas que simulam funções cognitivas humanas, como tomada de decisão e raciocínio complexo. No campo do diagnóstico médico, esses sistemas são treinados por meio de técnicas de aprendizado de máquina, nas quais grandes volumes de dados, frequentemente imagens, são utilizados para o reconhecimento de padrões. Entre as abordagens mais empregadas destacam-se as redes neurais convolucionais (CNNs, na sigla em inglês), compostas por múltiplas camadas que extraem características progressivamente mais complexas dos dados analisados, permitindo a identificação automatizada de padrões em imagens e outros tipos de informação. De modo geral, quanto maior e mais representativo o conjunto de dados utilizado no treinamento, maior tende a ser a precisão do modelo.

A incorporação da IA à prática médica possibilita aprimorar o rastreamento de doenças raras e aumentar a acurácia diagnóstica. Nesse cenário, a IA mostra-se particularmente promissora para doenças raras, frequentemente pouco reconhecidas na prática clínica. Sistemas automatizados podem integrar múltiplos sinais, sintomas e achados complementares, contribuindo para direcionar o raciocínio clínico. Assim, habilidades centrais na medicina, como o reconhecimento de padrões, vêm sendo

incorporadas a modelos computacionais com o objetivo de ampliar a confiabilidade diagnóstica e apoiar a tomada de decisão no cotidiano médico.

Diversos estudos têm investigado a aplicabilidade da IA no diagnóstico precoce da amiloidose cardíaca. Entre as abordagens mais recentes destacam-se a integração da IA a métodos de imagem, como tomografia por emissão de fóton único (SPECT), cintilografia com traçadores ósseos e RMC, bem como sua aplicação na análise automatizada de ECGs, dados genéticos e perfis fenotípicos de alterações cardíacas. Esses aspectos serão discutidos ao longo desta revisão.

Métodos

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa de literatura, com o objetivo de analisar criticamente o uso da IA no diagnóstico da amiloidose cardíaca. A condução da revisão seguiu seis etapas metodológicas: i) definição da pergunta de pesquisa; ii) estabelecimento dos critérios de inclusão e seleção da amostra; iii) identificação dos estudos pré-selecionados e selecionados; iv) organização e representação dos estudos incluídos; v) análise crítica dos dados; e vi) síntese do conhecimento disponível.

As buscas foram realizadas nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science, Embase e Cochrane Library. A estratégia de busca foi elaborada a partir dos descritores “artificial intelligence”, “amyloidosis” e “diagnosis”, presentes no *Medical Subject Headings* e no *Embase Subject Headings*, combinados por meio do operador booleano AND.

Foram incluídos estudos originais e metanálises publicados entre 2019 e 2024 que avaliaram a aplicação da IA no diagnóstico da amiloidose cardíaca. Foram excluídos artigos que não atenderam aos critérios de inclusão, bem como revisões narrativas, relatos de caso, editoriais e estudos com metodologia considerada inadequada.

Após a seleção dos artigos, procedeu-se à avaliação da qualidade metodológica, com o objetivo de assegurar maior rigor na interpretação dos achados e robustez às conclusões. Para essa etapa, utilizou-se a ferramenta de avaliação crítica do JBI, que contempla critérios específicos conforme o delineamento do estudo, incluindo aspectos relacionados à amostra, metodologia, análise de dados, controle de vieses e considerações éticas. A classificação da qualidade baseia-se na proporção de respostas afirmativas aos critérios avaliados, permitindo a comparação entre estudos e a análise crítica de seus resultados.

Resultados

A estratégia de busca resultou em 420 artigos, distribuídos da seguinte forma: 124 identificados no PubMed, 61 na Web of Science, 84 no Scopus, 147 no Embase e 4 na Cochrane Library. Após a remoção de 192 estudos duplicados, permaneceram 228 artigos para triagem.

A leitura de títulos e resumos resultou na seleção de 43 estudos para avaliação na íntegra. Após a aplicação dos critérios de elegibilidade, 21 artigos foram incluídos na análise final (Figura 1).

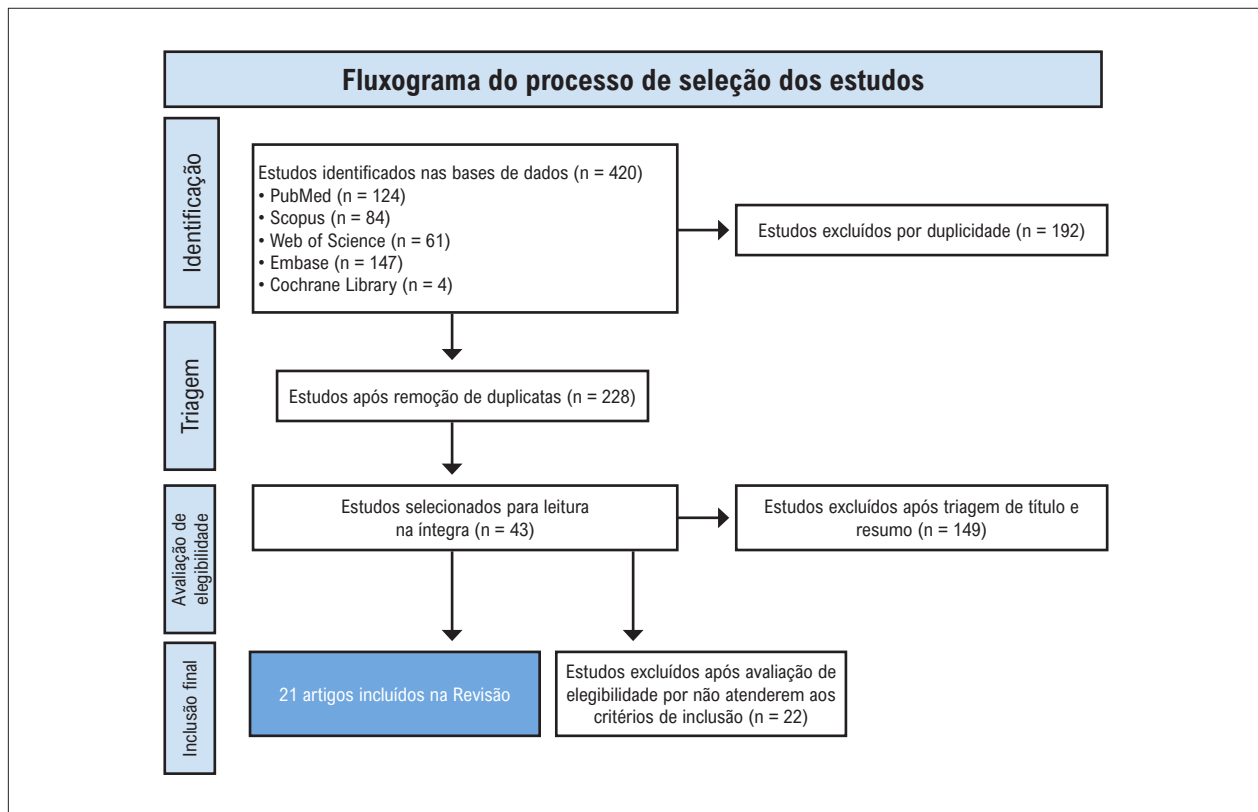


Figura 1 – Fluxograma do processo de seleção dos estudos incluídos na revisão integrativa.

Quanto à avaliação metodológica, segundo os critérios de JBI, a maioria dos estudos foi classificada com qualidade metodológica entre boa e excelente, com pontuação variando de 6 a 8 pontos. Entre os principais fatores que contribuíram para essa classificação destacam-se o emprego de métricas estatísticas robustas e a utilização de validação cruzada nos modelos de IA desenvolvidos.

Como limitações, observou-se a ausência de confirmação diagnóstica por padrão-ouro da amiloidose cardíaca em parte dos estudos, bem como a escassez de validação externa dos modelos propostos, o que limita a generalização dos achados. Os resultados detalhados da avaliação metodológica estão apresentados na Tabela 1.

Discussão

O uso da IA como ferramenta de apoio ao diagnóstico de doenças raras, como a amiloidose cardíaca, tem sido considerado promissor, especialmente no contexto de patologias com elevada heterogeneidade clínica e frequentemente sub-reconhecidas por médicos generalistas. A identificação precoce da doença pode modificar sua história natural e melhorar o prognóstico. Nesse cenário, esta revisão buscou enfatizar o potencial das ferramentas diagnósticas já consolidadas para a avaliação da amiloidose cardíaca quando associadas a sistemas baseados em aprendizado de máquina, abordagem contemplada por todos os estudos incluídos.

Com o objetivo de organizar a análise dos achados, o desempenho da IA será discutido de acordo com as diferentes modalidades diagnósticas empregadas no rastreamento e na avaliação da amiloidose cardíaca.

Desempenho da inteligência artificial na avaliação de dados de prontuários e exames laboratoriais

Entre as estratégias de rastreamento da cardiopatia amiloide, destaca-se a utilização de dados extraídos de prontuários eletrônicos de pacientes com insuficiência cardíaca (IC) com fração de ejeção preservada (ICFEP). Com o objetivo de diferenciar etiologia amiloide, especialmente do amiloidose por ATTR do tipo selvagem (ATTRwt), de etiologia não amiloide, Huda et al.⁹ coletou dados de prontuário eletrônico e desenvolveu uma IA capaz de realizar a triagem e identificação de pacientes com amiloidose por ATTRwt. O sistema apresentou área sob a curva (AUC, em inglês) característica de operação do receptor de 0,80. O desempenho foi sustentado pela identificação de comorbidades mais prevalentes no grupo com etiologia amiloide, como fibrilação atrial e doença renal crônica, e no grupo não amiloide, como hipertensão arterial sistêmica, diabetes melito, obesidade e doença arterial coronariana, utilizadas como variáveis preditoras.

Posteriormente, Castaño et al.⁹ aprimoraram o modelo ao direcionar a análise para 11 fenótipos principais associados à amiloidose cardíaca, incluindo síndrome do túnel do carpo e arritmias. O modelo apresentou precisão (74%), sensibilidade

Tabela 1 – Características metodológicas e avaliação da qualidade dos estudos incluídos

Nº	Estudo (autor/ano)	Delineamento	Pontuação (JBI/8)	Avaliação metodológica
1	Agibetov et al. (2021) ¹⁸	Estudo observacional retrospectivo com ressonância magnética cardíaca e aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
2	Barbieri et al. (2024) ¹¹	Estudo com ecocardiograma transtorácico tridimensional automatizado associado a aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
3	Castaño et al. (2024) ⁹	Estudo observacional retrospectivo caso-controle com aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
4	Cotella et al. (2023) ²	Estudo observacional retrospectivo com ecocardiograma e aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
5	Delbarre et al. (2023) ¹⁴	Estudo observacional retrospectivo multicêntrico com cintilografia com traçadores ósseos analisada por aprendizado de máquina	8	Excelente
6	Eckstein et al. (2022) ⁷	Estudo observacional de coorte com ecocardiograma e uso de aprendizado de máquina	6	Boa qualidade
7	Garofalo et al. (2021) ²⁰	Estudo computacional preditivo com validação experimental focado em avaliação genética por aprendizado de máquina	6	Boa qualidade
8	Goto et al. (2021) ³	Estudo observacional multicêntrico com uso de eletrocardiograma e ecocardiograma	8	Excelente
9	Harmon et al. (2023) ¹⁰	Estudo observacional retrospectivo com eletrocardiograma e aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
10	Huda et al. (2021) ⁸	Estudo observacional retrospectivo com aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
11	Ma et al. (2024) ¹⁶	Estudo observacional retrospectivo com ressonância magnética cardíaca sem contraste e uso de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
12	Martini et al. (2020) ¹⁹	Estudo observacional prospectivo com ressonância magnética cardíaca e aplicação de aprendizado de máquina	8	Excelente
13	Miller et al. (2024) ¹³	Estudo observacional retrospectivo com tomografia por emissão de pósitrons e segmentação automatizada	8	Excelente
14	Nowak et al. (2024) ¹⁷	Estudo observacional retrospectivo com ressonância magnética cardíaca, mapeamento T1 e uso de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
15	Santarelli et al. (2021) ¹²	Estudo observacional prospectivo com tomografia por emissão de pósitrons e aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
16	Schrutka et al. (2022) ⁶	Estudo observacional prospectivo caso-controle com aplicação de aprendizado de máquina	6	Boa qualidade
17	Shiri et al. (2025) ⁴	Estudo observacional prospectivo de coorte única com aplicação de aprendizado de máquina	7	Alta qualidade
18	Spielvogel et al. (2024) ¹⁵	Estudo observacional retrospectivo multicêntrico com cintilografia com traçadores ósseos e uso de aprendizado de máquina	8	Excelente
19	Vrudhula et al. (2024) ⁵	Estudo observacional retrospectivo com aplicação de aprendizado de máquina	6	Boa qualidade
20	Yang et al. (2024) ²¹	Estudo observacional com análise histopatológica digital utilizando rede neural e autofluorescência	7	Alta qualidade
21	Zhang et al. (2023) ¹	Estudo observacional retrospectivo com ecocardiograma e aplicação de aprendizado de máquina	6	Boa qualidade

(77%) e especificidade (72%), com AUC de 0,82. Embora tenha havido discreta redução em alguns parâmetros de desempenho, o modelo foi simplificado em termos de programação, favorecendo sua implementação em ambientes hospitalares e ampliando o potencial de rastreamento populacional.

Os estudos de Huda et al.⁸ e Castaño et al.⁹ demonstram a viabilidade de triagem automatizada por meio da extração sistematizada de dados clínicos, processo que seria oneroso e operacionalmente complexo se realizado manualmente. Embora tais modelos estejam limitados à qualidade dos registros codificados pela Classificação Internacional de Doenças e aos fenótipos documentados, sem integração direta de exames laboratoriais ou de imagem para tipificação definitiva, configuram ferramentas relevantes para rastreamento em larga escala, direcionando pacientes com maior probabilidade para investigação complementar.

Adicionalmente, fenótipos reconhecidos pelo modelo, como síndrome do túnel do carpo, podem preceder o desenvolvimento de IC, o que sugere potencial aplicação da IA em estágios pré-clínicos, com implicações na identificação precoce da amiloidose por ATTR.

Desempenho da inteligência artificial na avaliação eletrocardiográfica

A aplicação da IA na análise de ECGs tem se destacado como estratégia de triagem, considerando que se trata de exame amplamente disponível, de baixo custo e não invasivo.^{3,5} A etapa de validação dos modelos constitui fase fundamental no desenvolvimento dessas ferramentas, pois envolve o teste de múltiplas variáveis em diferentes populações.^{5,6}

Harmon et al.¹⁰ desenvolveram um algoritmo aplicável a populações diversas, incluindo diferentes raças e sexos. O modelo apresentou AUC de 0,84 (intervalo de confiança [IC] de 95%: 0,82-0,86), mantendo desempenho consistente entre subgrupos, com exceção da população hispânica, possivelmente sub-representada na amostra. O algoritmo apresentou melhor desempenho em ECGs com baixa voltagem e padrões compatíveis com infarto prévio, e menor desempenho em bloqueio de ramo esquerdo e hipertrofia do VE. Esses achados sugerem necessidade de maior diversidade amostral, sem invalidar o uso da ferramenta como método de triagem.

Vrudhula et al.⁵ avaliaram aproximadamente 1,3 milhão de ECGs provenientes de 341.989 pacientes. Os diferentes modelos testados apresentaram AUC variando de 0,660 (IC 95%: 0,642-0,736) a 0,898 (IC 95%: 0,868-0,924), demonstrando potencial relevante para rastreamento e indicação de investigação complementar. Entretanto, ressalta-se que, diante da raridade e do subdiagnóstico da amiloidose cardíaca, os modelos frequentemente são treinados com número limitado de casos confirmados.

De forma semelhante, Goto et al.³ relataram desempenho expressivo, com estatística C de 0,91 (IC 95%: 0,90-0,93) no conjunto de teste do Brigham and Women's Hospital, 0,85 (0,82-0,87) no Massachusetts General Hospital e 0,86 (0,83-0,88) na University of California, San Francisco. Contudo, os autores enfatizam que características isoladas do ECG não

apresentam sensibilidade ou especificidade suficientes para uso como heurísticas independentes, sendo recomendada sua integração com outras variáveis clínicas e diagnósticas para otimização do modelo.

Schrutka et al.⁶ também reforçam que o modelo proposto pode auxiliar na suspeição de amiloidose cardíaca mesmo na ausência de métodos avançados de imagem. No referido estudo, foram avaliados 20 pacientes com amiloidose cardíaca por transtirretina, 11 com ICFEp, 30 com amiloidose cardíaca e 50 com outras etiologias de IC. A presença de padrão de ECG de baixa voltagem associada ao aumento da espessura da parede do VE foi altamente sugestiva de amiloidose cardíaca, o que permitiu sua diferenciação em relação à cardiomiopatia hipertensiva ou hipertrófica. Na análise dos padrões de ECG, observou-se que o padrão 1 esteve presente em 78% dos pacientes com amiloidose por AL e em 58% daqueles com amiloidose por ATTR ($p = 0,009$), enquanto o padrão 2 foi identificado em 7% dos casos de amiloidose por AL e em 23% dos casos de amiloidose por ATTR ($p = 0,006$). A ausência de padrão específico foi observada em 16% dos pacientes com amiloidose por AL e em 18% dos pacientes com amiloidose por ATTR ($p = 0,620$).

Desempenho da inteligência artificial na avaliação ecocardiográfica

Considerando a versatilidade da ecocardiografia e seu papel central na investigação diagnóstica da amiloidose cardíaca, o desenvolvimento de modelos de IA capazes de reduzir a variabilidade operacional e aprimorar a acurácia diagnóstica mostra-se relevante.

Xiaofeng Zhang et al.¹ observaram que ainda existem poucos estudos sobre análise de textura miocárdica baseada em ecocardiografia e que a avaliação visual humana apresenta limitações para caracterização dessas alterações. Com base em ecocardiogramas transtorácicos, os autores desenvolveram quatro algoritmos de aprendizado de máquina para diferenciar amiloidose cardíaca de outras cardiomiopatias: floresta aleatória (RF, em inglês), máquina de vetor de suporte (SVM, em inglês), regressão logística (LR, em inglês) e árvores de decisão impulsionadas por gradiente (GBDT, em inglês).

Na população analisada, todos os modelos conseguiram distinguir de forma eficaz casos de amiloidose cardíaca de doenças não amiloides. O modelo de LR apresentou o melhor desempenho diagnóstico, superando o método ultrassonográfico tradicional (AUC: RF 0,77; SVM 0,81; LR 0,81; GBDT 0,71). Os autores propuseram, portanto, a aplicação dessa ferramenta como método diagnóstico não invasivo para amiloidose miocárdica. Entretanto, o número relativamente pequeno de casos de amiloidose cardíaca pode ter limitado a sensibilidade do modelo para discriminação entre os grupos.

Cotella et al.² desenvolveram um modelo de IA voltado à avaliação automatizada da fração de ejeção do VE (FEVE) e do *strain* longitudinal global (SLG), parâmetros centrais no diagnóstico da amiloidose cardíaca. Os autores justificaram a incorporação da IA com base no fato de que as medições manuais são demoradas e apresentam variabilidade inter e intraobservador significativa, o que pode comprometer

a precisão diagnóstica e influenciar decisões terapêuticas. O estudo demonstrou que as medições automatizadas e quantitativas de FEVE e SLG apresentaram alta precisão e permitiram a detecção sensível e específica de anormalidades quando comparadas à análise manual convencional, tanto em exames realizados antes do diagnóstico de amiloidose cardíaca quanto no momento do diagnóstico. Não foram observadas diferenças estatisticamente significativas entre os valores obtidos pelos dois métodos no período pré-diagnóstico (FEVE: $p = 0,791$; SLG: $p = 0,105$) nem no momento do diagnóstico (FEVE: $p = 0,463$; SLG: $p = 0,722$). Além disso, verificou-se forte correlação entre as medições automatizadas e manuais nos ecocardiogramas realizados antes do diagnóstico ($r = 0,78$ para FEVE; $r = 0,83$ para SLG) e no diagnóstico estabelecido ($r = 0,74$ para FEVE; $r = 0,80$ para SLG).

Goto et al.,³ embora reconheçam que modelos baseados em ECG apresentam resultados encorajadores, ressaltam que seu desempenho pode não ser suficiente para o diagnóstico de doenças de baixa prevalência. Nesse contexto, o modelo ecocardiográfico desenvolvido pelos autores demonstrou maior precisão preditiva quando comparado ao modelo baseado em ECG. As estatísticas C variaram de 0,85-0,91 para o ECG e de 0,89-1,00 para a ecocardiografia. Além disso, na análise por subtipos, o modelo apresentou desempenho superior na identificação da amiloidose por ATTR.

Em uma população mais específica, Shiri et al.⁴ avaliaram o uso de aprendizado de máquina para detecção de amiloidose por ATTR em pacientes com estenose aórtica grave. Embora diferentes modalidades diagnósticas sejam úteis na avaliação inicial desses pacientes, elas não são específicas para amiloidose por ATTR. Frequentemente, o diagnóstico definitivo de cardiomiopatia por ATTR depende de confirmação histopatológica ou da identificação de mutação no gene *TTR*, associada à evidência de captação miocárdica significativa na cintilografia com traçadores ósseos. Considerando o custo elevado de testes genéticos e da cintilografia com traçadores ósseos, especialmente nesse grupo de pacientes, os autores desenvolveram modelo não invasivo e potencialmente custo-efetivo, baseado em dados clínicos e ecocardiográficos de rotina. O desempenho foi satisfatório quando comparado a variáveis clínicas, laboratoriais e de imagem intervencionista, com AUC de 0,79, sensibilidade de 0,80 e especificidade de 0,78.

Eckstein et al.,⁷ fundamentados em evidências de que a análise da deformação miocárdica fornece valor discriminativo em múltiplas câmaras cardíacas, desenvolveram modelo supervisionado capaz de diferenciar amiloidose cardíaca de cardiomiopatia hipertrófica e de indivíduos saudáveis. O sistema apresentou desempenho elevado (AUC = 0,996; precisão = 94%; sensibilidade = 100%; *F1-score* = 97%), indicando que a análise automatizada da deformação e função cardíaca multicâmara pode atuar como ferramenta de suporte à decisão clínica, inclusive sem necessidade de contraste.

Com a evolução tecnológica dos métodos de imagem cardiovascular, novas abordagens têm sido propostas para o rastreamento de cardiopatias infiltrativas. Nesse contexto, Barbieri et al.¹¹ desenvolveram modelo baseado em ecocardiograma transtorácico tridimensional (ETT-3D) associado à IA, com o objetivo de diferenciar diversos fenótipos de hipertrofia

cardíaca, incluindo amiloidose cardíaca. O método propõe reformulação da análise da fração de ejeção, tradicionalmente baseada em RMC, por meio da utilização do ETT-3D integrado a sistema de IA. A aquisição tridimensional permitiu análise mais detalhada e precisa do volume do VE, possibilitando cálculo mais acurado da fração de ejeção, definida como a razão entre o volume sistólico e o volume diastólico final, refletindo a capacidade contrátil miocárdica. Essa abordagem fornece informações mais precisas sobre encurtamento e espessura da parede miocárdica, aspectos fundamentais para o reconhecimento de cardiomiopatias infiltrativas. No ecocardiograma bidimensional convencional, o aumento da espessura parietal pode mascarar redução do encurtamento miocárdico, resultando em fração de ejeção aparentemente preservada. No contexto da investigação etiológica da ICFEp, o modelo mostrou-se promissor, apresentando fração de ejeção mais elevada em pacientes com cardiomiopatia hipertrófica e com amiloidose cardíaca, sendo que estes últimos exibiram valores proporcionalmente ainda maiores. O desempenho diagnóstico foi consistente, com sensibilidade de 87%, especificidade de 100% e AUC de 0,959, reforçando o potencial da integração entre ETT-3D e IA na diferenciação fenotípica da hipertrofia miocárdica.

Inteligência artificial na avaliação da tomografia por emissão de pósitrons

De maneira semelhante a outras modalidades de imagem, a PET-CT tem sido aprimorada com o objetivo de tornar o processo diagnóstico da amiloidose cardíaca menos invasivo e mais preciso. Nesse contexto, destacam-se modelos baseados em *deep learning* voltados ao reconhecimento automatizado de padrões de imagem relacionados à deposição amiloide.

Santarelli et al.¹² desenvolveram modelo com o objetivo de identificar, de forma rápida, precoce e específica, a presença de amiloidose cardíaca e seus subtipos. O sistema demonstrou desempenho superior ao da análise realizada por especialista com mais de 10 anos de experiência, apresentando sensibilidade superior a 0,8 e especificidade superior a 0,89. O modelo foi capaz de estimar a probabilidade de correlação entre a imagem analisada e cada subtipo de amiloidose cardíaca. Os autores também destacaram o risco de sobreajuste (*overfitting*), especialmente em cenários com número reduzido de imagens para treinamento. Nesse caso, o algoritmo pode apresentar desempenho elevado nos dados utilizados para treinamento, mas falhar na generalização para conjuntos externos. Para mitigar esse risco, foram empregadas estratégias como aumento artificial do conjunto de dados (*data augmentation*) e validação cruzada, o que contribuiu para maior robustez do modelo.

No estudo de Miller et al.,¹³ reconhece-se que a interpretação visual da SPECT constitui padrão na avaliação diagnóstica da amiloidose por ATTR, embora apresente caráter subjetivo. Os autores avaliaram abordagem de *deep learning* para quantificação volumétrica automatizada de tecnécio-99m (^{99m}Tc)-pirofosfato, utilizando segmentação de estruturas anatômicas co-registradas em mapas de atenuação da tomografia computadorizada em pacientes com suspeita de amiloidose por ATTR. Os resultados demonstraram que a segmentação baseada em *deep learning* não foi influenciada

pelo padrão de captação do radiotraçador e permitiu quantificação automática de imagens de captação focal, como as obtidas com ^{99m}Tc -pirofosfato. O modelo apresentou desempenho elevado (AUC = 0,989; IC 95%: 0,974-1,00), indicando potencial para identificação precisa de pacientes amiloidose por ATTR. Portanto, tal abordagem apresenta potencial de ser usada na identificação precisa de pacientes com amiloidose por ATTR.

Desempenho da inteligência artificial na avaliação da cintilografia com traçadores ósseos

No contexto do diagnóstico da amiloidose cardíaca por meio da aplicação de IA na análise de exames de imagem, é possível estruturar sistemas integrados aos prontuários eletrônicos, de forma semelhante ao modelo descrito por Huda et al.,⁸ porém direcionados à interpretação automatizada de imagens cintilográficas.

Delbarre et al.¹⁴ propuseram modelo de *deep learning* para análise automatizada de cintilografia com traçadores ósseos de corpo inteiro com ^{99m}Tc , fundamentado na premissa de que captação cardíaca significativa nesses exames é fortemente sugestiva de amiloidose por ATTR. O modelo apresentou sensibilidade de 98,9% e especificidade de 99,5% na validação cruzada. Na validação externa, observou-se discreta redução da sensibilidade para 96,1%, mantendo-se especificidade de 99,5%, com AUC de 0,999 em ambas as etapas.

Para o desenvolvimento do sistema, utilizou-se como variável preditora a captação cardíaca ≥ 2 segundo a escala de classificação de Perugini. O algoritmo foi treinado por meio de CNNs, utilizando rótulos em nível de imagem extraídos de exames registrados nos prontuários eletrônicos, permitindo a identificação automatizada de padrões sugestivos de amiloidose cardíaca. Assim como ressaltado por Castaño et al.,⁹ a integração entre IA e sistemas de prontuário favorece rastreamento eficiente de condições frequentemente sub-reconhecidas, como a associação entre captação cardíaca elevada na cintilografia com traçadores ósseos de corpo inteiro e amiloidose por ATTR, contribuindo para identificação em estágios mais precoces.

Embora a cintilografia com traçadores ósseos não substitua integralmente todos os métodos diagnósticos, Delbarre et al.¹⁴ destacaram que, quando ela é positiva e não há evidência de gamopatia monoclonal, o exame pode permitir diagnóstico não invasivo definitivo de cardiomiopatia por ATTR, especialmente em pacientes idosos ou fragilizados, nos quais a biópsia miocárdica apresenta maior risco.

Considerando que o diagnóstico de amiloidose cardíaca pode ser estabelecido de forma não invasiva por meio da cintilografia com traçadores ósseos e que a avaliação visual é inerentemente subjetiva, podendo resultar em interpretações equivocadas, Spielvogel et al.¹⁵ desenvolveram um sistema de IA para triagem padronizada e reproduzível da doença. O modelo foi treinado a partir de banco de dados multinacional de cintilografia com traçadores ósseos marcados com ^{99m}Tc , abrangendo diferentes traçadores e *scanners*. Na coorte austríaca, a validação cruzada demonstrou AUC de 1,00 (IC 95%: 1,00-1,00). Na validação externa, os resultados permaneceram

elevados, com AUC de 0,997 (IC 95%: 0,993-0,999) no Reino Unido, 0,925 (IC 95%: 0,871-0,971) na China e 1,00 (IC 95%: 0,999-1,000) nas coortes italianas. Considerando que há cerca de uma década, a biópsia miocárdica representa a única modalidade para diagnosticar amiloidose cardíaca, a cintilografia com traçadores ósseos representa um marco no avanço do diagnóstico da amiloidose cardíaca, principalmente quando somada à IA. Até aproximadamente 1 década atrás, a biópsia miocárdica representava a única modalidade definitiva para o diagnóstico de amiloidose cardíaca. A consolidação da cintilografia com traçadores ósseos constituiu avanço significativo nesse cenário, sobretudo no diagnóstico da amiloidose por ATTR. A incorporação da IA a essa modalidade amplia ainda mais seu potencial, ao reduzir a subjetividade da interpretação e aumentar a padronização e a confiabilidade diagnóstica.

No referido estudo multicêntrico, a captação cardíaca intensa foi identificada de forma automatizada e consistente em todos os traçadores utilizados na investigação da amiloidose cardíaca. Adicionalmente, a triagem baseada em IA para detecção de captação sugestiva de amiloidose cardíaca em pacientes submetidos à cintilografia com traçadores ósseos de corpo inteiro configura ferramenta potencialmente valiosa para a identificação precoce da doença e para a otimização dos fluxos assistenciais. Nesse contexto, a implementação dessa estratégia pode favorecer o encaminhamento oportuno para avaliação especializada e possibilitar início mais precoce de terapias modificadoras da doença, com potencial impacto na redução da mortalidade.

Inteligência artificial na avaliação da ressonância magnética cardíaca

A RMC com realce tardio pelo gadolínio (RTG) constitui método fundamental na investigação da amiloidose cardíaca, dada a capacidade de demonstrar alterações morfológicas e padrões de realce característicos. Entretanto, sua utilização pode ser limitada em pacientes com insuficiência renal significativa, condição frequentemente associada à amiloidose, devido ao risco relacionado ao uso de contraste.

Ma et al.¹⁶ investigaram a viabilidade do diagnóstico por meio de RMC sem contraste, utilizando mapeamento de T1 nativo associado a análise radiômica automatizada baseada em IA. O modelo foi treinado para reconhecer padrões específicos de deposição amiloide e estimar, de forma indireta, o volume extracelular (VEC), parâmetro tradicionalmente calculado a partir de sequências pré e pós-contraste com gadolínio. Na abordagem proposta, o VEC foi estimado com precisão por meio da identificação automatizada das regiões de interesse miocárdicas. O modelo apresentou precisão de 86%, sensibilidade de 94%, especificidade de 85% e AUC de 0,915 no conjunto de teste. Diferentemente da cintilografia com traçadores ósseos, cuja principal aplicabilidade se concentra na identificação de amiloidose por ATTR, a RMC sem contraste demonstrou potencial para diagnóstico efetivo da amiloidose cardíaca, particularmente na amiloidose por AL.

Em consonância com tal perspectiva, Nowak et al.¹⁷ destacaram que o valor diagnóstico da RMC decorre de sua capacidade de integrar múltiplas sequências para avaliação

detalhada da função miocárdica, edema, inflamação e fibrose. O VEC, nesse contexto, permite quantificação não invasiva da deposição amiloide miocárdica e pode influenciar decisões terapêuticas.

Considerando que a RMC é modalidade de referência para o diagnóstico de amiloidose cardíaca, Agibetov et al.¹⁸ observaram que seus achados podem ser inespecíficos, especialmente em centros com menor volume de casos. Para minimizar esse risco, desenvolveram algoritmo baseado em CNNs aplicado a uma coorte de 502 pacientes. Independentemente da técnica de *deep learning* empregada, os modelos treinados com imagens de RTG apresentaram melhor desempenho. O ajuste fino (*fine-tuning*) do modelo resultou em AUC de 0,96, sensibilidade de 94% e especificidade de 90%. A classificação automatizada apresentou desempenho semelhante ao de especialistas humanos. Contudo, por se tratar de estudo unicêntrico, a generalização dos resultados requer cautela.

Martini et al.¹⁹ também utilizaram *deep learning* para análise automatizada de imagens de RMC e estimativa da probabilidade de amiloidose cardíaca. Entre os achados mais específicos, destacaram o padrão de pseudo-hipertrofia biventricular associado a RTG transmural difuso. A análise automatizada de sequências de RTG nas projeções 2C, 4C e eixo curto mostrou-se mais rápida e apresentou acurácia semelhante à avaliação especializada, com AUC de 0,982, valor preditivo positivo de 83%, *recall* de 95% e *F1-score* de 89%.

Desempenho da inteligência artificial na avaliação de testes genéticos e biópsias

Outro campo promissor na aplicação da IA ao diagnóstico da amiloidose cardíaca, especialmente na forma por AL, envolve a sistematização da análise de testes genéticos voltados à identificação de mutações somáticas em cadeias leves de imunoglobulinas. Garofalo et al.²⁰ demonstraram, por meio de modelo de aprendizado de máquina, associação entre mutações somáticas adquiridas durante a maturação dos linfócitos B e o desenvolvimento de amiloidose cardíaca. Essas mutações afetam a estabilidade estrutural das cadeias leves, favorecendo o dobramento incorreto da proteína e a consequente formação de depósitos amiloides. O modelo apresentado obteve sensibilidade de 76%, especificidade de 82% e AUC de 0,87, evidenciando capacidade preditiva relevante na identificação de sequências consideradas tóxicas. Além disso, os autores destacaram que a reversão dessas mutações pode abolir o fenótipo tóxico, reforçando a importância da caracterização molecular detalhada.

Considerando a diversidade das sequências patogênicas envolvidas, o uso de IA configura estratégia apropriada para organizar e analisar grande volume de variáveis genéticas, atuando como preditor de toxicidade. Dessa forma, o algoritmo pode identificar perfis moleculares associados a maior risco de desenvolvimento de amiloidose cardíaca, contribuindo assim para estratificação de risco e potencial diagnóstico precoce.

No âmbito da histopatologia, a biópsia permanece como evidência diagnóstica definitiva na cardiomiopatia amiloide,

apesar de seu caráter invasivo. Nesse contexto, a integração entre técnicas histológicas e *deep learning* também tem se mostrado promissora. Yang et al.²¹ propuseram abordagem baseada em rede neural capaz de transformar imagens de autofluorescência em imagens equivalentes às obtidas por microscopia de campo claro e luz polarizada, simulando o efeito da coloração pelo vermelho Congo.

Atualmente, o padrão-ouro diagnóstico baseia-se na identificação de birrefringência sob luz polarizada cruzada após coloração com vermelho Congo. Entretanto, esse processo é influenciado por variabilidade técnica na coloração, qualidade do preparo das lâminas e disponibilidade de equipamentos adequados, além de envolver custos elevados. O modelo proposto por Yang et al.²¹ demonstrou que as imagens geradas digitalmente apresentaram qualidade comparável às lâminas coradas convencionalmente, com potencial redução de custos, menor dependência técnica e melhor armazenamento digital das amostras, considerando que *scanners* especializados para captura de birrefringência nem sempre estão disponíveis.

Assim, embora haja crescente interesse em métodos diagnósticos não invasivos para amiloidose cardíaca, os avanços na aplicação da IA à análise genética e histopatológica também representam contribuição relevante, o que melhora a precisão diagnóstica e a padronização dos processos laboratoriais.

Barreiras de implementação da inteligência artificial no fluxo de trabalho da medicina

A implementação da IA na prática médica apresenta potencial significativo para ampliar a precisão diagnóstica, otimizar processos assistenciais, reduzir custos e apoiar a tomada de decisão clínica. Contudo, sua incorporação ao fluxo de trabalho enfrenta desafios multifatoriais que podem ser agrupados em dimensões técnicas, éticas, organizacionais e humanas.

Do ponto de vista técnico, os modelos de IA dependem de bases de dados estruturadas, completas e padronizadas. Entretanto, muitos sistemas de saúde ainda operam com registros fragmentados, inconsistentes ou incompletos, o que compromete o treinamento adequado e a capacidade de generalização dos algoritmos. Além disso, dados historicamente viesados podem perpetuar desigualdades assistenciais, resultando em recomendações inadequadas para determinados grupos populacionais. A interoperabilidade entre diferentes sistemas de informação também constitui desafio relevante, dificultando a integração fluida da IA aos ambientes clínicos já estabelecidos.

Sob a perspectiva ética e legal, emergem questionamentos quanto à responsabilização em caso de erro clínico envolvendo recomendações algorítmicas. A definição de responsabilidade entre desenvolvedores, instituições e profissionais permanece complexa. Soma-se a isso a preocupação com privacidade, segurança e governança de dados, especialmente quando há compartilhamento interinstitucional para treinamento ou validação de modelos.

No âmbito organizacional, a adoção de ferramentas baseadas em IA exige integração eficiente aos fluxos

assistenciais. Soluções que adicionam etapas ao processo ou interrompem rotinas consolidadas tendem a gerar resistência e sobrecarga operacional. Além disso, é imprescindível que médicos, enfermeiros e demais profissionais sejam capacitados para interpretar criticamente as recomendações fornecidas pelos sistemas, utilizando-as como suporte e não como substituição do julgamento clínico. A implementação também demanda investimentos em infraestrutura tecnológica, manutenção e atualização contínua dos modelos, o que pode representar barreira financeira para determinadas instituições.

Por fim, a dimensão humana envolve aspectos relacionados à aceitação profissional e à confiança do paciente. Parte dos profissionais pode manifestar desconfiança quanto à tecnologia ou perceber a IA como ameaça ao seu papel clínico. A chamada “caixa-preta” dos algoritmos, em que o processo decisório não é plenamente transparente, pode reduzir a confiança na ferramenta e dificultar sua incorporação à prática clínica. Do ponto de vista do paciente, a confiança em decisões influenciadas por algoritmos ainda não é universal. Em contrapartida, há risco de dependência excessiva da IA por parte dos profissionais, o que pode comprometer o exercício do raciocínio clínico independente caso não haja postura crítica e reflexiva.

Conclusão

Com base nos achados desta revisão, a IA configura-se como ferramenta promissora na otimização do rastreamento e do diagnóstico da amiloidose cardíaca. Sua aplicação em diferentes modalidades diagnósticas demonstra potencial para acelerar a identificação da doença, contribuir para maior precisão diagnóstica e, conseqüentemente, favorecer melhores desfechos clínicos.

A elevada capacidade de processamento e análise de grandes volumes de dados permite à IA reconhecer padrões complexos, ampliar sua capacidade de generalização, desde que treinada com bases robustas e representativas, e auxiliar na detecção precoce da amiloidose cardíaca. Ademais, a utilização de modelos automatizados pode reduzir a subjetividade da interpretação humana, minimizar a necessidade de procedimentos invasivos em determinados contextos e racionalizar o uso de recursos em saúde.

Referências

1. Zhang X, Liang T, Su C, Qin S, Li J, Zeng D, et al. Deep Learn-Based Computer-Assisted Transthoracic Echocardiography: Approach to the Diagnosis of Cardiac Amyloidosis. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2023;39(5):955-65. doi: 10.1007/s10554-023-02806-0.
2. Cotella JI, Slivnick JA, Sanderson E, Singulane C, O'Driscoll J, Asch FM, et al. Artificial Intelligence Based Left Ventricular Ejection Fraction and Global Longitudinal Strain in Cardiac Amyloidosis. *Echocardiography*. 2023;40(3):188-95. doi: 10.1111/echo.15516.
3. Goto S, Mahara K, Beussink-Nelson L, Ikura H, Katsumata Y, Endo J, et al. Artificial Intelligence-Enabled Fully Automated Detection of Cardiac Amyloidosis Using Electrocardiograms and Echocardiograms. *Nat Commun*. 2021;12(1):2726. doi: 10.1038/s41467-021-22877-8.
4. Shiri I, Balzer S, Baj G, Bernhard B, Hundertmark M, Bakula A, et al. Multi-Modality Artificial Intelligence-Based Transthyretin Amyloid Cardiomyopathy Detection in Patients with Severe Aortic Stenosis. *Eur J Nucl Med Mol Imaging*. 2025;52(2):485-500. doi: 10.1007/s00259-024-06922-4.
5. Vrudhula A, Stern L, Cheng PC, Ricchiuto P, Daluwatte C, Witteles R, et al. Impact of Case and Control Selection on Training Artificial Intelligence Screening of Cardiac Amyloidosis. *JACC Adv*. 2024;3(9):100998. doi: 10.1016/j.jacadv.2024.100998.
6. Schrutka L, Anner P, Agibetov A, Seirer B, Dusik F, Rettl R, et al. Machine Learning-Derived Electrocardiographic Algorithm for the Detection of Cardiac Amyloidosis. *Heart*. 2022;108(14):1137-47. doi: 10.1136/heartjnl-2021-319846.

Entretanto, apesar dos avanços observados, a consolidação da IA na prática clínica exige aprimoramento contínuo dos modelos, validação externa em populações diversas e integração eficiente aos fluxos assistenciais. São igualmente fundamentais o planejamento estratégico da implementação, a capacitação dos profissionais de saúde, a governança ética no manejo de dados e o monitoramento permanente do desempenho algorítmico.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Lemos NB, Araújo GAM, Melo MDT; obtenção de dados: Lemos NB, Araújo GAM.

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.

7. Eckstein J, Moghadasi N, Körperich H, Valdés EW, Sciacca V, Paluszkiwicz L, et al. A Machine Learning Challenge: Detection of Cardiac Amyloidosis Based on Bi-Atrial and Right Ventricular Strain and Cardiac Function. *Diagnostics*. 2022;12(11):2693. doi: 10.3390/diagnostics12112693.
8. Huda A, Castaño A, Niyogi A, Schumacher J, Stewart M, Bruno M, et al. A Machine Learning Model for Identifying Patients at Risk for Wild-Type Transthyretin Amyloid Cardiomyopathy. *Nat Commun*. 2021;12(1):2725. doi: 10.1038/s41467-021-22876-9.
9. Castaño A, Heitner SB, Masri A, Huda A, Calambur V, Bruno M, et al. EstimATTR: A Simplified, Machine-Learning-Based Tool to Predict the Risk of Wild-Type Transthyretin Amyloid Cardiomyopathy. *J Card Fail*. 2024;30(6):778-87. doi: 10.1016/j.cardfail.2023.11.017.
10. Harmon DM, Mangold K, Suarez AB, Scott CG, Murphree DH, Malik A, et al. Postdevelopment Performance and Validation of the Artificial Intelligence-Enhanced Electrocardiogram for Detection of Cardiac Amyloidosis. *JACC Adv*. 2023;2(8):100612. doi: 10.1016/j.jacadv.2023.100612.
11. Barbieri A, Imberti JF, Bartolomei M, Bonini N, Laus V, Triglia LT, et al. Quantification of Myocardial Contraction Fraction with Three-Dimensional Automated, Machine-Learning-Based Left-Heart-Chamber Metrics: Diagnostic Utility in Hypertrophic Phenotypes and Normal Ejection Fraction. *J Clin Med*. 2023;12(17):5525. doi: 10.3390/jcm12175525.
12. Santarelli MF, Genovesi D, Positano V, Scipioni M, Vergaro G, Favilli B, et al. Deep-Learning-Based Cardiac Amyloidosis Classification from Early Acquired Pet Images. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2021;37(7):2327-35. doi: 10.1007/s10554-021-02190-7.
13. Miller RJH, Shanbhag A, Michalowska AM, Kavanagh P, Liang JX, Builoff V, et al. Deep Learning-Enabled Quantification of ^{99m}Tc-Pyrophosphate SPECT/CT for Cardiac Amyloidosis. *J Nucl Med*. 2024;65(7):1144-50. doi: 10.2967/jnumed.124.267542.
14. Delbarre MA, Girardon F, Roquette L, Blanc-Durand P, Hubaut MA, Hachulla É, et al. Deep Learning on Bone Scintigraphy to Detect Abnormal Cardiac Uptake at Risk of Cardiac Amyloidosis. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(8):1085-95. doi: 10.1016/j.jcmg.2023.01.014.
15. Spielvogel CP, Haberl D, Mascherbauer K, Ning J, Kluge K, Traub-Weidinger T, et al. Diagnosis and Prognosis of Abnormal Cardiac Scintigraphy Uptake Suggestive of Cardiac Amyloidosis Using Artificial Intelligence: A Retrospective, International, Multicentre, Cross-Tracer Development and Validation Study. *Lancet Digit Health*. 2024;6(4):e251-60. doi: 10.1016/S2589-7500(23)00265-0.
16. Ma Q, Chen J, Cao L, Wu X, Tan Z, Liu H. The Incremental Value of Native T1 Mapping-Derived Radiomics for The Diagnosis of Amyloid Light-Chain Cardiac Amyloidosis. *Acad Radiol*. 2024;31(12):4801-10. doi: 10.1016/j.acra.2024.07.005.
17. Nowak S, Bischoff LM, Pennig L, Kaya K, Isaak A, Theis M, et al. Deep Learning Virtual Contrast-Enhanced T1 Mapping for Contrast-Free Myocardial Extracellular Volume Assessment. *J Am Heart Assoc*. 2024;13(19):e035599. doi: 10.1161/JAHA.124.035599.
18. Agibetov A, Kammerlander A, Duca F, Nitsche C, Koschutnik M, Donà C, et al. Convolutional Neural Networks for Fully Automated Diagnosis of Cardiac Amyloidosis by Cardiac Magnetic Resonance Imaging. *J Pers Med*. 2021;11(12):1268. doi: 10.3390/jpm11121268.
19. Martini N, Aimo A, Barison A, Latta DD, Vergaro G, Aquaro GD, et al. Deep Learning to Diagnose Cardiac Amyloidosis from Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2020;22(1):84. doi: 10.1186/s12968-020-00690-4.
20. Garofalo M, Piccoli L, Romeo M, Barzago MM, Ravasio S, Foglierini M, et al. Machine Learning Analyses of Antibody Somatic Mutations Predict Immunoglobulin Light Chain Toxicity. *Nat Commun*. 2021;12(1):3532. doi: 10.1038/s41467-021-23880-9.
21. Yang X, Bai B, Zhang Y, Aydin M, Li Y, Selcuk SY, et al. Virtual Birefringence Imaging and Histological Staining of Amyloid Deposits in Label-Free Tissue Using Autofluorescence Microscopy and Deep Learning. *Nat Commun*. 2024;15(1):7978. doi: 10.1038/s41467-024-52263-z.



Manifestações Neurológicas da Arterite de Takayasu: Relato de Caso e Revisão de Literatura

Neurological Manifestations of Takayasu Arteritis: A Case Report and Literature Review

Amanda Antunes Arantes Rolim,¹ Tainá Cândida de Almeida Gontijo Carneiro,¹ Flávia de Campos,¹ Dilson Palhares Ferreira¹

Hospital Regional de Sobradinho, Sobradinho,¹ Brasília, DF – Brasil

Resumo

A arterite de Takayasu (AT) é uma vasculite rara de grandes vasos que acomete principalmente a aorta e seus principais ramos e afeta predominantemente mulheres em idade reprodutiva. Relatamos o caso de uma mulher que apresentou um acidente vascular encefálico (AVE) isquêmico aos 20 anos e um ataque isquêmico transitório aos 53 anos, com diagnóstico de AT realizado apenas após o segundo evento cerebrovascular. Embora o AVE isquêmico seja uma manifestação inicial incomum da AT, o reconhecimento precoce e o manejo oportuno são essenciais para prevenir novas complicações e melhorar os desfechos a longo prazo.

Introdução

A arterite de Takayasu (AT) é uma vasculite rara e crônica que acomete vasos de grande e médio calibre, principalmente a aorta e seus principais ramos. A AT afeta predominantemente mulheres em idade reprodutiva.¹ A doença é caracterizada por inflamação arterial progressiva, que pode levar a estenose, oclusão e formação de aneurismas. Embora sua etiologia exata permaneça incerta, têm sido implicadas suscetibilidade genética e mecanismos autoimunes, particularmente envolvendo as vias de linfócitos Th1 e Th17.²

As manifestações iniciais são frequentemente inespecíficas e podem incluir febre, perda de peso, fadiga e artralgia.¹ À medida que a doença progride, os achados vasculares tornam-se mais proeminentes, incluindo diminuição ou ausência de pulsos em membros superiores (84%-96%), claudicação de membros, discrepâncias de pressão arterial entre os braços, hipertensão arterial sistêmica (33%-83%) e sopros arteriais (80%-94%).¹ Aproximadamente 10% dos pacientes permanecem assintomáticos.³

Eventos cerebrovasculares, incluindo acidente vascular encefálico (AVE) isquêmico e ataque isquêmico transitório

(AIT), ocorrem em 10%-20% dos pacientes com AT^{1,4,5} e raramente representam a manifestação inicial da doença.⁵ Em uma coorte de 320 pacientes, 20% apresentaram eventos cerebrovasculares, dos quais 65% tiveram AVE isquêmico e 35% tiveram AIT.⁴ Fatores de risco identificados incluíram histórico prévio de AVE isquêmico ou AIT e diagnóstico tardio.

A AT deve ser suspeitada em mulheres jovens que apresentem sintomas cardiovasculares e manifestações cerebrovasculares. O diagnóstico precoce e o início imediato de terapia imunossupressora são essenciais para prevenir a progressão da doença, reduzir complicações e melhorar o prognóstico.¹ Este estudo relata um caso de AT que se apresentou inicialmente com AVE isquêmico.

Relato de caso

Uma mulher de 53 anos deu entrada no serviço de emergência após queda da própria altura causada por fraqueza súbita do membro inferior direito. O episódio foi acompanhado por desvio da comissura labial para a esquerda e disartria. Seu histórico médico era notável por um AVE isquêmico aos 20 anos, resultando em hemiparesia espástica persistente à direita. Ela não havia realizado acompanhamento médico desde esse evento. A paciente era sedentária e negava tabagismo, consumo de álcool ou uso regular de medicamentos.

Ao exame físico, os sinais vitais estavam estáveis e não foram observadas outras alterações. Os exames laboratoriais não apresentaram alterações relevantes, incluindo proteína C reativa de 3,18 mg/l. A tomografia computadorizada de crânio inicial demonstrou sequela de infarto lacunar nos núcleos da base à esquerda, sem evidência de lesões isquêmicas agudas. O ecocardiograma transtorácico foi normal. A ultrassonografia Doppler de carótidas revelou estenose de aproximadamente 31% nos segmentos proximal e médio da artéria carótida comum esquerda, com espessura de parede variando de 1,2 a 1,4 mm. A artéria carótida comum direita apresentava 20% de estenose e espessura de parede de 1,4 mm. A artéria vertebral esquerda foi descrita como hipoplásica.

Uma tomografia computadorizada de crânio repetida após 48 horas não mostrou alterações em relação ao exame anterior. Como os déficits neurológicos regrediram em até 3 horas, foi estabelecido o diagnóstico clínico de AIT.

Diante da suspeita de AT, a pressão arterial foi aferida nos quatro membros, sem discrepâncias significativas. No entanto, foi auscultado sopro sobre a artéria carótida esquerda. A paciente negava sintomas constitucionais ou isquêmicos prévios.

Palavras-chave

Arterite de Takayasu; Acidente Vascular Cerebral; Manifestações Neurológicas.

Correspondência: Amanda Antunes Arantes Rolim •

Hospital Regional de Sobradinho (HRS). Quadra 12, Conjunto B, lote 38.

CEP: 73010-120. Sobradinho, DF - Brasil

E-mail: amanda.arantes1412@gmail.com

Artigo recebido em 15/12/2025; revisado em 31/01/2026; aceito em 20/02/2026

Editor responsável pela revisão: Simone Nascimento dos Santos

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250110>

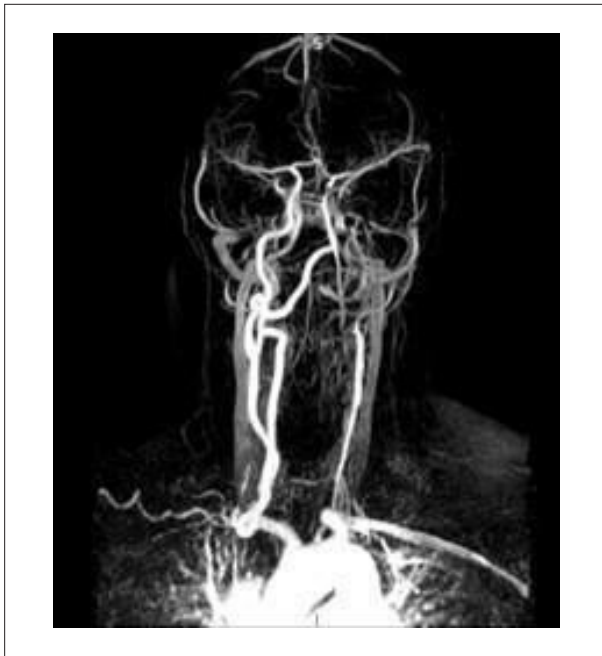


Figura 1 – Angiorressonância magnética cervical. Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025).

A angiorressonância magnética (angio-RM) cerebral confirmou a seqüela do AVE isquêmico prévio no hemisfério cerebral esquerdo. A angio-RM cervical (Figura 1) demonstrou estenose de aproximadamente 60% da porção proximal da artéria carótida comum esquerda, acentuado estreitamento das artérias carótida interna e externa esquerdas com fluxo filiforme, e hipoplasia difusa da artéria vertebral esquerda.

A angio-RM torácica (Figura 2) evidenciou dilatação fusiforme focal da aorta torácica descendente.

A ARM abdominal (Figura 3) revelou estenose segmentar da aorta abdominal infrarrenal, iniciando ao nível das origens das artérias renais.

A paciente recebeu alta com encaminhamentos para ambulatorios de reumatologia, neurologia e cardiologia. No entanto, não compareceu às consultas agendadas e permaneceu sem tratamento específico para a doença, apesar das tentativas repetidas de seguimento.

Discussão

As artérias mais comumente acometidas na AT são os vasos supra-aórticos de grande e médio calibre, envolvidos em aproximadamente 85% dos casos.^{6,7} As artérias subclávia (83,73%) e carótida comum (73,22%) são os vasos mais frequentemente afetados.⁷ O acometimento das artérias renais ocorre em 24%-68% dos casos,⁸ e o envolvimento de vasos intracranianos foi relatado em 23,7%, particularmente afetando a artéria carótida interna.⁹ A oclusão das artérias vertebrais e carótidas está fortemente associada a eventos isquêmicos cerebrovasculares.

No presente caso, o primeiro evento isquêmico aos 20 anos provavelmente refletiu lesão vascular pré-existente. Aos 53 anos,

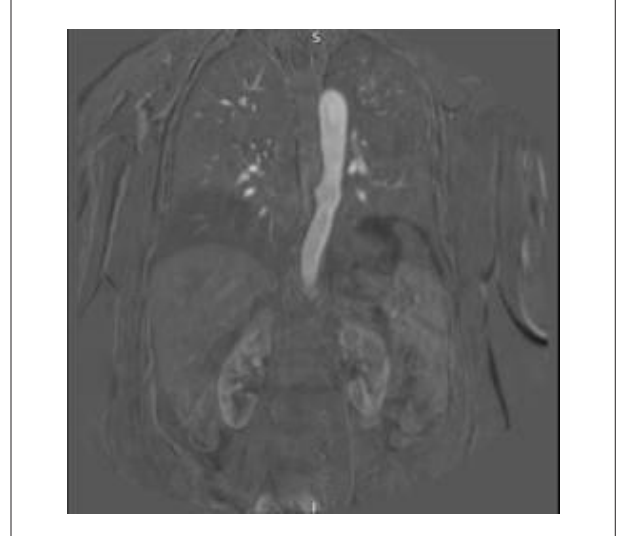


Figura 2 – Angiorressonância magnética torácica. Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025).

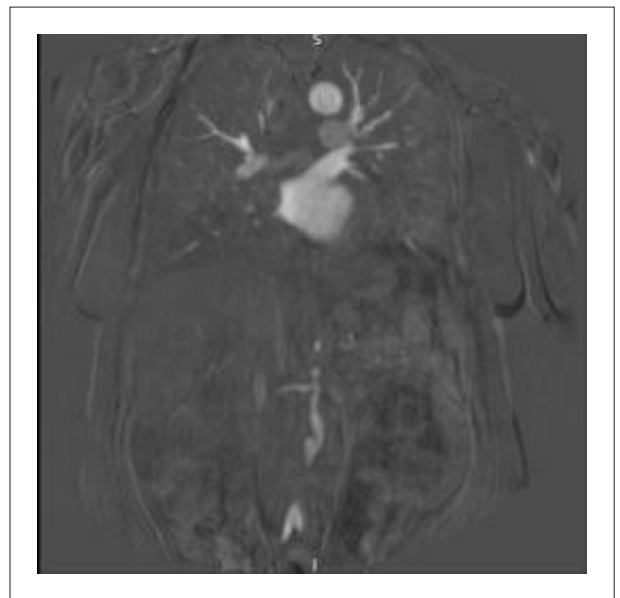


Figura 3 – Angiorressonância magnética abdominal. Fonte: Arquivo pessoal do autor (2025).

a paciente apresentou AIT e sopro carotídeo à esquerda. De acordo com os critérios de classificação de 2022 do *American College of Rheumatology/European Alliance of Associations for Rheumatology*,¹⁰ seus achados clínicos e de imagem foram compatíveis com AT.

Os achados angiográficos na angio-RM classificaram a doença como Tipo V segundo a classificação angiográfica de Hata¹¹ (Figura 4), que é o subtipo mais frequente, seguido pelo Tipo I.^{7,11} Essa classificação auxilia principalmente no planejamento cirúrgico e não possui valor prognóstico consolidado.¹

Fatores de risco para complicações vasculares na AT incluem doença progressiva, acometimento da aorta torácica

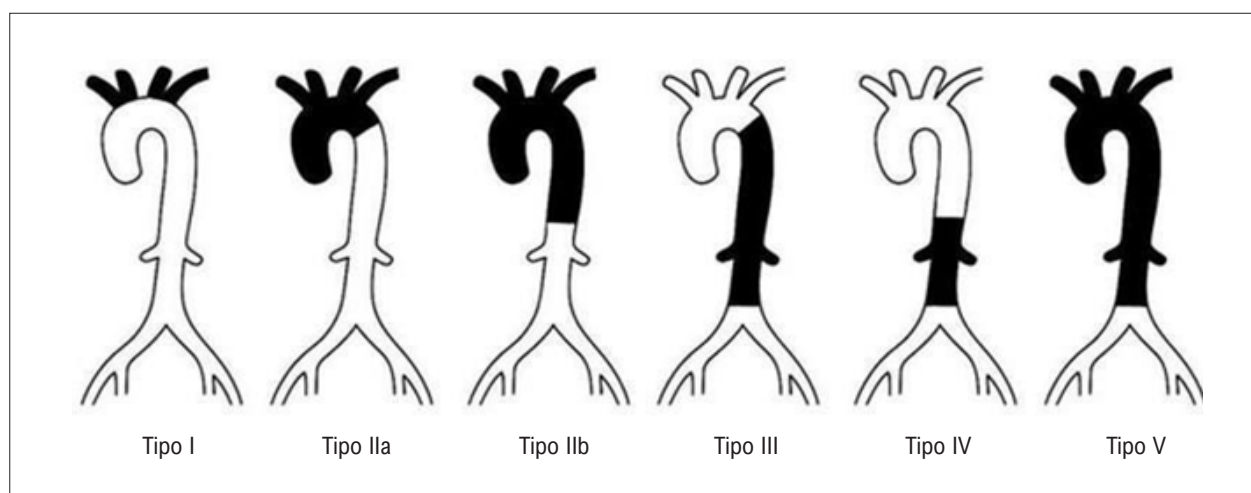


Figura 4 – Classificação angiográfica da arterite de Takayasu. As áreas em preto indicam as artérias envolvidas em cada tipo. Fonte: Adaptado de Hata et al.¹¹

e retinopatia.¹² No entanto, os desfechos são influenciados por múltiplas variáveis, e o manejo deve ser individualizado.

Marcadores inflamatórios tradicionais, como proteína C reativa e velocidade de hemossedimentação, são insuficientes para avaliar com precisão a atividade da doença.¹³ Biomarcadores adicionais, incluindo metaloproteínas da matriz, citocinas e pentraxinas, têm sido investigados,¹³ mas não estão rotineiramente disponíveis na prática clínica.

A avaliação da atividade da doença permanece desafiadora. Instrumentos como os critérios do *National Institutes of Health*, o *Disease Extent Index for Takayasu Arteritis* e o *Indian Takayasu Clinical Activity Score* incorporam parâmetros clínicos, laboratoriais e de imagem, embora sua acurácia varie.¹³ O *Takayasu Arteritis Integrated Disease Activity Index* demonstrou alta sensibilidade e especificidade, mas ainda requer validação externa adicional.¹⁴ A combinação de biomarcadores com modalidades avançadas de imagem pode aprimorar o monitoramento da doença e a tomada de decisão terapêutica.

As estratégias de tratamento dependem da atividade e da gravidade da doença. Doença ativa ou grave requer glicocorticoides em altas doses, com administração intravenosa reservada para manifestações com risco de órgão. Em casos não graves, a terapia combinada com glicocorticoides e agentes imunossupressores, como metotrexato, inibidores do fator de necrose tumoral ou azatioprina, tem demonstrado maior eficácia. Após 6-12 meses de remissão contínua, recomenda-se a redução gradual dos glicocorticoides. Em pacientes com acometimento craniano crítico ou vertebrobasilar, a terapia antiplaquetária reduz o risco de eventos isquêmicos.¹⁵

Pacientes sem complicações maiores geralmente apresentam prognóstico favorável.¹⁶ O início precoce do tratamento melhora os desfechos a longo prazo e reduz o risco de aterosclerose acelerada.¹⁷ Pacientes mais jovens tendem a apresentar menores taxas de remissão, enquanto pacientes mais idosos podem necessitar de terapia farmacológica menos intensiva, mas frequentemente exibem maior comprometimento funcional devido a comorbidades.¹⁸

Conclusões

Embora seja rara, a AT pode levar a eventos neurológicos graves, incluindo AVE. O reconhecimento precoce, especialmente em mulheres jovens com déficit de pulso, discrepâncias de pressão arterial ou claudicação de membros, é essencial. O diagnóstico oportuno e o tratamento adequado melhoram os desfechos clínicos e reduzem o risco de complicações a longo prazo.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e análise e interpretação dos dados: Rolim AAA, Campos F, Carneiro TCAG; obtenção de dados e redação do manuscrito: Rolim AAA; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Campos F, Ferreira DP, Carneiro TCAG.

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 Amanda Antunes Arantes Rolim pela Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde (FEPECS), no Hospital Regional de Sobradinho.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética do Fundação de Ensino e Pesquisa em Ciências da Saúde sob o número de protocolo 7.812.420. 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

Durante a preparação deste trabalho, o(s) autor(es) usaram ChatGPT para gerar a Figura 4. 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 dados não podem ser disponibilizados publicamente pois trata-se de relato de caso único. Os dados do estudo correspondem a informações contidas no prontuário da paciente e, portanto, requerem sigilo, conforme estabelecido pelo Comitê de Ética em Pesquisa deste trabalho.

Referências

- Johnston SL, Lock RJ, Gompels MM. Takayasu Arteritis: A Review. *J Clin Pathol.* 2002;55(7):481-6. doi: 10.1136/jcp.55.7.481.
- Kermani TA, Warrington KJ. Classification Criteria, Epidemiology and Genetics; and Pathogenesis. In: Salvarani C, Boiardi L, Muratore F, editors. *Large and Medium Size Vessel and Single Organ Vasculitis.* Cham: Springer; 2021. p. 83-92.
- Kerr GS, Hallahan CW, Giordano J, Leavitt RY, Fauci AS, Rottem M, et al. Takayasu Arteritis. *Ann Intern Med.* 1994;120(11):919-29. doi: 10.7326/0003-4819-120-11-199406010-00004.
- Mirouse A, Deltour S, Leclercq D, Squara PA, Pouchelon C, Comarmond C, et al. Cerebrovascular Ischemic Events in Patients with Takayasu Arteritis. *Stroke.* 2022;53(5):1550-7. doi: 10.1161/STROKEAHA.121.034445.
- Duarte MM, Gerales R, Sousa R, Alarcão J, Costa J. Stroke and Transient Ischemic Attack in Takayasu's Arteritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Stroke Cerebrovasc Dis.* 2016;25(4):781-91. doi: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2015.12.005.
- Mirouse A, Biard L, Comarmond C, Lambert M, Mekinian A, Ferfar Y, et al. Overall Survival and Mortality Risk Factors in Takayasu's Arteritis: A Multicenter Study of 318 Patients. *J Autoimmun.* 2019;96:35-9. doi: 10.1016/j.jaut.2018.08.001.
- Wang L, Sun Y, Dai X, Kong X, Ma L, Dai X, et al. Carotid Intima-Media Thickness/Diameter Ratio and Peak Systolic Velocity as Risk Factors for Neurological Severe Ischemic Events in Takayasu Arteritis. *J Rheumatol.* 2022;49(5):482-8. doi: 10.3899/jrheum.211081.
- Sharma S, Gupta A. Visceral Artery Interventions in Takayasu's Arteritis. *Semin Intervent Radiol.* 2009;26(3):233-44. doi: 10.1055/s-0029-1225668.
- Guo YQ, Du J, Pan LL, Guo X. Clinical Features of Intracranial Vessel Involvement in Takayasu's Arteritis. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi.* 2020;100(23):1789-94. doi: 10.3760/cma.j.cn112137-20200304-00586.
- Grayson PC, Ponte C, Suppiah R, Robson JC, Gribbons KB, Judge A, et al. 2022 American College of Rheumatology/EULAR Classification Criteria for Takayasu Arteritis. *Ann Rheum Dis.* 2022;81(12):1654-60. doi: 10.1136/ard-2022-223482.
- Hata A, Noda M, Moriwaki R, Numano F. Angiographic Findings of Takayasu Arteritis: New Classification. *Int J Cardiol.* 1996;54(Suppl):S155-63. doi: 10.1016/s0167-5273(96)02813-6.
- Comarmond C, Biard L, Lambert M, Mekinian A, Ferfar Y, Kahn JE, et al. Long-Term Outcomes and Prognostic Factors of Complications in Takayasu Arteritis: A Multicenter Study of 318 Patients. *Circulation.* 2017;136(12):1114-22. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.116.027094.
- Misra DP, Jain N, Ora M, Singh K, Agarwal V, Sharma A. Outcome Measures and Biomarkers for Disease Assessment in Takayasu Arteritis. *Diagnostics.* 2022;12(10):2565. doi: 10.3390/diagnostics12102565.
- Marvisi C, Bolek EC, Ahlman MA, Alessi H, Redmond C, Muratore F, et al. Development of the Takayasu Arteritis Integrated Disease Activity Index. *Arthritis Care Res.* 2024;76(4):531-40. doi:10.1002/acr.25275.
- Maz M, Chung SA, Abril A, Langford CA, Gorelik M, Guyatt G, et al. 2021 American College of Rheumatology/Vasculitis Foundation Guideline for the Management of Giant Cell Arteritis and Takayasu Arteritis. *Arthritis Care Res.* 2021;73(8):1071-87. doi: 10.1002/acr.24632.
- Ishikawa K, Maetani S. Long-Term Outcome for 120 Japanese Patients with Takayasu's Disease. Clinical and Statistical Analyses of Related Prognostic Factors. *Circulation.* 1994;90(4):1855-60. doi: 10.1161/01.cir.90.4.1855.
- Ohigashi H, Haraguchi G, Konishi M, Tezuka D, Kamiishi T, Ishihara T, et al. Improved Prognosis of Takayasu Arteritis Over the Past Decade--Comprehensive Analysis of 106 Patients. *Circ J.* 2012;76(4):1004-11. doi: 10.1253/circj.cj-11-1108.
- Oliveira JCS, Santos AMD, Aguiar MF, Gonçalves J Jr, Souza AWS, Pereira RMR, et al. Characteristics of Older Patients with Takayasu's Arteritis: A Two-Center, Cross-Sectional, Retrospective Cohort Study. *Arq Bras Cardiol.* 2023;120(1):e20220463. doi: 10.36660/abc.20220463.



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

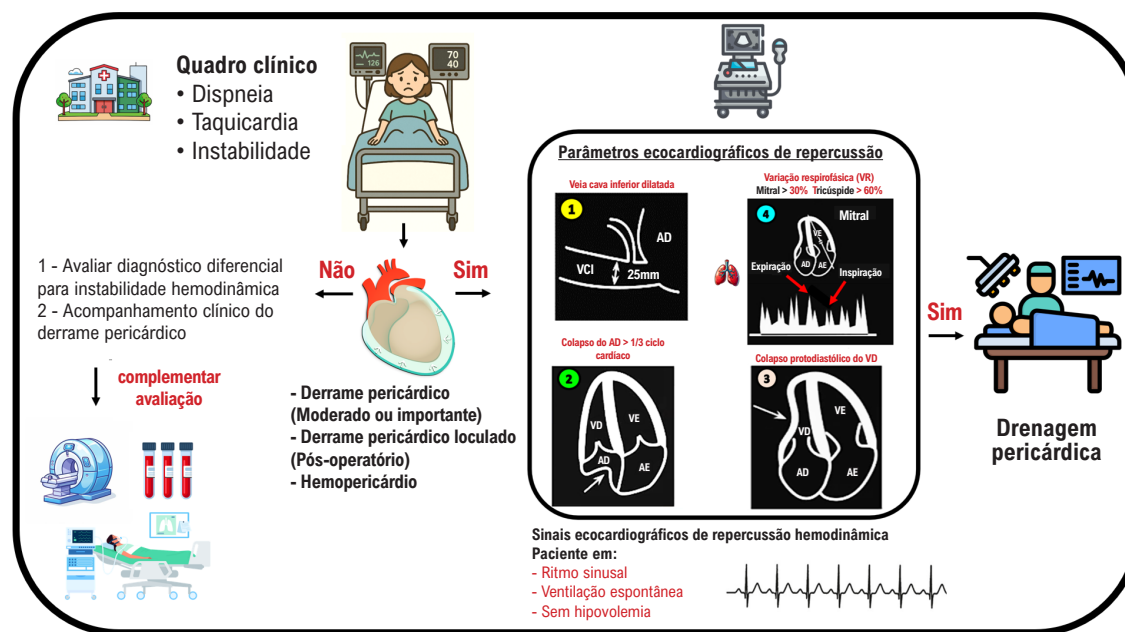
Como Eu Faço a Diferenciação de Derrame Pericárdico com e sem Repercussão Hemodinâmica

My Approach to Differentiating Pericardial Effusion with and without Hemodynamic Repercussions

Helder Moura Gomes,¹ Halsted Alarcão Gomes Pereira da Silva¹

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

Figura Central: Como Eu Faço a Diferenciação de Derrame Pericárdico com e sem Repercussão Hemodinâmica



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026; 39(1):e20250105

AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VCI: veia cava inferior; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

Resumo

O derrame pericárdico é um achado comum na prática cardiológica, sendo frequentemente identificado em exames de acompanhamento ambulatorial, hospitalar e, sobretudo, no período pós-operatório de cirurgias cardíacas. Em pacientes clinicamente estáveis, sua avaliação adequada pode permitir

a detecção precoce de sinais de deterioração clínica. Já em pacientes em estado de choque, a análise criteriosa do derrame pericárdico pode confirmar ou excluir essa condição como causa principal da instabilidade hemodinâmica. A identificação precisa da localização, a caracterização anatômica da gravidade e a análise da repercussão hemodinâmica por meio do Doppler são elementos essenciais para orientar a conduta médica. Além da avaliação técnica, é igualmente importante o cuidado na descrição dos achados nos laudos de imagem. Isso porque a repercussão hemodinâmica observada na ecocardiografia nem sempre corresponde à gravidade clínica apresentada pelo paciente.

Palavras-chave

Derrame Pericárdico; Ecocardiografia; Veia Cava Inferior; Tamponamento Cardíaco.

Correspondência: Helder Moura Gomes •

Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia. Doutor Dante Pazzanese, 500.

CEP: 04.012-180. São Paulo, SP – Brasil

E-mail: heldergomes20@gmail.com

Artigo recebido em 02/12/2025; revisado em 15/12/2025; aceito em 15/12/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250105>

Introdução

O derrame pericárdico (DP) ocorre devido ao acúmulo de líquido no saco pericárdico. Dentre as etiologias, estão causas inflamatórias, infecciosas, neoplásicas, autoimunes, metabólicas, traumáticas e iatrogênicas.¹ A avaliação da repercussão do DP

nem sempre é simples, pois fatores como etiologia, velocidade de instalação e condições hemodinâmicas podem tornar essa avaliação um grande desafio na prática clínica. Embora vários métodos consigam avaliar e quantificar o DP, dadas as características inerentes ao método, a ecocardiografia é o método inicial mais aplicado, dispondo de ferramentas para avaliação e decisão rápidas – sobretudo em pacientes críticos.

Considerações anatômicas e fisiopatológicas

O pericárdio é uma estrutura sacular que contém o coração e estruturas adjacentes, formado por um componente fibroso e um seroso. O componente fibroso externo é formado principalmente por fibras colágenas com fibrilas elásticas curtas intercaladas. O envoltório fibroso é contínuo com a adventícia dos grandes vasos superiormente e está fixado ao diafragma inferiormente. O componente seroso consiste em uma única camada de mesotélio que forma uma camada parietal e uma camada visceral, envolvendo a cavidade pericárdica. A camada parietal reveste o pericárdio fibroso e, juntas, essas estruturas formam o pericárdio parietal. A camada visceral também é conhecida como epicárdio e reveste o coração.

Entre o pericárdio visceral e o miocárdio, há uma quantidade variável de tecido adiposo epicárdico. A gordura epicárdica é mais abundante ao longo dos sulcos atrioventriculares e interventriculares, sendo um importante diagnóstico diferencial ao avaliar o DP.

Em condições fisiológicas o espaço pericárdico normalmente contém uma pequena quantidade de fluido, tipicamente variando entre 10 e 50 mL, com importante função relacionada à lubrificação do coração, reduzindo o

atrito durante o movimento entre os tecidos e permitindo os movimentos de translação e rotação do coração.

Aumentos lentos nesse volume tendem a ter um impacto menor na pressão pericárdica e sua transmissão às cavidades cardíacas, devido à manutenção da complacência do pericárdio. Em aumentos rápidos isso não ocorre e a pressão pericárdica apresenta um aumento progressivo e rápido que irá interferir na hemodinâmica do coração (Figura 1).

A parede ventricular direita é mais fina que a do ventrículo esquerdo (VE); por esse fato, mais da metade da pressão diastólica no ventrículo direito (VD), em condições fisiológicas, deve-se ao pericárdio, tornando-o uma câmara particularmente importante na avaliação da repercussão do DP por ser uma das mais precocemente acometidas.

O entendimento do fenômeno de interdependência ventricular, inerente à fisiologia cardíaca, é essencial para a compreensão das alterações que norteiam o diagnóstico do DP com repercussão hemodinâmica. O VD e o VE são bombas que compartilham uma mesma parede, o septo interventricular que os separa, e ambos estão contidos no saco pericárdico. Portanto, variações nos volumes e pressões de enchimento dos ventrículos podem gerar abaulamento do septo para um dos lados a depender das condições de pressão. Isso ocorre em condições normais, inclusive durante a inspiração e a expiração fisiológica, mas sem impacto significativo no enchimento do VE (Figura 2).

Quando há aumento do volume pericárdico e aumento da pressão em todo o coração, o enchimento ventricular direito durante a inspiração pode abaular o septo para o lado esquerdo, limitando o volume que preencherá o lado esquerdo (efeito

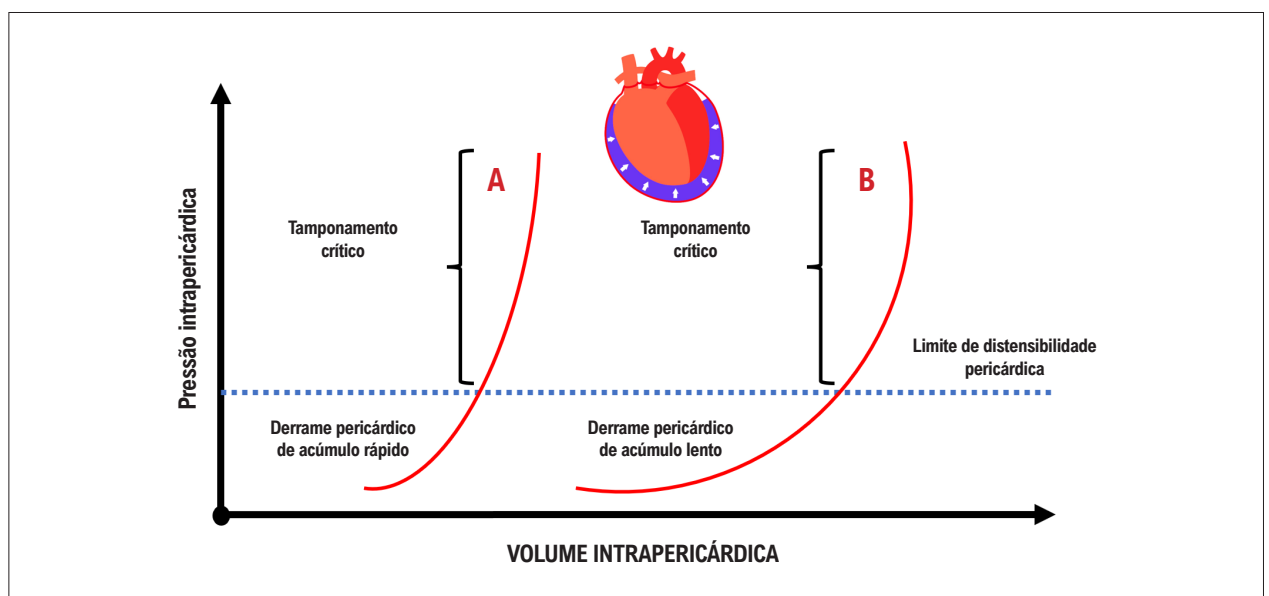


Figura 1 – Imagem demonstrando comparativamente o aumento das pressões pericárdicas em dois cenários possíveis. Na curva A, evidencia-se um cenário em que o acúmulo de líquido pericárdico ocorre em um curto período de tempo com rápido incremento das pressões pericárdicas com transmissão às cavidades cardíacas. Na curva B, evidencia-se um cenário em que o acúmulo de líquido pericárdico ocorre em um período mais longo de tempo com lento e gradativo incremento das pressões pericárdicas e apenas após um grande acúmulo de fluido ocorre a transmissão pressórica às cavidades cardíacas. Adaptado da Diretriz Americana de Ecocardiografia.²

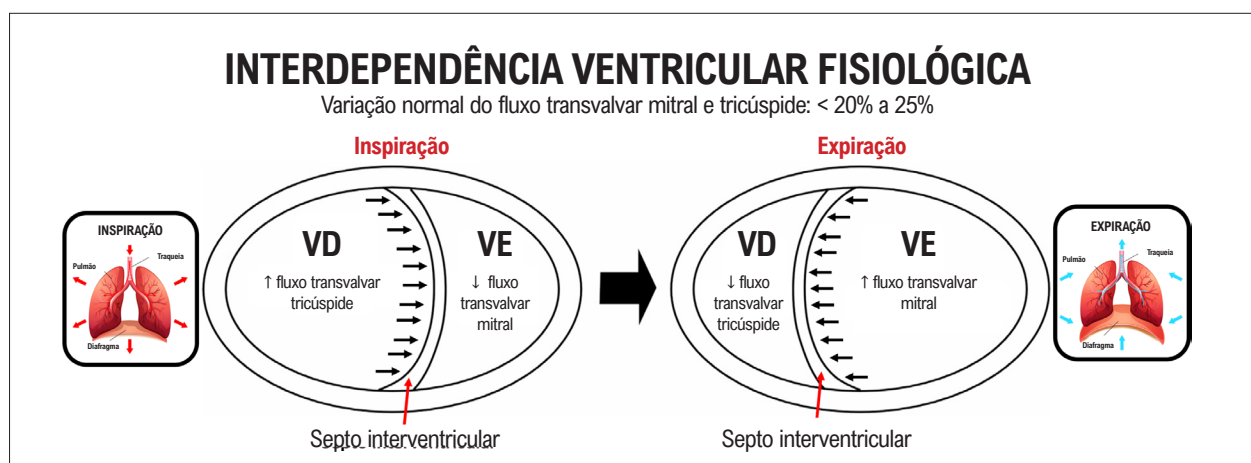


Figura 2 – Interdependência ventricular demonstrando como se comporta a variação fisiológica do fluxo transvalvar mitral e tricúspide durante a inspiração e expiração. Variações de fluxo menores que 20% são esperados em pacientes saudáveis. VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

Bernheim reverso). Durante a expiração, o inverso ocorre.³ Na prática, isso explica, em casos extremos, o pulso paradoxal e o aumento na variação dos fluxos mitral e tricúspide entre a inspiração e a expiração.

Dado que o DP pode impactar a função cardíaca, levando ao baixo débito, é essencial conhecer as ferramentas para avaliação do DP e sua repercussão. Embora o DP possa ser avaliado também pela ressonância magnética e tomografia, o ecocardiograma é parte fundamental nessa avaliação devido à sua sensibilidade para derrames volumosos, portabilidade e facilidade de acompanhamento evolutivo.

Identificação correta do derrame pericárdico

Toda a discussão que ocorrerá a seguir fundamenta-se no conceito primário de que o diagnóstico de DP está correto. Um simples, porém acurado parâmetro de análise é a localização do acúmulo de líquido (conteúdo anecóico).

No caso em que o líquido se localizar predominantemente em posição anterior à aorta torácica descendente na janela paraesternal longitudinal, o diagnóstico mais provável será de DP. Se o mesmo estiver em topografia retroaórtica, o diagnóstico será de derrame pleural esquerdo, considerando que a aorta neste segmento se apresenta anterior e à esquerda da coluna vertebral (Figura 3).

Outro achado que pode levar a um diagnóstico equivocado é a gordura epicárdica, que difere do derrame por ser mais ecogênico que o miocárdio, se move acompanhando o movimento cardíaco e naturalmente não gera impacto hemodinâmico (Figura 4).

Avaliação ecocardiográfica: quantificação

Por definição, um volume de líquido pericárdico acima de 50 mL é considerado anormal² e deve, sempre que possível, ser descrito no laudo final. Sua quantificação ecocardiográfica pode ser realizada através de parâmetros dimensionais ou volumétricos, sendo o primeiro mais comumente utilizado na

prática clínica e recomendado segundo a diretriz da American Society of Echocardiography, em sua última publicação. Essa medida é realizada pela ecocardiografia bidimensional, sendo um parâmetro descrito de forma semiquantitativa e com base no tamanho do espaço livre de eco visto entre o pericárdio parietal e visceral no final da diástole. Considerando essa medida, podemos classificar o DP em discreto (< 10 mm), moderado (10 a 20 mm) e importante ou volumoso (> 20 mm), conforme descrito na Tabela 1.

A Figura 5 apresenta um caso de DP de etiologia inflamatória, com as medidas dos maiores diâmetros diastólicos, avaliação que deve sempre ser realizada através de múltiplas janelas ecocardiográficas.

Outro parâmetro descrito é a estimativa volumétrica considerando a correlação entre diâmetros e volumes medido no ecocardiograma bidimensional. Infere-se que um derrame considerado discreto (< 10 mm) teria entre 50 e 100 mL de líquido pericárdico, moderado (10 a 20 mm) entre 100 e 500 mL e importante (> 20 mm) mais de 500 mL². Existe limitada acurácia entre essa medida e o volume real de líquido pericárdico drenado cirurgicamente. A avaliação volumétrica aferida considerando a medida através do método de Simpson, preferencialmente na janela subcostal como publicado por DeMaria et al. no *Journal of the American Society of Echocardiography* em 2019,⁴ parece ser de maior valia. Na Figura 6, podemos observar como essa quantificação poderia ser realizada em um caso real.

Um derrame uniforme e homogêneo sugere a possibilidade de transudato, assim como achados de distribuição assimétrica e conteúdo heterogêneo sugerem exsudato. Coágulos e derrames durante o pós-operatório podem ser um desafio diagnóstico, por vezes necessitando de avaliação com outros métodos.

Durante a instalação do derrame, a repercussão hemodinâmica ocorre quando a pressão pericárdica comprime as cavidades cardíacas – sobretudo as de menor pressão, e limita o enchimento das cavidades. Para avaliação

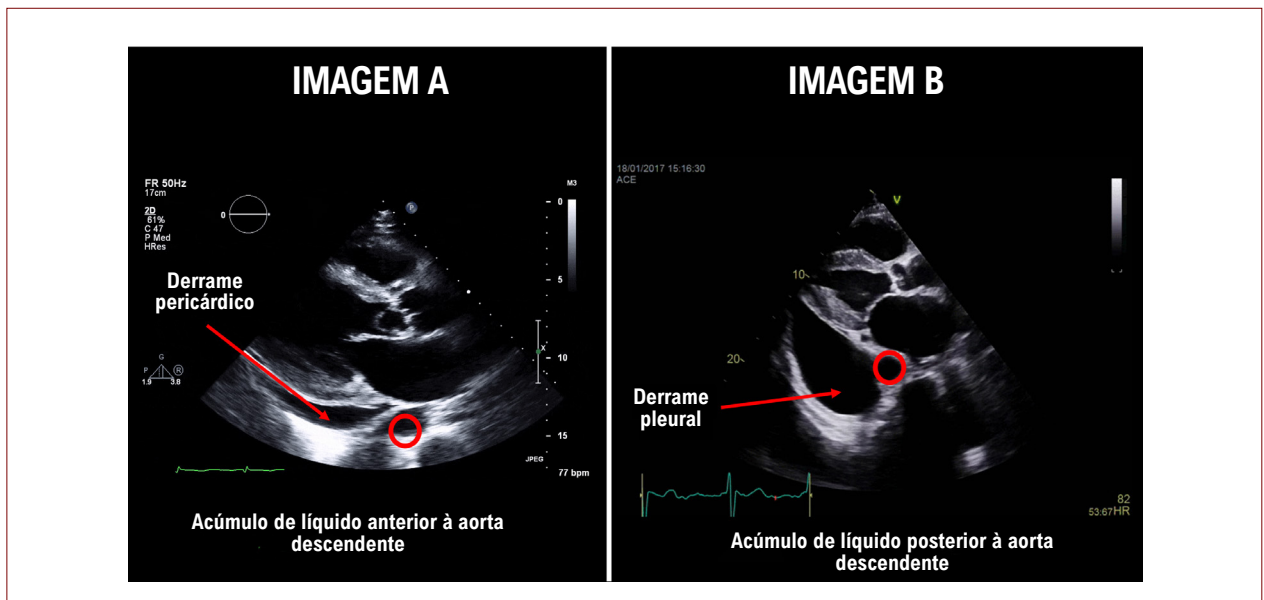


Figura 3 – Diferenças ecocardiográficas entre o derrame pericárdico (Imagem A) e o derrame pleural (Imagem B), avaliando como parâmetro anatômico de referência a aorta torácica descendente.

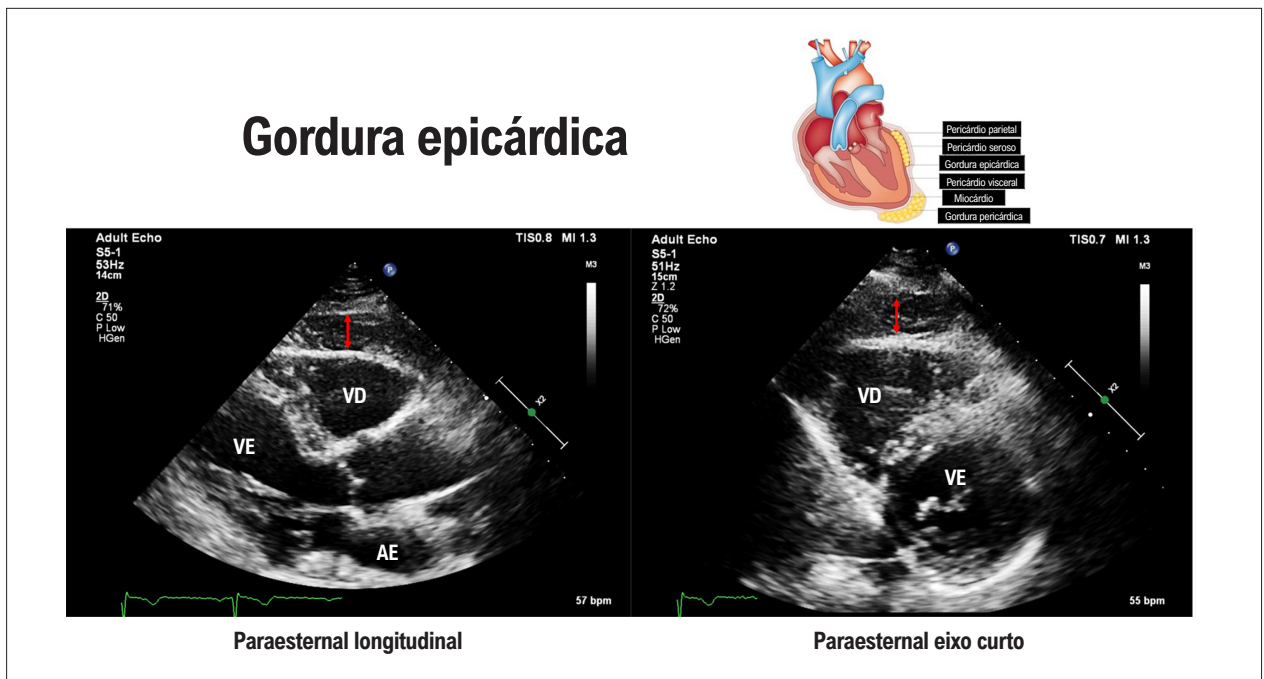


Figura 4 – Imagens ecocardiográficas na janela paraesternal longitudinal e eixo curto de um paciente com síndrome metabólica e extensa camada de gordura epicárdica. O diagnóstico diferencial com derrame pericárdico é essencial devido a diferença na investigação complementar e tratamento clínico. AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

da repercussão do derrame, a análise buscará os sinais de sobrecarga pressórica no espaço pericárdico.

Apesar de ser o exame de primeira linha na avaliação de líquido no espaço pericárdico algumas limitações devem ser lembradas:

- Pacientes com janelas acústicas limitadas (doença pulmonar obstrutiva crônica, obesos, pós-operatório de cirurgia cardíaca)
- Operador dependente
- Baixa razão sinal-ruído (*signal-to-noise ratio*) no espaço pericárdico

Tabela 1 – Classificação do derrame pericárdico segundo o diâmetro diastólico máximo e o volume estimado

Classificação ASE/EACVI – Diâmetro no final da diástole		
Classificação	Diâmetro	Volume estimado
• Normal	Observado apenas na sístole	10 – 50 mL
• Mínimo	< 5 mm	
• Discreto	5 – 9 mm	< 100 mL
• Moderado	10 – 20 mm	100 – 500 mL
• Volumoso	> 20 mm	> 500 mL
• Muito volumoso	> 25 mm	> 700 mL

Observação: A estimativa do volume do DP deve ser interpretada apenas como um parâmetro de referência e não como um dogma científico. ASE: American Society of Echocardiography; DP: derrame pericárdico; EACVI: European Association of Cardiovascular Imaging.

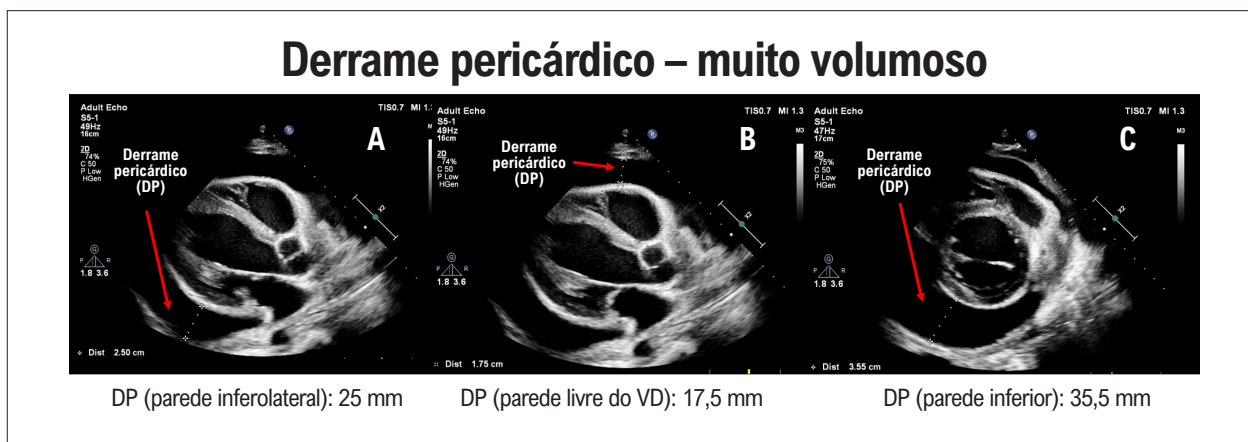


Figura 5 – Derrame pericárdico muito volumoso avaliado através de múltiplas imagens (A, B e C), envolvendo circunferencialmente o coração, com diâmetro máximo de 35,5 mm apresentado na Imagem C. DP: derrame pericárdico; VD: ventrículo direito.

- Limitada caracterização tecidual
- Limitada avaliação em derrames loculados

Avaliação ecocardiográfica: gravidade (repercussão hemodinâmica)

Avaliação unidimensional: modo M

Devido à alta resolução temporal, esse método ainda é bastante utilizado na determinação do maior diâmetro de líquido pericárdico, desde que o eixo de avaliação não esteja oblíquo em relação à linha de análise.

- A quantificação será realizada considerando a classificação descrita previamente.
- Método que identifica de forma mais acurada a temporalidade do colapso do átrio direito (AD) e do VD em relação ao ciclo cardíaco (Figura 7).
- Permite a identificação do “bounce” septal relacionado ao aumento da interdependência ventricular, porém deve-se excluir outras patologias que possam apresentar o mesmo sinal, como a doença pulmonar obstrutiva crônica.

Avaliação bidimensional: modo 2D

A avaliação bidimensional irá envolver a análise de parâmetros anatômicos dinâmicos como a distensibilidade da veia cava inferior (VCI), colapsabilidade do AD e VD e também adicionará o estudo de fluxos cavitários para identificar precocemente alterações relacionadas a repercussão hemodinâmica.

Avaliação anatômica dinâmica da veia cava inferior e veias hepáticas

No DP, as pressões das câmaras cardíacas direitas estão aumentadas devido à compressão pelo derrame. Quando há repercussão hemodinâmica, a pletora da VCI é parâmetro praticamente obrigatório e o achado esperado é um diâmetro acima de 21 mm e variação menor que 50%. A pletora da VCI esteve presente em 92% dos pacientes que necessitaram de drenagem pericárdica.⁵ Quando não é possível avaliar a VCI adequadamente, pode-se inferir a presença da pletora da mesma pela dilatação das veias hepáticas.

O fluxo das veias hepáticas também se modifica no derrame com repercussão. O fluxo venoso hepático normal é bifásico, com velocidade sistólica maior que a diastólica

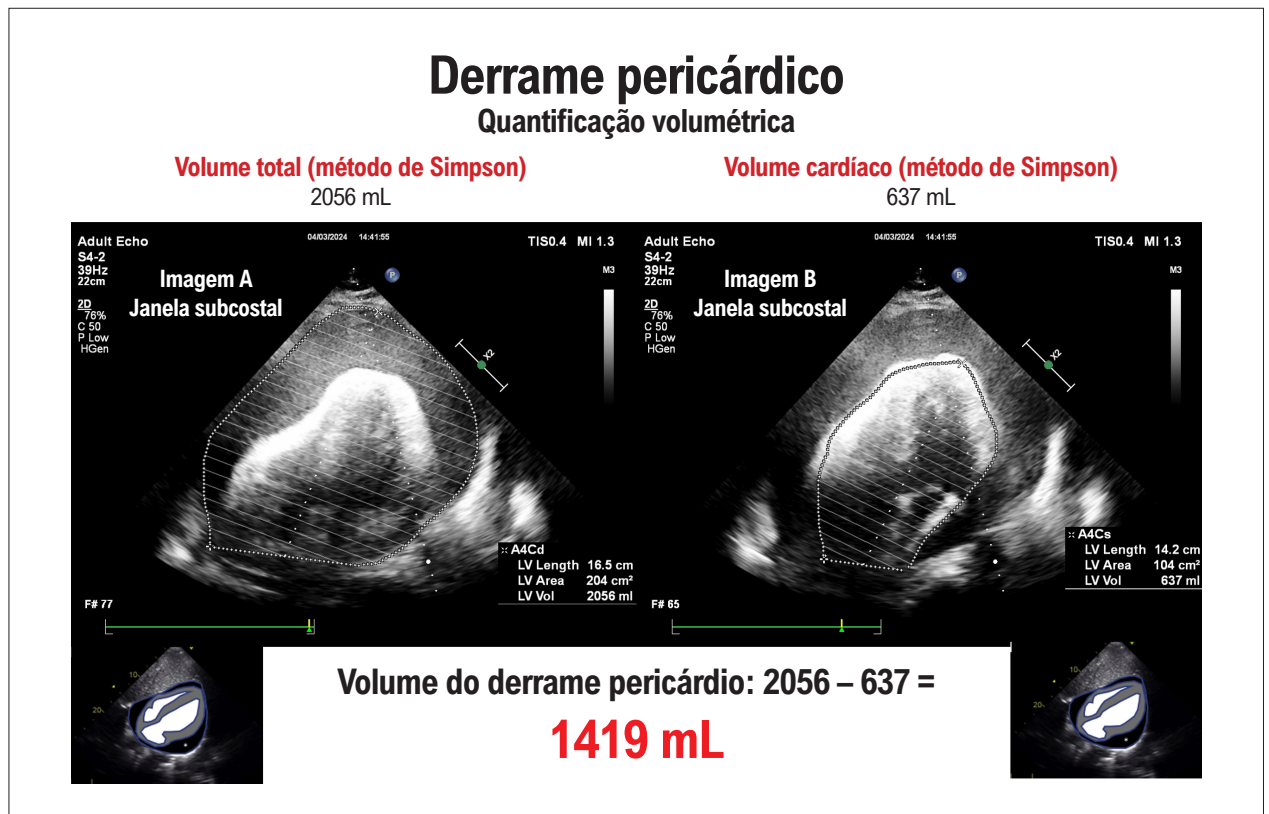


Figura 6 – Quantificação volumétrica através do método de Simpson. Inicialmente é realizado a medida do pericárdio em seu componente mais externo englobando todo o líquido presente, como demonstrado na Imagem A. Na Imagem B, é realizado a medida do volume cardíaco na fase do ciclo em que o mesmo se apresenta com maiores dimensões e volumes. Para o cálculo do volume do líquido pericárdico, é realizada a simples diferença entre essas duas medidas.

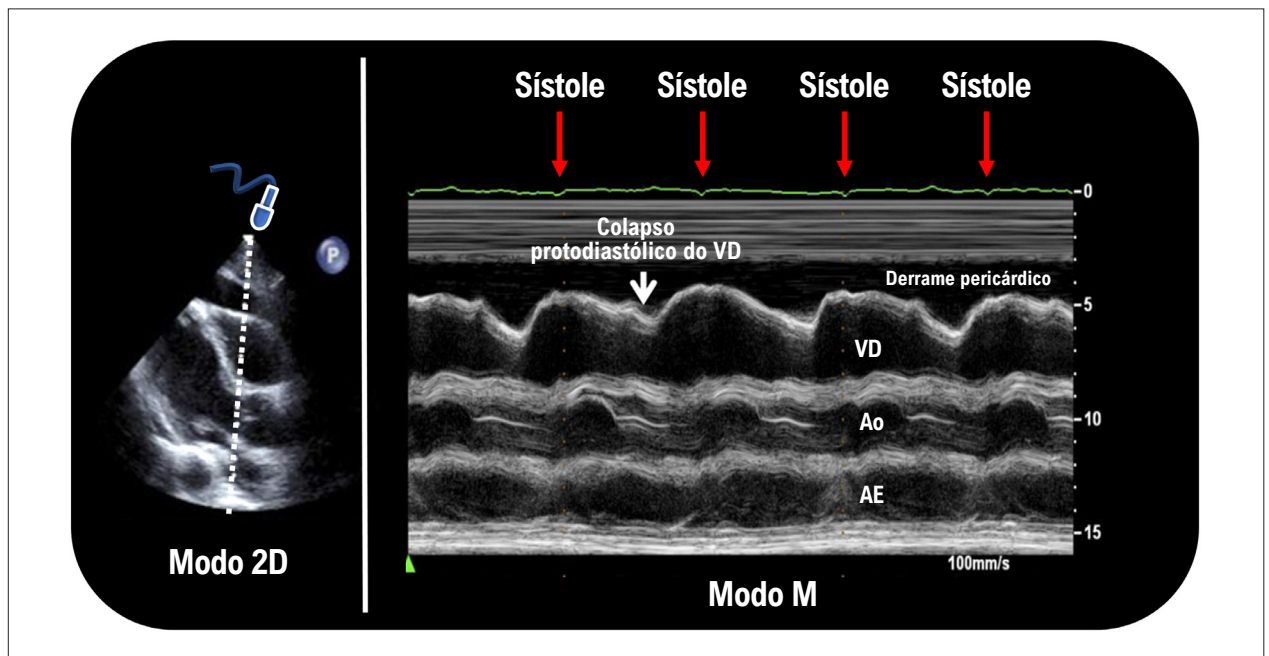


Figura 7 – Colapso diastólico da parede livre do VD avaliado pelo modo M com fácil identificação do componente sistólico e diastólico. Neste caso o corte unidimensional passando pela valva aórtica ajudou a correlacionar cada período com o eletrocardiograma que se apresentava com baixa voltagem devido ao derrame pericárdico significativo. AE: átrio esquerdo; Ao: aorta; VD: ventrículo direito.

(em geral em torno de 50 cm/s), e interrompido (ou com refluxo reverso) na sístole atrial. Os fluxos tendem a aumentar na inspiração. Quando há repercussão hemodinâmica, inicialmente as velocidades reduzem para 20 a 40 cm/s, com o fluxo diastólico reduzindo progressivamente até aparecer apenas na inspiração.² Quando o fluxo sistólico ocorre apenas na inspiração, a parada cardíaca é iminente. Esse achado, quando associado à análise das câmaras cardíacas, tem alto valor preditivo positivo e negativo para tamponamento clínico (82% e 88%, respectivamente),⁶ conforme ilustrado na Figura 8.

Avaliação anatômica dinâmica das cavidades cardíacas direitas

Com o aumento da pressão no pericárdio, o colapso ou indentação do AD e VD (câmaras cardíacas mais sensíveis à pressão externa) refletem o quanto o derrame impacta o enchimento das cavidades direitas. Essa análise é particularmente útil no tamponamento de baixa pressão, contexto em que não há pletora significativa da VCI.

A indentação/colapso do AD ocorre no pico da onda R (diástole atrial), e quando tem duração acima de um terço do ciclo cardíaco, tem alta sensibilidade e especificidade para tamponamento clínico.⁷

De modo análogo, a indentação/colapso do VD ocorre após a onda T (diástole ventricular) e sua presença denota que a pressão pericárdica já supera a pressão no VD. Inicialmente ocorre apenas durante a inspiração, perdurando durante todo o ciclo respiratório à medida que o derrame se instala. Quanto maior a duração, maior a repercussão,⁸ conforme ilustrado na Figura 9.

A ausência de colapso de qualquer câmara tem > 90% de valor preditivo negativo para derrame com repercussão.⁶ Por outro lado, a ausência de colapso do VD pode ocorrer em contextos clínicos de elevadas pressões no VD (hipertrofia do VD, hipertensão pulmonar severa, ou disfunção do VE coexistente).^{9,10}

Há um contexto clínico que merece avaliação ainda mais cuidadosa: quando coexiste hipovolemia. Nesses casos, o colapso das cavidades cardíacas direitas e, mais raramente, das cavidades esquerdas ocorre mais precocemente devido à redução da pressão nas câmaras cardíacas. Nesse cenário, a expansão volêmica e a reavaliação precoce dos achados ecocardiográficos apresentados são de grande utilidade e ajudam na orientação da conduta clínica, muitas vezes evitando uma intervenção cirúrgica.

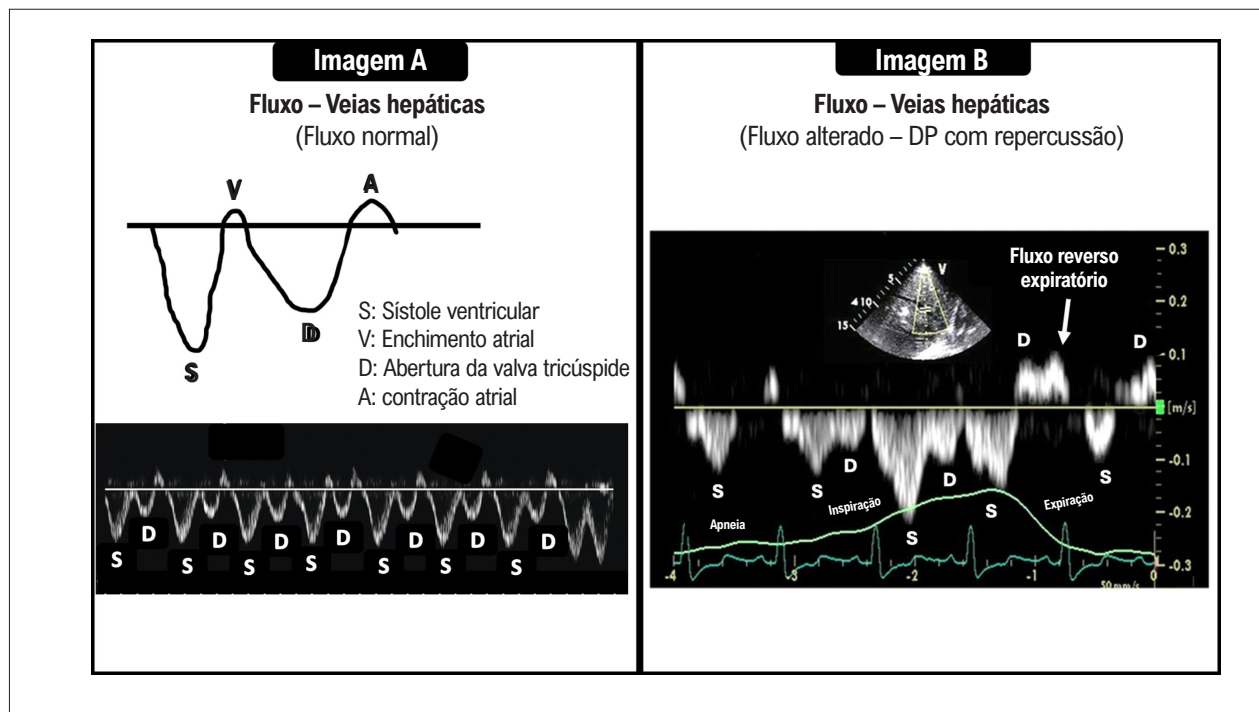


Figura 8 – Doppler de onda pulsada da velocidade do fluxo venoso hepático em um paciente normal (Imagem A) e em um tamponamento cardíaco (Imagem B). Velocidades abaixo da linha de base zero estão demonstrando fluxo em direção ao coração e aquelas acima da linha de base representam do fluxo reverso. O fluxo anterógrado reduzido reflete a diminuição do retorno venoso. Na Imagem, B observa-se que durante a apneia, o fluxo anterógrado é visto apenas durante a sístole ventricular (S). Com a inspiração, o fluxo sistólico predomina, mas o fluxo diastólico (D) também existe. Na primeira análise de fluxo após a expiração, há uma reversão do fluxo diastólico (seta branca), o que indiretamente equivale a exacerbação da interdependência ventricular. DP: derrame pericárdico.

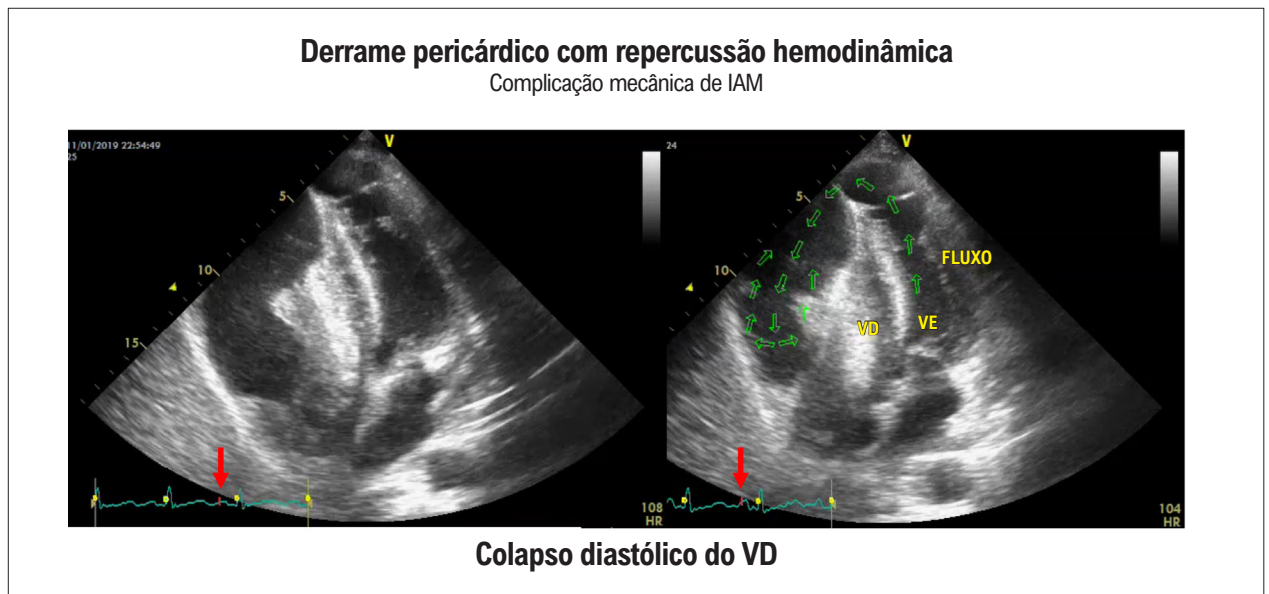


Figura 9 – Colapso sistodiastólico do VD secundário à rotura da parede livre, uma rara complicação mecânica associada a um extenso infarto de parede anterior. IAM: infarto agudo do miocárdio; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo.

Avaliação hemodinâmica: Doppler

Na avaliação dos fluxos transvalvares, observa-se aumento da variação das velocidades da onda E mitral e tricúspide, a qual está relacionada à exacerbação da interdependência ventricular. Para o cálculo, usa-se a fórmula seguinte:

$$\text{Variação do fluxo transvalvar} = \frac{(\text{expiração} - \text{inspiração})}{\text{expiração}}$$

O fluxo transmitral na inspiração tende a diminuir, enquanto o fluxo pela tricúspide tende a aumentar na inspiração. Como ambos são calculados do mesmo modo, o cálculo da variação pela valva tricúspide deverá resultar em valor negativo. Valores acima de 30% para a valva mitral e de 60% para a valva tricúspide são indicativos de repercussão hemodinâmica¹¹ (Figuras 10 e 11). Ao analisar essas variações, deve-se ter a precaução de reduzir a velocidade de varredura do Doppler espectral, o que ajudará a identificar de forma mais acurada as variações conforme o ciclo respiratório e, idealmente, analisá-las junto ao gráfico do respirômetro.

Embora seja uma ferramenta útil, a avaliação dos fluxos não deve ser usada na ausência de pletora da VCI ou colapso de alguma câmara cardíaca, já que o aumento da variação pode ocorrer também em outros contextos clínicos (fibrilação atrial, ventilação mecânica).

Assim como nas valvas mitral e tricúspide, ocorre variação no fluxo pela via de saída do VE, sendo possível documentar ecocardiograficamente o fenômeno que clinicamente reconhecemos como pulso paradoxal. Embora útil, ocorre em fases muito tardias, orientando uma intervenção imediata para evitar um possível colapso circulatório.

Na Figura 12, são resumidos os principais parâmetros ecocardiográficos que orientam para uma possível repercussão hemodinâmica.

Cuidados ao reportar o derrame pericárdico

Ao relatar o achado de DP é importante caracterizar o derrame com aspecto, localização, tamanho, e sinais de repercussão hemodinâmica. Essa caracterização é essencial, pois possibilita a comparação evolutiva e a identificação da repercussão hemodinâmica, auxiliando a equipe assistente na tomada de decisão, já que nem todo derrame com sinais ecocardiográficos de repercussão hemodinâmica implicará em repercussão clínica imediata. O termo “tamponamento” deve ser evitado uma vez que, por definição, é de diagnóstico clínico.

Abaixo uma sugestão para descrição de um DP (caso hipotético):

“...Presença de derrame pericárdico difuso, de grau importante, com diâmetro máximo de 27 mm adjacente às cavidades direitas. Observa-se colapso diastólico do átrio direito durante mais de um terço do ciclo cardíaco, e identificado aumento da variação da velocidade da onda E transmitral de 50%.

O conjunto de achados descritos é compatível com derrame pericárdico importante com sinais ecocardiográficos de repercussão hemodinâmica.”

Conclusão

A avaliação do DP e de sua repercussão é rotineira, especialmente em pacientes críticos. A caracterização do tamanho, a identificação da pletora da VCI e a análise das implicações hemodinâmicas, seja pela observação do colapso de cavidades ou pelo aumento da variação dos fluxos transvalvares, sempre considerando as limitações de cada parâmetro, exigem atenção e devem ser considerados o conjunto dos achados. Assim, por fornecer informações rápidas e poder ser realizada à beira do leito, a ecocardiografia

Artigo de Revisão

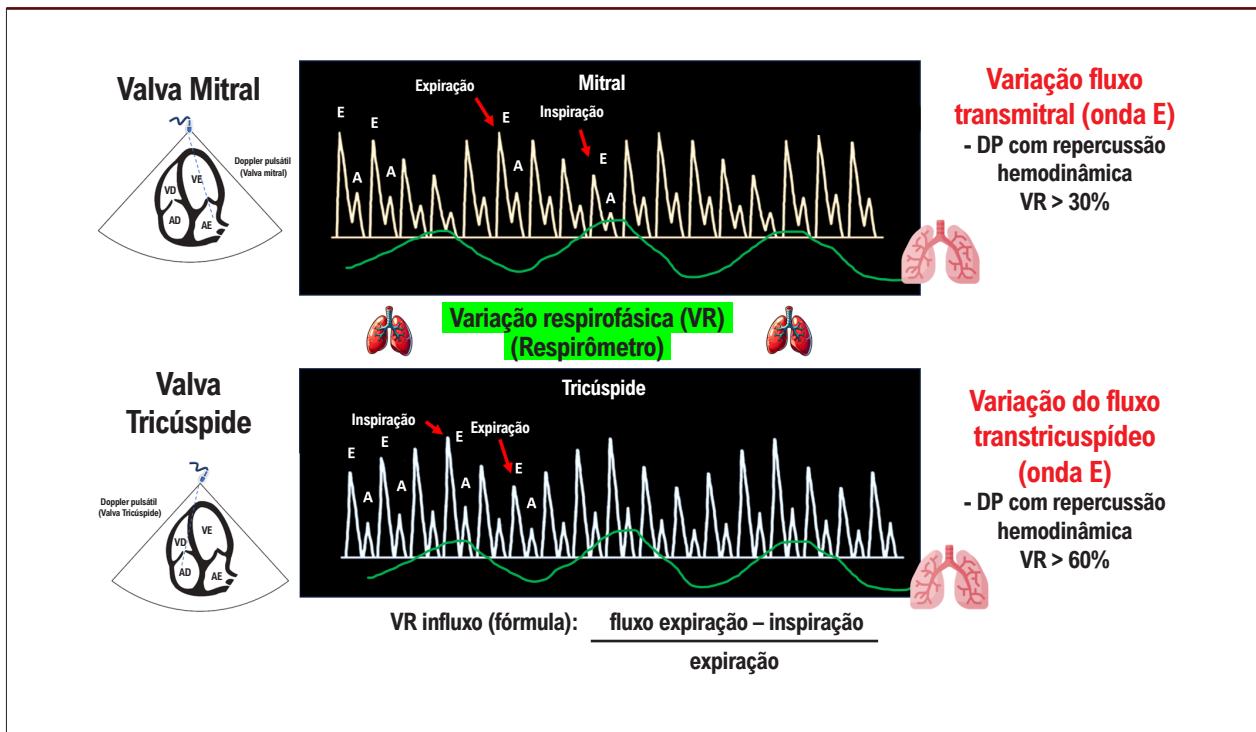


Figura 10 – Fórmula e parâmetros ecocardiográficos para o correto cálculo da variação respiratória transvalvar mitral e tricúspide. Como demonstrado na figura, é de fundamental importância, sempre que possível e disponível, o uso do respirômetro com a correta identificação das fases respiratórias associado ao parâmetro de variação dos fluxos. No caso de não existir a possibilidade do respirômetro, considera-se que a maior velocidade da onda E através da valva mitral ocorre na fase expiratória, enquanto na valva tricúspide ocorre na fase inspiratória. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; DP: derrame pericárdico; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo; VR: variação respirofásica.

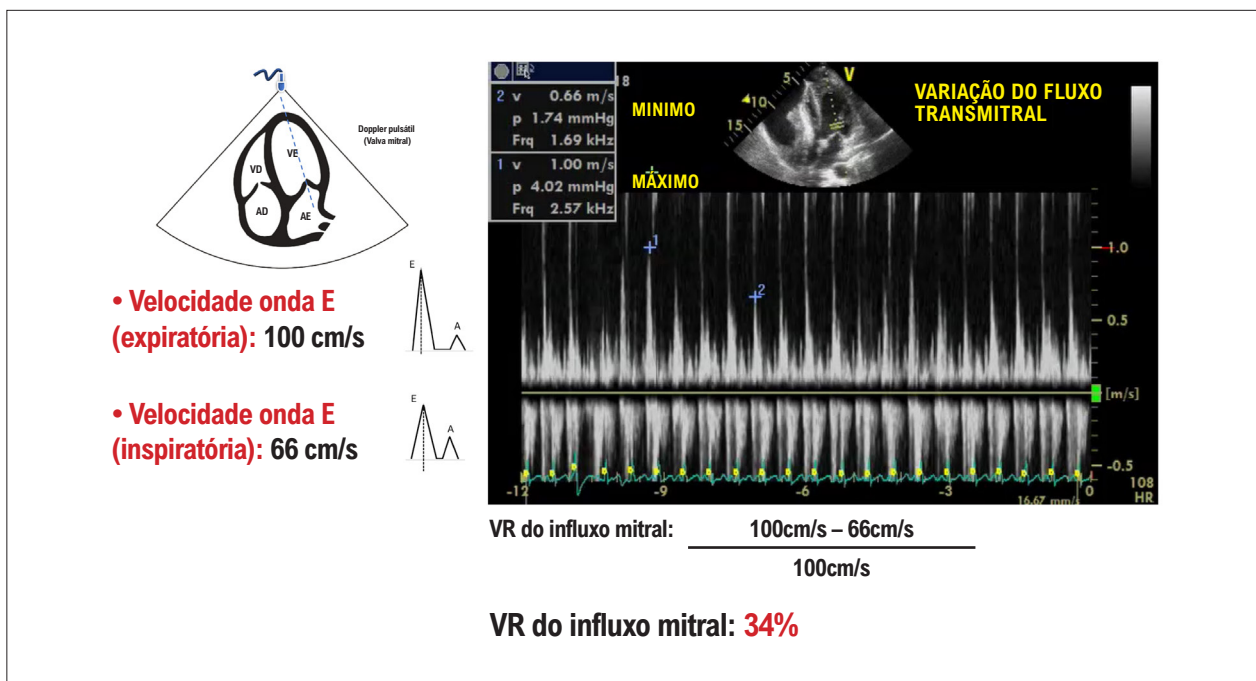


Figura 11 – Observa-se a variação respiratória acima do valor de normalidade, através do fluxo transvalvar mitral, em um paciente com tamponamento secundário a rotura de parede livre do AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo; VR: variação respirofásica.

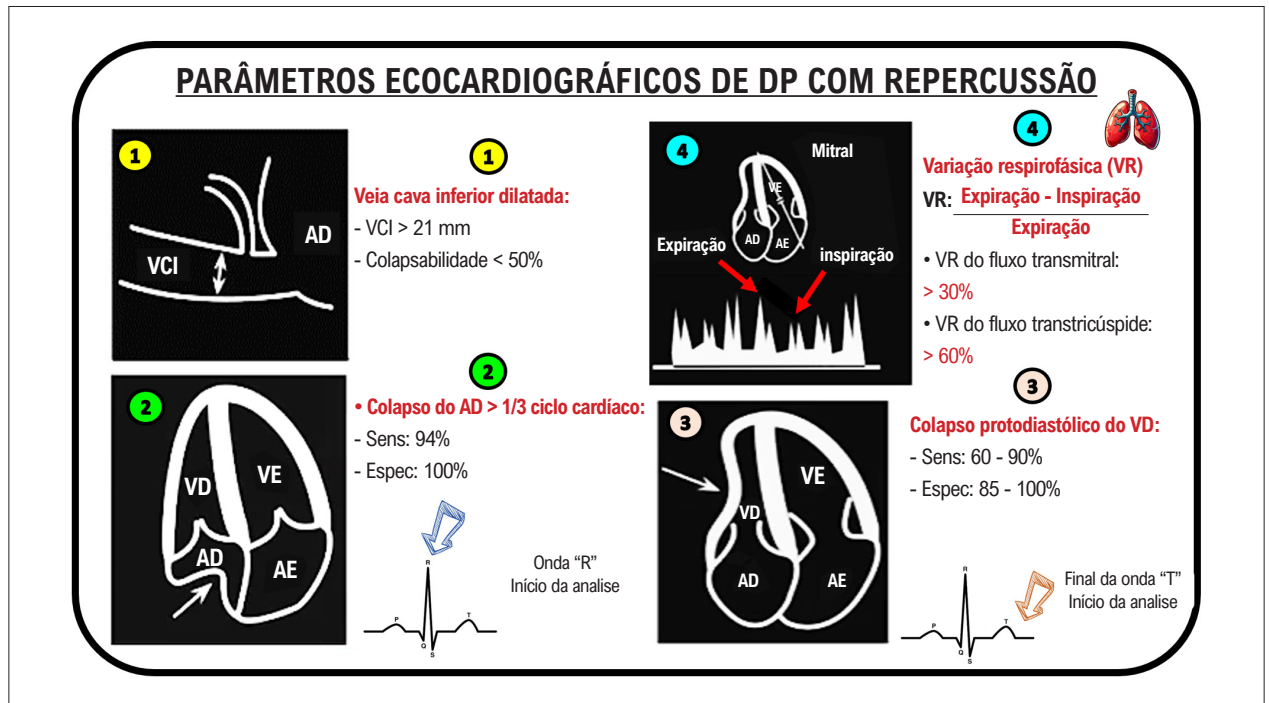


Figura 12 – Principais parâmetros ecocardiográficos na avaliação de um derrame pericárdico com repercussão hemodinâmica. AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; DP: derrame pericárdico; Espec: especificidade; Sens: sensibilidade; VCI: veia cava inferior; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo; VR: variação respiratória.

é um método de excelência para a caracterização e a avaliação da repercussão do DP, sendo de fundamental importância para embasar a tomada de decisão da equipe assistente.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e redação do manuscrito: Gomes HM, Silva HAGP.

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

- Adler Y, Charron P, Imazio M, Badano L, Barón-Esquivias G, Bogaert J, et al. 2015 ESC Guidelines for the Diagnosis and Management of Pericardial Diseases: The Task Force for the Diagnosis and Management of Pericardial Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). Endorsed by: The European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). Eur Heart J. 2015;36(42):2921-64. doi: 10.1093/eurheartj/ehv318.
- Klein AL, Abbara S, Agler DA, Appleton CP, Asher CR, Hoit B, et al. American Society of Echocardiography Clinical Recommendations for Multimodality Cardiovascular Imaging of Patients with Pericardial Disease: Endorsed by the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and Society of Cardiovascular Computed Tomography. J Am Soc Echocardiogr. 2013;26(9):965-1012.e15. doi: 10.1016/j.echo.2013.06.023.
- Settle HP, Adolph RJ, Fowler NO, Engel P, Agruss NS, Levenson NI. Echocardiographic Study of Cardiac Tamponade. Circulation. 1977;56(6):951-9. doi: 10.1161/01.cir.56.6.951.

- DeMaria DM, Waring AA, Gregg DE, Litwin SE. Echocardiographic Assessment of Pericardial Effusion Size: Time for a Quantitative Approach. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(12):1615-7.e1. doi: 10.1016/j.echo.2019.08.019.
- Himelman RB, Kircher B, Rockey DC, Schiller NB. Inferior Vena Cava Plethora with Blunted Respiratory Response: A Sensitive Echocardiographic Sign of Cardiac Tamponade. *J Am Coll Cardiol*. 1988;12(6):1470-7. doi: 10.1016/s0735-1097(88)80011-1.
- Mercé J, Sagristà-Sauleda J, Permanyer-Miralda G, Evangelista A, Soler-Soler J. Correlation between Clinical and Doppler Echocardiographic Findings in Patients with Moderate and Large Pericardial Effusion: Implications for the Diagnosis of Cardiac Tamponade. *Am Heart J*. 1999;138(4 Pt 1):759-64. doi: 10.1016/s0002-8703(99)70193-6.
- Gillam LD, Guyer DE, Gibson TC, King ME, Marshall JE, Weyman AE. Hydrodynamic Compression of the Right Atrium: A New Echocardiographic Sign of Cardiac Tamponade. *Circulation*. 1983;68(2):294-301. doi: 10.1161/01.cir.68.2.294.
- Leimgruber PP, Klopfenstein HS, Wann LS, Brooks HL. The Hemodynamic Derangement Associated with Right Ventricular Diastolic Collapse in Cardiac Tamponade: An Experimental Echocardiographic Study. *Circulation*. 1983;68(3):612-20. doi: 10.1161/01.cir.68.3.612.
- Hoit BD, Gabel M, Fowler NO. Cardiac Tamponade in Left Ventricular Dysfunction. *Circulation*. 1990;82(4):1370-6. doi: 10.1161/01.cir.82.4.1370.
- Hoit BD, Fowler NO. Influence of Acute Right Ventricular Dysfunction on Cardiac Tamponade. *J Am Coll Cardiol*. 1991;18(7):1787-93. doi: 10.1016/0735-1097(91)90522-b.
- Appleton CP, Hatle LK, Popp RL. Cardiac Tamponade and Pericardial Effusion: Respiratory Variation in Transvalvular Flow Velocities Studied by Doppler Echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1988;11(5):1020-30. doi: 10.1016/s0735-1097(98)90060-2.



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

Como Eu Faço a Avaliação do Fluxo Coronariano ao Ecocardiograma Transtorácico

My Approach to Coronary Flow Assessment With Transthoracic Echocardiography

José Maria Del Castillo,¹  Issam Shehadeh^{1,2} 

Escola de Ecografia de Pernambuco,¹ Recife, PE – Brasil

Cardiovision,² Esteio, RS – Brasil

Resumo

A avaliação da reserva de fluxo coronariano constitui uma etapa extremamente importante da ecocardiografia de estresse, dentro e fora do contexto da doença arterial coronariana. Para alguns, é vista como um parâmetro impossível; para outros, é essencial. De todo o modo, tudo começa com a adequada visualização das artérias coronárias em repouso. Neste artigo, abordaremos conceitos teórico-práticos para a incorporação do estudo do fluxo coronariano à rotina do ecocardiografista.

Introdução

O estudo do fluxo coronariano pela ecocardiografia ainda é considerado, por muitos autores, uma utopia. De maneira prática, aprendemos que a avaliação das coronárias se limita à visualização de seus óstios, muitas vezes apenas ao estudo transesofágico. No entanto, a identificação do fluxo da Artéria Descendente Anterior (ADA) em repouso, no terço médio distal, é possível em mais de 90% dos pacientes.¹ A incorporação do estudo da Reserva do Fluxo Coronariano (RFC) ao ecocardiograma de estresse adiciona importantes informações, tanto do ponto de vista diagnóstico quanto prognóstico.² Além disso, os padrões de fluxo coronariano, mesmo que em repouso, podem ser de grande auxílio no diagnóstico não só da Doença Arterial Coronariana (DAC), mas também de outras doenças.

Fisiopatologia do fluxo coronariano

O fluxo coronariano é bifásico, devido às mudanças de resistência que sofre o sistema vascular miocárdico durante o ciclo cardíaco. O fluxo coronariano (Q) é regulado pela relação entre a pressão de perfusão (P) e a resistência oferecida pelas artérias extramurais (R1), arteríolas intramurais (R2) e pela compressão sobre as arteríolas subendocárdicas, provocada pela contração ventricular sobre o sangue no interior do Ventrículo Esquerdo (VE) (R3). Como essas resistências são menores na diástole, o fluxo coronariano é predominantemente diastólico para a coronária esquerda e balanceado para a coronária direita, onde a compressão subendocárdica é menor (Figura Central).

Palavras-chave

Doença da Artéria Coronariana; Ultrassonografia Doppler; Stress Echocardiography.

Correspondência: Issam Shehadeh •

ECOPE. Rua Solidônio Leite, 200. CEP: 51111-130. Recife, PE – Brasil

E-mail: issam05@gmail.com

Artigo recebido em 30/01/2026; revisado em 09/02/2026; aceito em 09/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260006>

Assim, distinguem-se dois componentes no fluxo coronariano: o fluxo de capacitância, que depende da descompressão parietal do VE e da dilatação das arteríolas intramurais (tônus vascular) e o fluxo de condutância, dependente da resistência oferecida à passagem do sangue pelo sistema arteriolar-capilar (resistência vascular). Quanto mais complacente for o leito vascular, maior a aceleração do fluxo de condutância; e quanto menor a resistência oferecida à passagem do fluxo, mais rápida a desaceleração do componente de condutância (Figura 1).

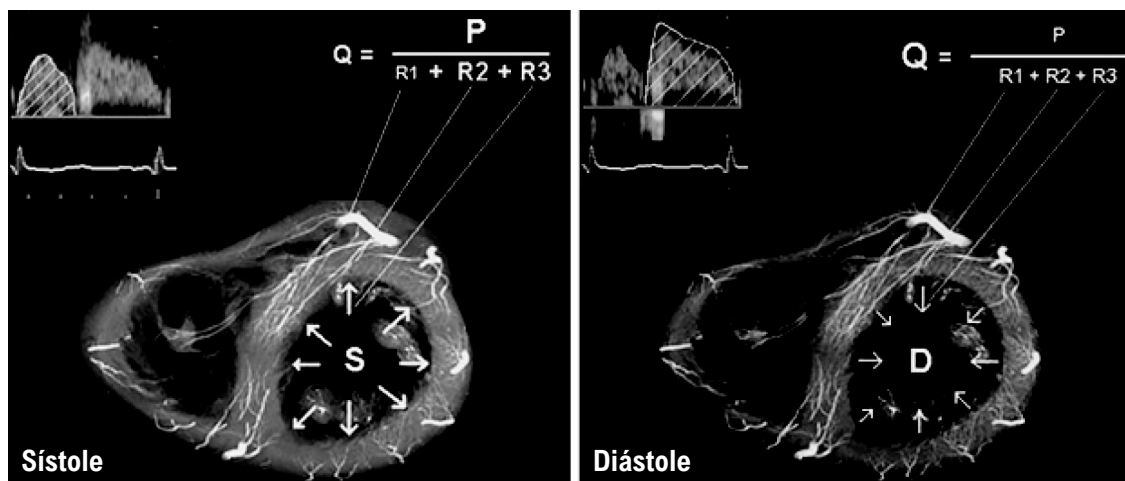
O fluxo coronariano fornece oxigênio ao miocárdio por demanda. Quando há aumento da demanda de O₂, durante o exercício por exemplo, as coronárias aumentam o fluxo por vasodilatação, o que provoca aumento da velocidade, principalmente nas artérias epicárdicas e intramurais. A diferença de velocidade entre o estado de repouso e a hiperemia (provocada pelo aumento da oferta de O₂ para o miocárdio) permite estimar a denominada RFC. Os métodos empregados para medi-la por meio do estudo hemodinâmico ou pela obtenção do fluxo de coronárias pela ultrassonografia, são o esforço físico ou a vasodilatação induzida por fármacos (dipiridamol, adenosina, papaverina).

Ajuste de Preset específico

Sem dúvida, a principal limitação para o estudo do fluxo coronariano é a ausência de um *preset* específico. Alguns equipamentos já disponibilizam de fábrica. No entanto, muitas vezes, são necessários ajustes adicionais. Como a coronária no terço médio distal é uma estrutura muito sutil e o fluxo é de baixa velocidade, de maneira geral, devemos realizar os seguintes ajustes ao Doppler colorido e pulsátil:

Doppler Colorido	Doppler Pulsátil
Frequência na faixa de 2,5 a 2,9 MHz	Frequência na faixa de 2,5 a 2,9 MHz
PRF de cerca de 20 cm/s	Escala velocidade de cerca de 50 cm/s
Ganho elevado	Filtro de baixa velocidade reduzido
Persistência elevada	Volume de amostra entre 2 a 4 mm
Filtro de baixa velocidade elevado	Low PRF desativado
Velocidade de quadros elevada	Layout “lado a lado”
Volume de amostra de cerca de 1 mm	
Priorização de tecido baixa	

Figura Central: Como Eu Faço a Avaliação do Fluxo Coronariano ao Ecocardiograma Transtorácico



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20260006

O fluxo coronariano (Q) é regulado pela relação pressão de perfusão (P) e resistência oferecida pelas artérias extramurais ($R1$), arteriolas intramurais ($R2$) e compressão sobre as arteriolas subendocárdicas provocada pela contração ventricular sobre o sangue no interior do VE ($R3$). Como estas resistências são menores na diástole, o fluxo coronário é predominantemente diastólico para a coronária esquerda e balanceado para a coronária direita, onde a compressão subendocárdica é menor

Embora existam variações nesses parâmetros entre aparelhos, de forma geral, essa é a abordagem conceitual. Não é obrigatório utilizar transdutor pediátrico, já que os transdutores adultos atuais trabalham com uma ampla faixa de frequência. Se disponível, pode ser que o emprego de um transdutor com frequência mais elevada facilite a visualização das coronárias.

Técnica

Artéria descendente anterior no terço médio distal

O ponto chave para visualizar a ADA é identificar o sulco interventricular anterior. Para isso, duas abordagens podem ser utilizadas:

1. Eixo curto modificado

A partir do corte paraesternal de eixo menor, aproximadamente ao nível dos músculos papilares, procura-se visualizar o sulco interventricular anterior, na transição entre o VD e o VE, na região subepicárdica da junção entre as paredes anteroseptal e anterior, onde passa a porção média da artéria descendente anterior. Uma vez detectado o fluxo, predominantemente diastólico, pode-se girar o transdutor lentamente em sentido horário para melhor alinhar o feixe ultrassônico com o sulco interventricular anterior e, assim, detectar segmentos maiores da artéria.

2 Corte paraesternal longitudinal modificado

A partir do corte paraesternal longitudinal tradicional, desliza-se o transdutor um ou dois espaços intercostais abaixo. Em seguida, anterioriza-se o feixe de ultrassom, direcionando o transdutor em direção ao ombro esquerdo do paciente. Essa manobra é crucial

para retirar parte do ventrículo direito da imagem e expor o sulco interventricular. Caso ainda permaneça parte do ventrículo direito nesse corte, deve-se girar o transdutor no sentido horário até que essa cavidade desapareça. O corte obtido será uma imagem de transição entre o eixo longo paraesternal e o eixo curto. Assim, o sulco interventricular será exposto. Sua localização é bastante superficial no tórax do paciente, o que aumenta a taxa de sucesso na visualização da ADA em comparação com as demais coronárias.

Após esse passo, deve-se ativar o Doppler colorido. A ADA é visualizada como uma pequena estrutura tubular, pulsátil, com fluxo ascendente (vermelho) e predominantemente diastólico. Caso se identifique uma estrutura circular com as mesmas características descritas anteriormente, deve-se girar sutilmente o transdutor no sentido horário, para abrir longitudinalmente o vaso (Vídeo 1). É de extrema importância, ao estudar o fluxo coronariano, ativar a monitorização eletrocardiográfica.

Muitas vezes é possível realizar uma varredura da ADA em ampla extensão, tanto proximal quanto distal, o que permite estudar o fluxo em diferentes pontos. Não é incomum encontrar áreas com *aliasing* ao Doppler colorido, o que pode corresponder a um segmento estenótico.

Ao Doppler pulsátil, identifica-se um fluxo bifásico, com componente diastólico predominante, de aspecto trapezoidal. A velocidade diastólica costuma ser aproximadamente o dobro da velocidade sistólica. Alguns autores, em vez de avaliar apenas as velocidades, estudam o integral de velocidade. Do ponto de vista prático, a análise das velocidades parece muito mais simples e rápida, especialmente quando utilizada durante a ecocardiografia de estresse.

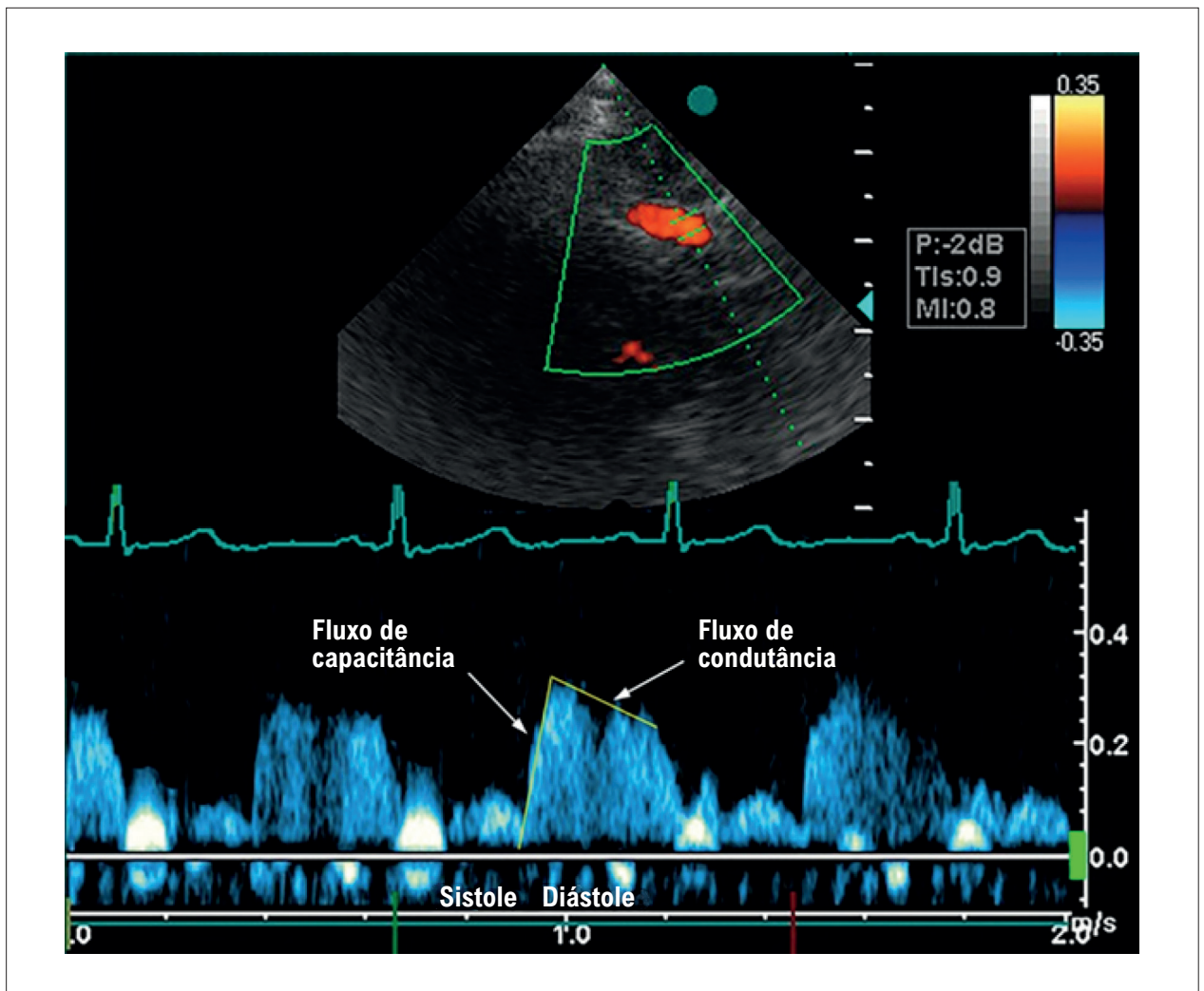


Figura 1 – Doppler transtorácico de fluxo coronário com padrão sistólico-diastólico normal.

Ramo descendente posterior da artéria coronária direita

A taxa de sucesso de visualização do ramo Descendente Posterior (DP) é entre 60 e 70%.³ O corte utilizado é o apical duas câmaras modificado. A partir desse plano, o transdutor deve ser girado ligeiramente no sentido anti-horário e o feixe de ultrassom direcionado posteriormente. Trata-se de um plano de transição entre os cortes de duas câmaras e três câmaras. Ao longo da parede inferior, deve-se procurar um fluxo pulsátil, diastólico e ascendente (vermelho). Esse fluxo pode ser identificado tanto no nível basal quanto em regiões mais apicais da parede inferior. Por isso, é importante realizar uma varredura cuidadosa da parede em busca desse vaso (Vídeo 2). As características observadas ao Doppler pulsátil são semelhantes às da ADA, conforme descrito anteriormente.

Ramo marginal da artéria circunflexa

Dentre as três coronárias, esta é a tecnicamente mais difícil, com factibilidade inferior a 60%.⁴ Parte-se do corte apical quatro câmaras, girando o transdutor ligeiramente no sentido horário para

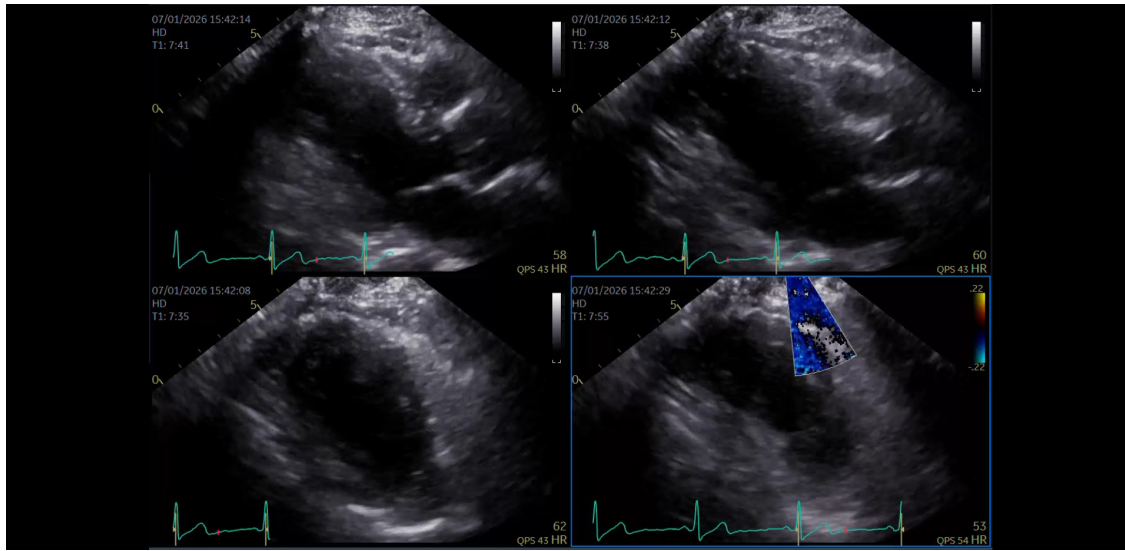
expor bem a parede lateral. Uma dica prática é deixar o ventrículo direito bem aberto na tela. Logo após, posterioriza-se o feixe do ultrassom, como se fôssemos estudar o seio coronário. A parede lateral deve ficar bem exposta, mesmo que a imagem fique fora de plano (Vídeo 3). Ressalta-se aqui que esses cortes são específicos para estudar as coronárias e não o ventrículo esquerdo. Isso pode gerar um pouco de estranheza inicialmente.

O Doppler colorido irá demonstrar um ou mais pequenos vasos na parede lateral, pulsátil, ascendente (vermelho) e diastólico. Novamente, destaca-se aqui a importância de realizar o estudo sempre com monitorização eletrocardiográfica. As características ao Doppler pulsátil são semelhantes às demais coronárias, como descritas anteriormente.

Pitfalls

Durante a avaliação do fluxo coronariano, podemos nos deparar com algumas estruturas que simulam a ADA. Um vaso comumente encontrado em topografia semelhante é a artéria torácica interna. No entanto, o padrão de fluxo

Artigo de Revisão



Vídeo 1 – Passo a passo da visualização da ADA. 1 Corte paraesternal rebaixado. 2 Direcionar o feixe de US ao ombro esquerdo do paciente. 3 Giro horário para retirar o VD da imagem e identificar o sulco interventricular. 4 Doppler colorido evidenciando pequeno vaso com fluxo diastólico.

Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_01.mp4

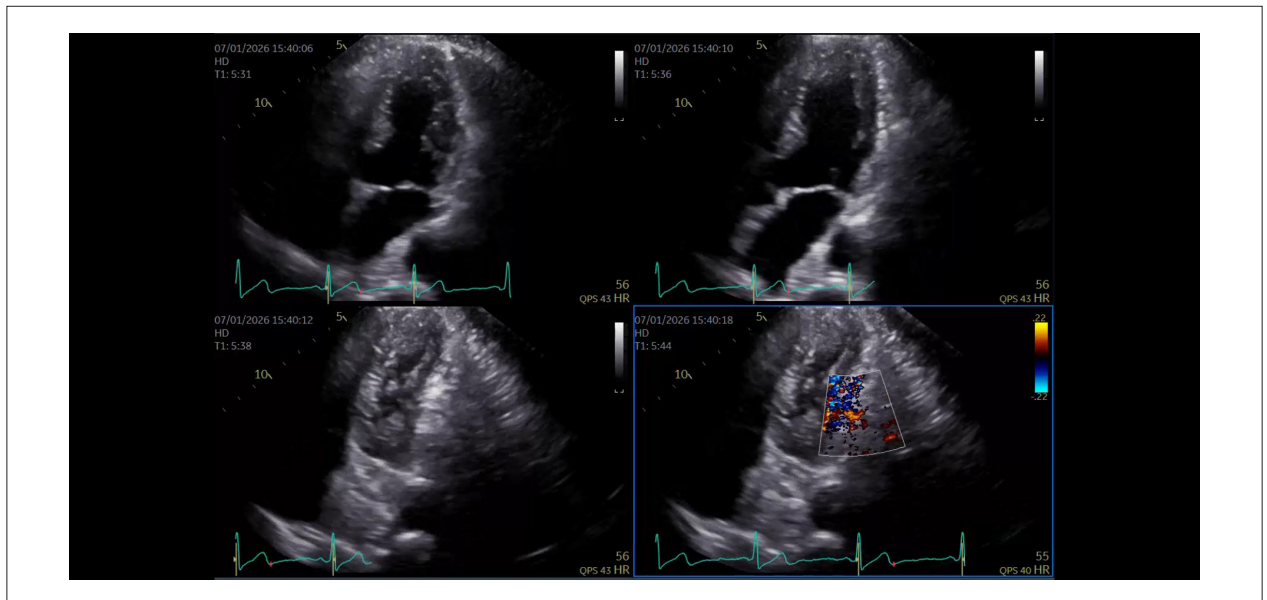


Vídeo 2 – Passo a passo da visualização da DP. 1 Corte duas câmaras tradicional. 2 Corte intermediário entre duas e três câmaras. 3 Posteriorizar o feixe de ultrassom. 4 Doppler colorido evidenciando pequeno vaso com fluxo diastólico na parede inferior.

Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_02.mp4

ao Doppler é distinto: predominantemente sistólico e com maior velocidade. Pequenos derrames pericárdicos podem ter fluxo semelhante ao Doppler colorido; porém, ao estudo com o Doppler pulsátil não se identifica o padrão diastólico predominante. Em certas situações, um fluxo azul (descendente) pode ser identificado no sulco interventricular,

em oposição ao vermelho habitual; isso pode indicar oclusão da ADA com fluxo retrógrado ou a identificação de um ramo septal da própria ADA. O fluxo da DP pode ser confundido com o fluxo da via de entrada do ventrículo direito. Entretanto, o fluxo ao Doppler pulsátil é bastante diferente do fluxo coronariano característico.



Video 3 – Passo a passo da visualização da Mg. 1 Corte quatro câmaras tradicional. 2 Giro anti-horário para “abrir” o VD. 3 Posteriorizar o feixe de ultrassom. 4 Doppler colorido evidenciando pequenos vasos com fluxo diastólico na parede lateral. Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_03.mp4

Aplicações clínicas

Repouso

Geralmente, a velocidade diastólica do fluxo coronariano é inferior a 40 cm/s. Obviamente que essa velocidade é influenciada por diversos fatores. Hiperdinamia, taquicardia, hipertensão e anemia, por exemplo, podem elevá-la mesmo na ausência de estenose. O componente sistólico não costuma exceder a 60% da velocidade do componente diastólico.

De acordo com um recente estudo de Cortigiani et al.,⁵ em pacientes com síndromes coronárias crônicas e fração de ejeção do ventrículo esquerdo preservada, uma velocidade do fluxo coronariano em repouso na ADA igual ou superior a 32 cm/s foi independentemente associada a uma pior sobrevida.⁵ A combinação dessa velocidade em repouso com uma RFC reduzida foi, inclusive, o cenário de pior prognóstico.

Na doença arterial coronariana, a simples identificação de um fluxo pérvio da ADA distal em um paciente com alteração de motilidade no mesmo território, adiciona uma importante informação do ponto de vista clínico. Não é infrequente a visualização direta de pontos com o fluxo turbulento e de alta velocidade ao Doppler. Alguns autores sugerem o ponto de corte acima de 80 cm/s, outros acima de 1 m/s, para detecção de obstrução significativa.^{6,7}

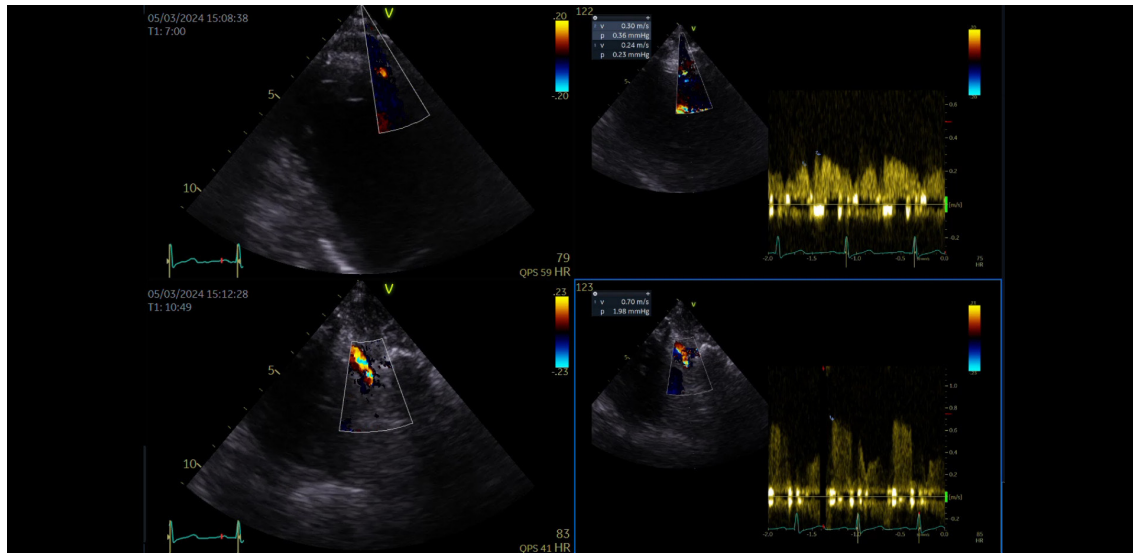
A identificação de “salto de velocidade” é um interessante parâmetro que levanta a possibilidade de estenose importante da ADA. Isso ocorre quando a velocidade diastólica duplica em diferentes regiões do vaso estudado (por exemplo proximal x distal). Além disso, um incremento na velocidade do componente sistólico do

fluxo coronariano é outro achado relevante. Uma relação da velocidade diastólica e sistólica inferior a 1,5 apresenta sensibilidade de 81,8% e especificidade de 85,7% para o diagnóstico de estenose coronária⁷ (Vídeo 4).

O padrão de fluxo coronariano com rápida desaceleração diastólica, frequentemente acompanhada de fluxo sistólico reverso, é um forte indicador do fenômeno de *no-reflow* em pacientes com síndrome coronariana aguda submetidos a intervenção coronária percutânea. Sua fisiopatologia reside em danos na microcirculação coronariana, como lesão endotelial e embolização distal, que impedem o preenchimento adequado do leito, elevando a pressão distal e acelerando a desaceleração do fluxo. Estudos demonstram que o tempo de desaceleração é significativamente menor nesses pacientes (152 ± 109 ms) em comparação com aqueles sem o fenômeno (395 ± 128 ms), indicando grave comprometimento da perfusão miocárdica.⁸

De forma similar, em pacientes com miocardiopatia hipertrófica, o Doppler coronário também evidencia um padrão atípico de fluxo, marcado pela redução, ausência ou inversão do fluxo sistólico⁹ (Figura 2). Essa semelhança com o padrão observado no *no-reflow* é atribuída ao aumento anormal da pressão intramiocárdica durante a sístole, que resulta na compressão dos pequenos vasos intramurais e na elevação da resistência coronária. Além disso, a detecção do fluxo nas artérias comunicantes septais representa outro padrão relevante, sendo um achado comum e particularmente prevalente nas morfologias apical e mista,¹⁰ conferindo-lhe um valor auxiliar significativo no diagnóstico diferencial de condições que podem mimetizar a cardiomiopatia hipertrófica apical (Vídeo 5).

Artigo de Revisão



Vídeo 4 – Identificação de fluxo patológico de ADA em repouso e salto de velocidade. 1 Fluxo laminar da ADA terço médio distal. 2 Registro de PW evidenciando relação de velocidade diastólica (30 cm/s) e sistólica (24 cm/s) de 1,25 (sugestivo de estenose). 3 Fluxo turbulento da ADA ao “escanear o vaso mais proximalmente”. 4 Registro de PW evidenciando velocidade de 70 cm/s (incremento de 2,3 vezes). Coronariografia evidenciou lesão importante de tronco e ADA proximal.
Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_04.mp4

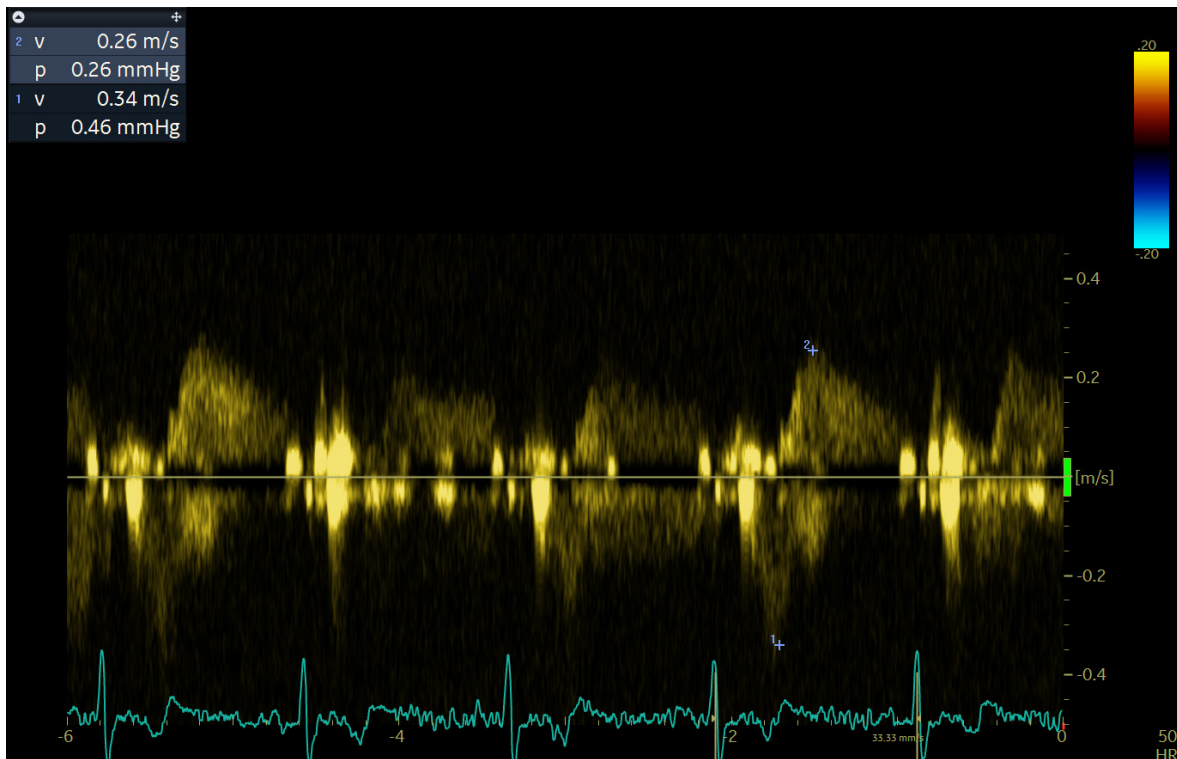
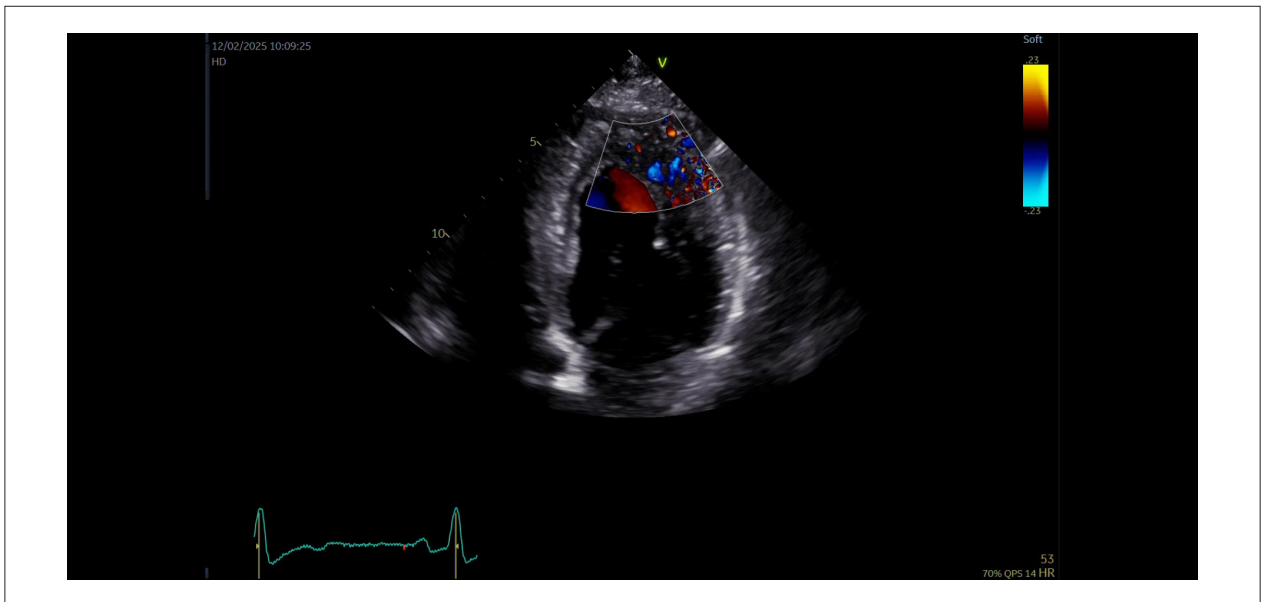


Figura 2 – Fluxo de ADA em paciente com MCH. Observa-se inversão do componente sistólico .



Vídeo 5 – Fluxo de ramos comunicantes apicais (azul) em paciente com miocardiopatia hipertrófica apical.
Link: http://abcmaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_05.mp4

Reserva de fluxo coronariano

A incorporação de múltiplos parâmetros, além da avaliação da motilidade parietal, na ecocardiografia de estresse transforma esse método em uma ferramenta clínica poderosa e extremamente versátil.¹¹ Além de ampliar seu poder diagnóstico, também acrescenta informações prognósticas relevantes e não redundantes.¹² Diversas publicações demonstram a importância da avaliação da RFC em diferentes cenários clínicos,¹³⁻¹⁵ e a Sociedade Europeia de Cardiologia recomenda seu uso rotineiro desde a diretriz de ecocardiografia de estresse de 2008.^{16,17}

A adição da avaliação do fluxo coronariano ao ecocardiograma de estresse, após treinamento adequado, não aumenta significativamente o tempo de execução do exame. Sua interpretação leva poucos segundos e é baseada na relação entre a velocidade da coronária ao estresse e em repouso. O valor discriminatório de 2,0 separa o normal do patológico. Todas as modalidades de estresse permitem a avaliação da RFC. A taxa de sucesso é maior nos estudos com vasodilatador (acima de 90%), seguida da dobutamina (por volta de 80%) e do exercício em bicicleta (cerca de 70%).¹⁸

Metodologia com vasodilatador

Após realizar a captura de todas as imagens necessárias para a linha de base, registra-se a velocidade diastólica da ADA o mais distal possível. Sem retirar o transdutor do tórax do paciente, mantendo a visualização da coronária continuamente no mesmo ponto e na mesma angulação, inicia-se a administração de dipiridamol na dose de 0,84 mg/Kg em quatro minutos. Registra-se, então a velocidade máxima obtida até um minuto após o término da infusão (quinto minuto de exame). Em situações normais, a velocidade da ADA duplica poucos minutos após o início da prova.

Metodologia com dobutamina

Diferentemente do protocolo com dipiridamol, no qual a ADA é monitorizada continuamente, no teste com dobutamina a velocidade da ADA é aferida em repouso e, novamente, após um incremento de 50 batimentos em relação à frequência cardíaca basal e/ou quando se atinge 75% da frequência cardíaca máxima prevista, o que geralmente ocorre nas etapas de altas doses do fármaco.¹⁹

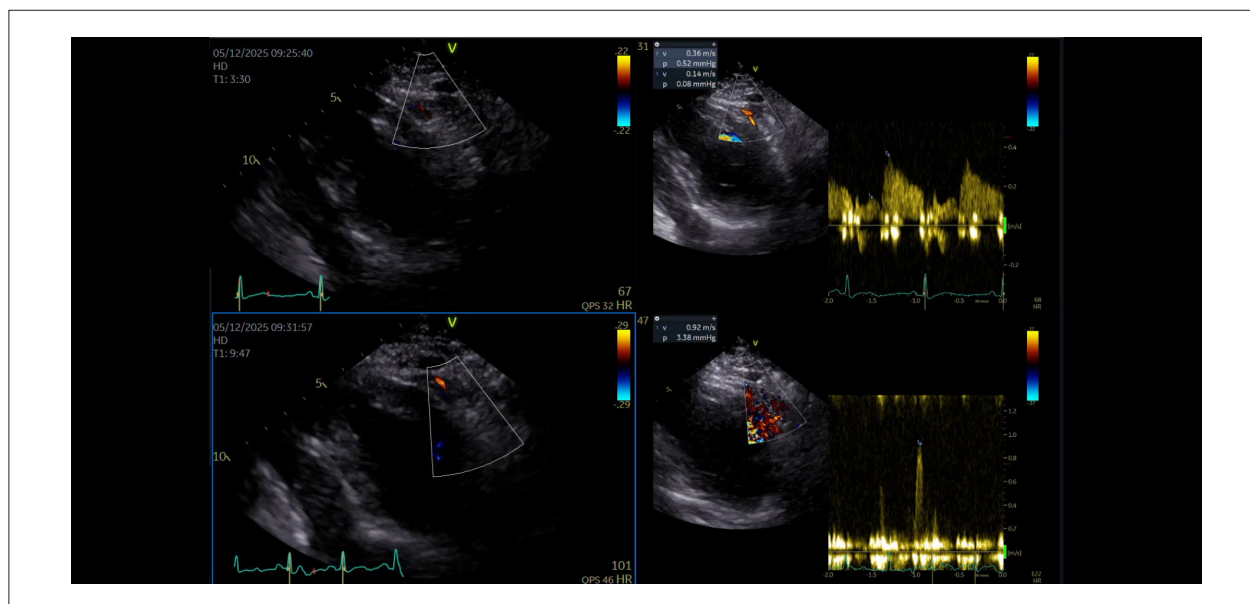
Metodologia com exercício em bicicleta supina

A avaliação da RFC durante o exercício é mais desafiadora. À medida que a carga aumenta, a movimentação do tronco e a hiperventilação prejudicam a janela acústica e dificultam a visualização da ADA.

Para operadores menos experientes, recomendamos uma estratégia análoga ao protocolo com dipiridamol: localizar a ADA em repouso com Doppler colorido e assegurar sua visualização contínua no setor de imagem desde o início do exame. Essa abordagem favorece a mensuração da velocidade sempre no mesmo ponto e com a mesma angulação. No entanto, a principal limitação dessa abordagem é a perda dos registros do exame bidimensional em baixa carga de esforço, particularmente úteis em estudos realizados no cicloergômetro.

Outro enfoque, mais difícil do ponto de vista técnico, é iniciar a monitorização da ADA durante o esforço imediatamente após a aquisição das imagens bidimensionais em carga baixa, garantindo que a velocidade seja mensurada no mesmo ponto e com a mesma angulação utilizados em repouso (Vídeo 6).

Em indivíduos normais, a velocidade da coronária duplica já nas etapas iniciais do exercício (até 75 watts). Utilizam-se os mesmos conceitos aplicados ao protocolo com dobutamina em relação à frequência cardíaca para avaliação da RFC, caso essa duplicação não ocorra rapidamente.



Vídeo 6 – RFC de ADA ao exercício. 1 Fluxo em repouso. 2 Velocidade diastólica de 36 cm/s. 3 Fluxo ao esforço (75W). 4 Velocidade diastólica de 92 cm/s. RFC de 2,55 (normal acima de 2).

Link: http://abcimaging.org/supplementary-material/2026/3901/2026-0006_video_06.mp4

Vale destacar que, embora a avaliação da RFC na ADA seja a mais utilizada, ela também pode ser realizada nas demais coronárias; contudo, a taxa de sucesso tende a ser menor.

Conclusão

A avaliação do fluxo coronariano por ecocardiografia deixou de ser uma utopia e já se consolidou como uma realidade capaz de transformar os laboratórios de ecocardiografia. Em repouso ou sob estresse, com vasodilatadores ou durante o exercício, as possibilidades são amplas e as informações obtidas, altamente relevantes. É possível detectar obstruções coronarianas significativas em repouso e antecipar os resultados do ecoestresse antes mesmo do surgimento de isquemia. Identificar maior risco em pacientes com motilidade segmentar normal, mas com RFC reduzida, tem impacto clínico direto. A ecocardiografia, portanto, não deve ser tratada como um mero coadjuvante, mas sim como protagonista.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Del Castillo JM, Shehadeh I.

Referências

- Zagatina A, Zhuravskaya N, Caprnda M, Shiwani HA, Gazdikova K, Rodrigo L, et al. Should we Routinely Assess Coronary Artery Doppler in Daily Echocardiography Practice? Acta Cardiol. 2022;77(7):573-9. doi: 10.1080/00015385.2021.1973771.
- Ciampi Q, Zagatina A, Cortigiani L, Gaibazzi N, Daros CB, Zhuravskaya N, et al. Functional, Anatomical, and Prognostic Correlates of Coronary Flow Velocity Reserve During Stress Echocardiography. J Am Coll Cardiol. 2019;74(18):2278-91. doi: 10.1016/j.jacc.2019.08.1046.

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.

3. Rigo F, Murer B, Ossena G, Favaretto E. Transthoracic Echocardiographic Imaging of Coronary Arteries: Tips, Traps, and Pitfalls. *Cardiovasc Ultrasound*. 2008;6:7. doi: 10.1186/1476-7120-6-7.
4. Vegsundvåg J, Holte E, Wiseth R, Hegbom K, Hole T. Transthoracic Echocardiography for Imaging of the Different Coronary Artery Segments: A Feasibility Study. *Cardiovasc Ultrasound*. 2009;7:58. doi: 10.1186/1476-7120-7-58.
5. Cortigiani L, Gaibazzi N, Ciampi Q, Rigo F, Rodríguez-Zanella H, Wierzbowska-Drabik K, et al. High Resting Coronary Flow Velocity by Echocardiography Is Associated with Worse Survival in Patients with Chronic Coronary Syndromes. *J Am Heart Assoc*. 2024;13(4):e031270. doi: 10.1161/JAHA.123.031270.
6. Rigo F, Picano E. Coronary Flow Reserve. In: Picano E, editor. *Stress Echocardiography*. Cham: Springer; 2015. doi:10.1007/978-3-319-20958-6_9.
7. Lowenstein J. Padrões de Fluxo Coronariano Normal e Determinação da Reserva Coronariana pelo Ecodopplertranstorácico. In: Mathias W Jr, Tsutsui JM, editors. *Ecocardiografia*. Barueri: Manole; 2012, p. 109-29.
8. Youn HJ, Foster E. Demonstration of Coronary Artery Flow Using Transthoracic Doppler Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2004;17(2):178-85. doi: 10.1016/j.echo.2003.08.017.
9. Ferreira DE, Cianciulli TF, Saccheri MC, Lax JA, Celano L, Beck MA, et al. Assessment of Coronary Flow with Transthoracic Color Doppler Echocardiography in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Echocardiography*. 2013;30(10):1156-63. doi: 10.1111/echo.12242.
10. Sousa CG, Castillo JMD, Mazzarollo C, Albuquerque ES, Sena ADM, Brindeiro D Filho, et al. Comparative Analysis of the Coronary Arteries Flow Pattern in Secondary Myocardial Hypertrophies and by Sarcomeric Mutation. *Arq Bras Cardiol: Imagem Cardiovasc*. 2021;34(1):eabc131. doi: 10.47593/2675-312X/20213401eabc131.
11. Picano E, Ciampi Q, Wierzbowska-Drabik K, Urluescu ML, Morrone D, Carpegiani C. The New Clinical Standard of Integrated Quadruple Stress Echocardiography with ABCD Protocol. *Cardiovasc Ultrasound*. 2018;16(1):22. doi: 10.1186/s12947-018-0141-z.
12. Ciampi Q, Zagatina A, Cortigiani L, Wierzbowska-Drabik K, Kasprzak JD, Haberka M, et al. Prognostic Value of Stress Echocardiography Assessed by the ABCDE Protocol. *Eur Heart J*. 2021;42(37):3869-78. doi: 10.1093/eurheartj/ehab493.
13. Lowenstein JA, Caniggia C, Rouse G, Amor M, Sánchez ME, Alasia D, et al. Coronary Flow Velocity Reserve during Pharmacologic Stress Echocardiography with Normal Contractility Adds Important Prognostic Value in Diabetic and Nondiabetic Patients. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(10):1113-9. doi: 10.1016/j.echo.2014.05.009.
14. Cortigiani L, Gaibazzi N, Ciampi Q, Tuttolomondo D, Navacchi R, Bovenzi F, et al. Prognostic Significance of Coronary Flow Velocity Reserve in Patients with Peripheral Arterial Disease. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2025;41(7):1287-95. doi: 10.1007/s10554-025-03411-z.
15. Ciampi Q, Olivetto I, Gardini C, Mori F, Peteiro J, Monserrat L, et al. Prognostic Role of Stress Echocardiography in Hypertrophic Cardiomyopathy: The International Stress Echo Registry. *Int J Cardiol*. 2016;219:331-8. doi: 10.1016/j.ijcard.2016.06.044.
16. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al. Stress Echocardiography Expert Consensus Statement: European Association of Echocardiography (EAE) (A Registered Branch of the ESC). *Eur J Echocardiogr*. 2008;9(4):415-37. doi: 10.1093/ejehocard/jen175.
17. 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.
18. Rigo F, Picano E. Step D for Doppler-Based Coronary Flow Velocity Reserve in Stress Echocardiography. In: Picano E, editors. *Stress Echocardiography*. Cham: Springer; 2023. p. 55-77. doi: 10.1007/978-3-031-31062-1_4.
19. Forte EH, Rouse MG, Lowenstein JA. Target Heart Rate to Determine the Normal Value of Coronary Flow Reserve during Dobutamine Stress Echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound*. 2011;9:10. doi: 10.1186/1476-7120-9-10.



Como Eu Faço Avaliação do VExUS pela Ecocardiografia Transesofágica: Um Guia Passo a Passo

My Approach to VExUS Assessment Using Transesophageal Echocardiography: A Step-by-Step Performance Guide

Angelo Antunes Salgado,^{1,2,3} Marcos Paulo Lacerda Bernardo,^{1,4} Marcelo Ramalho Fernandes^{4,5}

Universidade do Estado do Rio de Janeiro,¹ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto Nacional de Cardiologia,² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Hospital Pró-Cardíaco,³ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Hospital CopaStar,⁴ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Hospital Copa D'Or,⁵ Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Resumo

A monitorização da congestão venosa sistêmica tornou-se essencial no manejo de pacientes críticos, permitindo o diagnóstico preciso, a graduação da severidade e a definição de prognóstico. A literatura demonstra que a presença de congestão está fortemente associada ao desenvolvimento de lesão renal aguda e maior mortalidade, quando comparada a estados de volemia otimizada.

Neste contexto, o uso do Ecocardiograma Transesofágico (ETE) durante o procedimento cirúrgico surge como uma ferramenta avançada e versátil. Além de permitir a avaliação detalhada da função cardíaca, o ETE é eficaz na análise do grau de volemia e na previsão de fluido-responsividade através da mensuração dinâmica do volume sistólico e do grau de congestão sistêmica. Também possibilita a visualização direta de vasos abdominais, como as veias hepáticas, porta e intrarrenais, facilitando a identificação de fluxos pulsáteis patológicos mesmo em pacientes com janela transtorácica limitada.

A integração de protocolos como o VExUS (ou sua versão modificada mVExUS) permite uma abordagem personalizada, focando na “perfusão sem congestão”. Esta revisão detalha a aplicação prática da avaliação do VExUS pelo ETE, suas limitações técnicas e como utilizá-las para guiar uma ressuscitação hemodinâmica que minimize danos orgânicos e otimize o desfecho clínico.

Introdução

Durante décadas, a monitorização hemodinâmica perioperatória e em terapia intensiva esteve centrada quase exclusivamente nos parâmetros da macrocirculação

Palavras-chave

Ecocardiografia Transesofágica; Prognosis; Procedimentos Cirúrgicos Operatórios.

Correspondência: Angelo Antunes Salgado •

Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Avenida 28 de Setembro, 77.

CEP: 20550-900. Rio de Janeiro, RJ – Brasil

E-mail: angeloasalgado@gmail.com

Artigo recebido em 09/02/2026; revisado em 20/02/2026; aceito em 21/02/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260012>

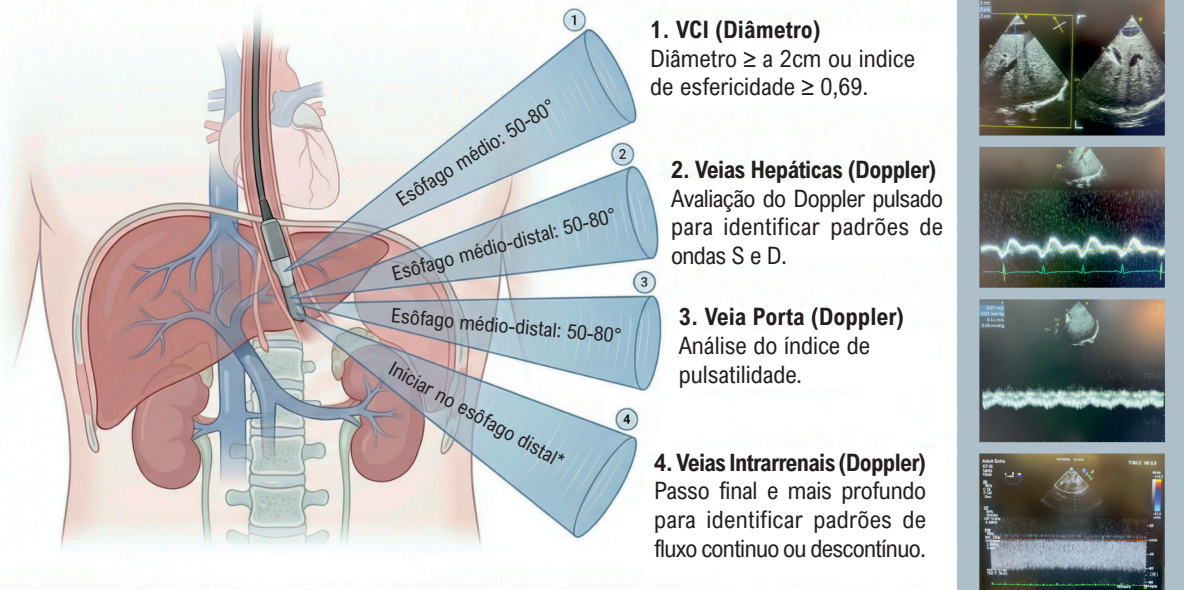
relacionados ao fluxo anterógrado, como a pressão arterial média, o débito cardíaco e o volume sistólico, enquanto o sistema venoso sistêmico permaneceu amplamente negligenciado. Nesse contexto, a pressão venosa central foi utilizada como o principal — e frequentemente único — marcador do compartimento venoso, de forma inadequada como guia de reposição volêmica, apesar de evidências consistentes demonstrarem sua baixa capacidade de prever fluido-responsividade e sua associação com congestão venosa sistêmica, disfunção de órgãos-alvo e piores desfechos clínicos.¹ A compreensão contemporânea da fisiopatologia circulatória integra a avaliação da fluido-responsividade e da fluidotolerância, resgatando o papel fundamental do sistema venoso na monitorização hemodinâmica global. Esse paradigma orienta intervenções personalizadas e guiadas por marcadores de microcirculação, como o Tempo de Enchimento Capilar (TEC) e a Espectroscopia Próximo ao Infravermelho (NIRS), visando preservar a coerência entre macro e microcirculação (coerência hemodinâmica) e otimizar a perfusão tecidual.

A avaliação da congestão venosa sistêmica evoluiu de forma significativa com a incorporação da análise ultrassonográfica dos vasos viscerais, permitindo uma compreensão integrada do acoplamento entre o sistema venoso e o coração direito, incluindo a interação entre volemia, função ventricular direita e condições que limitam o enchimento cardíaco, como as doenças do pericárdio. Nesse contexto, a análise dos padrões de fluxo da veia cava inferior, das veias supra-hepáticas, da veia porta e das veias intrarrenais passou a fornecer informações fisiológicas diretas sobre a transmissão da pressão venosa elevada aos órgãos-alvo.² Já em 2014³ a Ecocardiografia Transesofágica (ETE) era empregada para a avaliação do sistema venoso na instabilidade hemodinâmica e, posteriormente, estudos publicados em 2017⁴ e 2018⁵ demonstraram seu relevante valor prognóstico para desfechos em cirurgia cardiovascular, antecedendo a descrição formal do escore VExUS (*Venous Excess UltraSound*) em 2020, pelo grupo canadense liderado por Beaubien-Souligny et al.,⁶ que sistematizou essa avaliação ao integrar múltiplos territórios venosos em um escore graduado de congestão. Essa ferramenta, inicialmente destinada a pacientes submetidos à cirurgia cardíaca, rapidamente ganhou relevância para a abordagem do paciente com Insuficiência Cardíaca (IC) aguda e no ambiente de terapia intensiva como método para quantificação da congestão venosa sistêmica, tendo sido associada a desfechos clínicos relevantes, como insuficiência renal aguda, necessidade de terapia renal substitutiva,

Figura Central: Como Eu Faço Avaliação do VExUS pela Ecocardiografia Transesofágica: Um Guia Passo a Passo



Avaliação VEXUS por Ecocardiografia Transesofágica (ETE) – Fluxo Sequencial



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2026;39(1):e20260012

Fluxo sequencial para avaliação do VExUS pelo ETE. Legenda: Avaliação sequencial para análise do VExUS pelo ecocardiograma transesofágico. Para avaliação das veias intrarrenais iniciar no nível do esôfago distal localizando a aorta descendente (no eixo curto ou longo). Após esse passo realizar rotação anti-horária e introduzir a sonda.

delirium, maior tempo de internação e mortalidade. Operacionalmente, pacientes com diâmetro da veia cava inferior < 2 cm são classificados como VExUS 0, enquanto aqueles com VCI ≥ 2 cm são estratificados em VExUS 1 a 3 de acordo com os padrões Doppler das veias esplâncnicas. Mais do que um escore descritivo, o VExUS consolidou-se como ferramenta funcional para avaliação da fluido-tolerância (nível de sobrecarga hídrica) e para a tomada de decisão hemodinâmica personalizada, justificando a adaptação e a aplicação sistemática de seus critérios por meio da ecocardiografia transesofágica no ambiente perioperatório.

Nos últimos anos, um corpo crescente de evidências consolidou o impacto prognóstico do VExUS em diferentes cenários clínicos, com aplicação inicial na cirurgia cardíaca e rápida expansão para a insuficiência cardíaca aguda e ambientes de terapia intensiva, sendo inclusive incorporado a protocolos contemporâneos de avaliação hemodinâmica no choque séptico. Na insuficiência cardíaca aguda, o VExUS mostrou-se uma ferramenta factível, reprodutível e prognosticamente relevante desde a admissão. Saddi *et al.* demonstraram que pacientes hospitalizados por insuficiência cardíaca aguda que apresentaram melhora do escore VExUS após reavaliação em 72 horas tiveram uma redução de 58% na mortalidade intra-hospitalar em comparação àqueles que não responderam à terapia diurética.⁷ De forma complementar,

Lozano-Jiménez *et al.* evidenciaram que, no momento da alta hospitalar, aproximadamente 24% dos pacientes considerados clinicamente compensados ainda apresentavam congestão venosa sistêmica residual (VExUS ≥ 1), grupo este que evoluiu com maior incidência de eventos adversos em seis meses, incluindo mortalidade, reinternações por insuficiência cardíaca e atendimentos de urgência por descompensação, em magnitude semelhante à observada em pacientes com congestão clinicamente manifesta na alta.⁸

A utilização do ecocardiograma transesofágico (ETE) para a avaliação sistematizada do escore VExUS foi descrita de forma protocolar a partir de 2024 pelo grupo liderado por Waldron *et al.*, da Mayo Clinic, ampliando a aplicabilidade do método no ambiente perioperatório.⁹ Pelo ETE, a obtenção das imagens da veia cava inferior, das veias supra-hepáticas e da veia porta é, na maioria dos casos, factível e reprodutível, enquanto a avaliação das veias intrarrenais pode ser tecnicamente limitada. Nesse contexto, estudo de 2025 validou o VExUS modificado, no qual a exclusão do Doppler intrarrenal não compromete a acurácia diagnóstica.¹⁰ Em comparação ao cateterismo cardíaco direito, o VExUS modificado apresentou desempenho semelhante ao VExUS tradicional na identificação de pressão atrial direita elevada (RAP > 12 mmHg), com áreas sob a curva comparáveis (AUC 0,85 vs. 0,87) e concordância quase perfeita entre os métodos ($\kappa = 0,85$), superando a acurácia da avaliação isolada do

diâmetro da veia cava inferior. Esses achados sustentam o uso de protocolos abreviados baseados nos territórios venosos acessíveis pelo ETE para estimativa confiável da congestão venosa sistêmica no perioperatório, permitindo uma avaliação hemodinâmica personalizada, num conceito de monitorização multimodal.

Técnica para obtenção do VExUS pelo ETE

Imagem 1: Avaliação da VCI (Figura 1)

A imagem da Veia Cava Inferior (VCI) e da junção cavoatrial inferior pode ser obtida tanto pela janela médio-esofágica quanto pela transgástrica, desde que sejam realizados ajustes adequados de rotação, profundidade e flexão da sonda. Na prática, a VCI é frequentemente visualizada a partir da janela médio-esofágica, utilizando a visão bicaval como referência inicial, com rotação horária da sonda e avanço progressivo até a identificação da junção cavoatrial e das veias hepáticas. Nessa etapa, o ajuste do ângulo multiplanar do corte bicaval, habitualmente entre 110–120°, para aproximadamente 50–80°, permite uma visualização mais adequada da VCI em seu eixo longo.

A mensuração da VCI em dois planos é fundamental, pois sua secção transversal é tipicamente elíptica e varia ao longo do ciclo respiratório. Assim, avaliações unidimensionais no eixo longo frequentemente não refletem de forma fidedigna sua morfologia real nem a relação entre geometria vascular, complacência venosa e Pressão Venosa Central (PVC). Nesse contexto, Seo et al. demonstraram que o índice de esfericidade, que a razão entre o menor diâmetro e o maior diâmetro da VCI no seu corte transversal foi o que melhor definiu o grau de congestão sistêmica e apresenta melhor desempenho na detecção de PVC > 10 mmHg, com valor de referência de 0,69 e com AUC de 0,98.¹¹ A utilização desse índice parece ser mais promissor para a avaliação da

congestão, sobretudo em pacientes com baixa superfície corporal, nas quais uma VCI menor do que 2,0 cm já pode refletir pressões venosas elevadas.

Com base nesses achados, recomenda-se a obtenção de imagens da VCI a aproximadamente 2 cm da junção venoatrial, de modo a permitir a avaliação confiável do diâmetro da VCI e, se possível, avaliar o índice de esfericidade.

Armadilhas técnicas: os pacientes, por apresentarem pressão intratorácica positiva (prótese ventilatória), apresentam VCI geralmente com calibres mais aumentados, o que requer cuidados na análise.

Imagem 2: Avaliação das veias supra-hepáticas (Figura 2)

Na maioria dos casos, a própria imagem da Veia Cava Inferior (VCI) permite identificar a confluência das veias supra-hepáticas, sendo por vezes necessário apenas um leve avanço da sonda para otimizar a visualização, geralmente no esôfago médio-distal/gástrico. No ETE, a veia supra-hepática localiza-se inferiormente à VCI, apresenta paredes finas e drena diretamente para ela, com fluxo dirigido em direção ao transdutor. Em condições fisiológicas, nesse plano, os fluxos sistólico e diastólico são observados em vermelho ao Doppler colorido e posicionam-se acima da linha de base no Doppler pulsado.

A janela transgástrica constitui uma alternativa eficaz para a avaliação das veias hepáticas, produzindo uma imagem semelhante à obtida na janela subcostal do ecocardiograma transtorácico. Nessa abordagem, as veias hepáticas aparecem no campo próximo, enquanto a VCI é visualizada no campo distante. Em condições normais, o Doppler colorido demonstra os fluxos sistólico e diastólico hepáticos em azul, refletindo fluxo afastando-se da sonda. Um diferencial relevante dessa via é a facilidade de acesso à veia porta: com ajustes do plano de corte entre 20–60°, seus ramos podem ser visualizados em

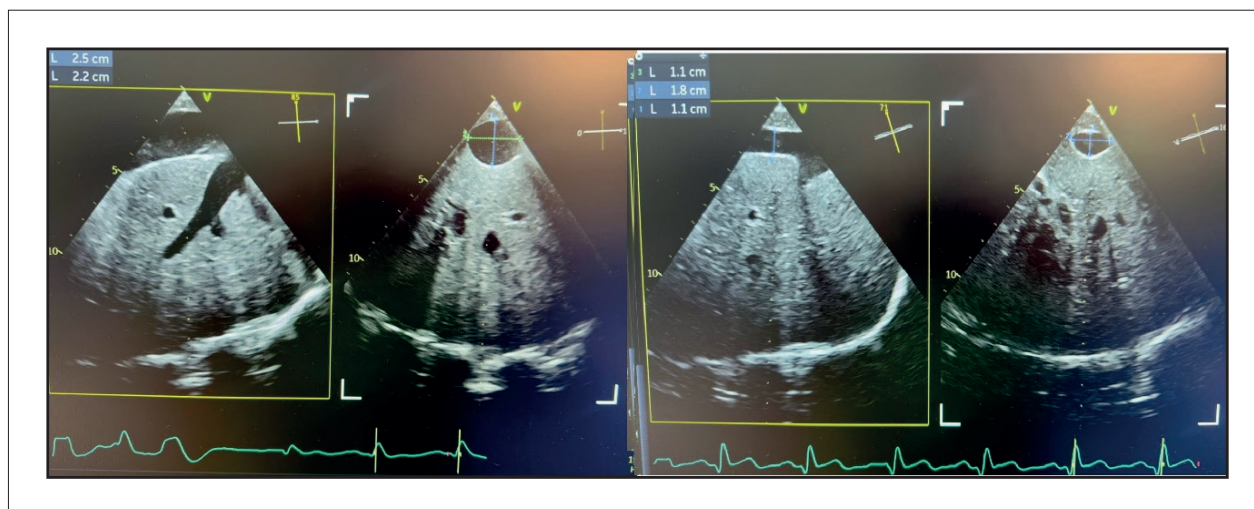


Figura 1 – Esquerda: VCI obtida pela janela médio-esofágica, com angulação aproximadamente entre 50–80°, permite uma visualização mais adequada da VCI em seu eixo longo (LAX) e angulação entre 140–170° para o eixo transversal (SAX). A VCI apresenta-se túrgida (2,5 cm) e aspecto circular ao SAX, demonstrando congestão sistêmica (índice de esfericidade de 0,88). Direita: paciente evolutivamente demonstrando melhora da congestão com VCI: 1,8 cm e imagem ovalada da VCI ao SAX (índice de esfericidade: 0,61).

eixo longo, possibilitando a aplicação completa do protocolo VExUS de forma semelhante à técnica trans-hepática.

Na ausência de congestão sistêmica significativa, o fluxo da veia supra-hepática apresenta onda S com amplitude maior que a onda D (padrão tipo 1). À medida que a congestão venosa se intensifica, ocorre redução progressiva da onda S, com inversão da relação S/D ($S < D$), ainda mantendo fluxo anterógrado (padrão tipo 2), até que, nos estágios mais avançados de congestão, observa-se inversão da onda S, caracterizando o padrão tipo 3.

Armadilhas técnicas: devido às baixas velocidades, o ajuste da escala do Doppler colorido deve situar-se entre 20–30 cm/s, com o volume de amostra do Doppler pulsado

posicionado a 1–2 cm da junção com a VCI. Outro erro frequente é a não utilização do traçado eletrocardiográfico para diferenciar corretamente as ondas S e D, o que pode levar a interpretações equivocadas.

Em pacientes com insuficiência tricúspide grave, o Doppler da veia porta constitui o marcador ultrassonográfico mais confiável para monitorar a retirada de volume, enquanto a avaliação do fluxo das veias supra-hepáticas e das veias renais apresenta limitações relevantes, conforme demonstrado em estudo recente.¹²

Imagem 3: Avaliação da veia porta (Figura 3)

A avaliação da veia porta pode ser feita tanto pelo esfôago médio-distal, quanto pela janela transgástrica da

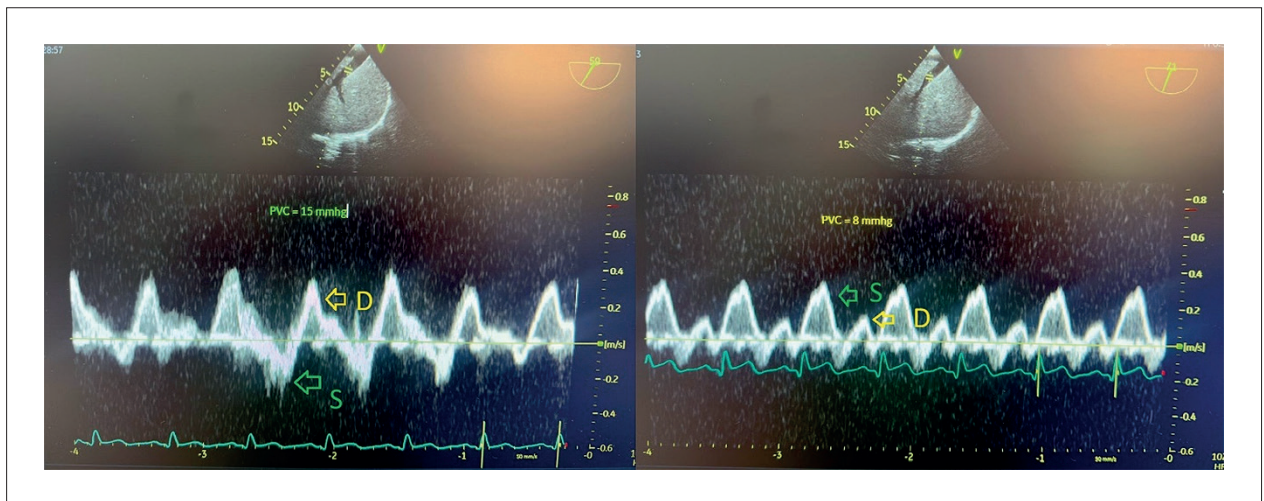


Figura 2 – Esquerda: Leve introdução da sonda em relação a visualização de VCI demonstra a veia supra-hepática esquerda. Observa-se congestão sistêmica significativa, demonstrado pela inversão da onda S (retrógrada) enquanto a onda D permanece anterógrada (fluxo tipo 3). A onda S retrógrada é facilmente identificada após o complexo QRS do ECG. Direita: Melhora evolutiva do paciente acima, com onda S anterógrada, com padrão $S > D$ (fluxo tipo 1). Onda S: seta verde. Onda D: seta amarela.

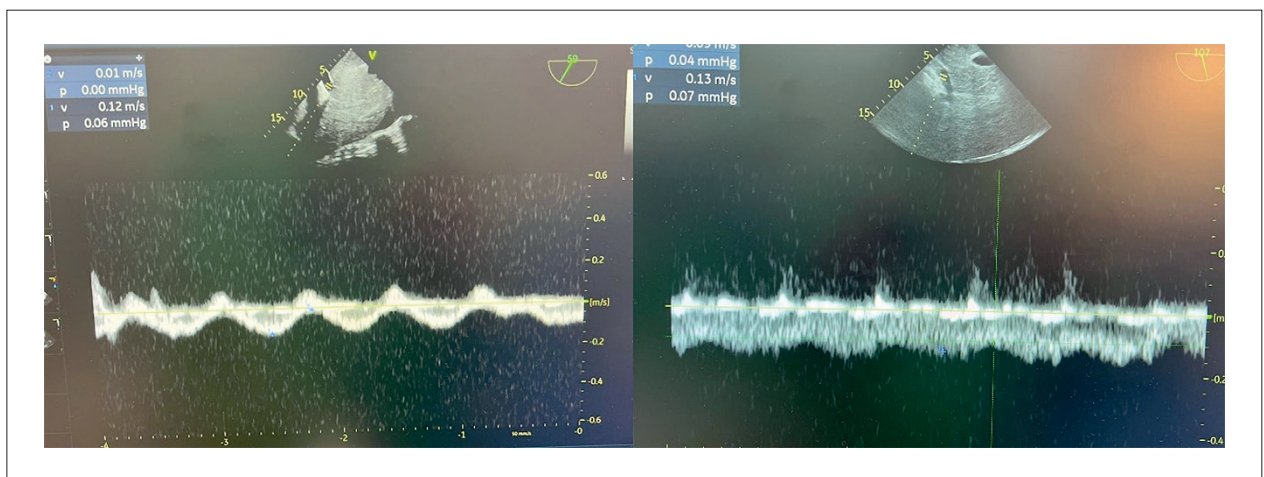


Figura 3 – Esquerda: Veia porta com variabilidade de fluxo acima de 50%, caracterizando congestão acentuada (fluxo tipo 3). Direita: recuperação total da fasciculação da veia porta caracterizando resolução da congestão (fluxo tipo 1).

mesma maneira que obtemos a visualização dos vasos supra-hepáticos, podendo ser necessário pequenos movimentos de rotação do transdutor ou introdução/retirada da sonda.

A veia porta caracteriza-se por apresentar paredes espessas e por ter fluxo que se afasta do transdutor ao Doppler (azul ao color Doppler, abaixo da linha de base ao Doppler pulsado). Em situações que não há congestão sistêmica o fluxo tem um índice de pulsatilidade ($V_{\text{maior}} - V_{\text{menor}} / V_{\text{maior}} \times 100$) $< 30\%$ (tipo 1) e à medida que ocorre congestão essa variabilidade se acentua (30-50%; tipo 2) até que a congestão se torna bastante acentuada ($> 50\%$; tipo 3). Isso ocorre pois à medida que a congestão se estabelece, há dilatação dos vasos sinuosoidais, que funcionam como barreira para a transmissão da pulsatilidade sistêmica, tornando a pulsatilidade mais acentuada com a piora da congestão. O índice de pulsatilidade da veia porta é o que melhor monitora a retirada de volume, em relação aos demais parâmetros, principalmente em alguns fenótipos de congestão, como a regurgitação tricúspide grave.

Armadilhas técnicas: semelhante as veias supra-hepáticas, por também apresentarem velocidades baixas, a velocidade Doppler colorido deve estar entre 20-30 cm/s. Pacientes cirróticos podem ter comprometimento na análise do fluxo da veia porta.

Imagem 4: Avaliação da veia interlobar renal (Figura 4)

Em relação a análise dos vasos viscerais a veia interlobar renal é a que tem maior dificuldade técnica, tanto pela ecocardiografia transtorácica quanto a transesofágica. Por se tratar de vasos pequenos e que são extremamente móveis com a respiração, nem sempre a sua análise é possível. Atualmente há trabalhos que demonstram que a avaliação da veia interlobar renal não é necessária para estimar o escore VExUS, bastando a análise da VCI, veia porta e veia supra-hepática para a quantificação da congestão sistêmica, não sendo, portanto, essencial a sua análise durante o procedimento cirúrgico. Entretanto os trabalhos iniciais demonstram que o comprometimento do fluxo intrarrenal estava mais relacionado à evolução para a insuficiência renal do que o comprometimento dos demais vasos. São necessárias investigações adicionais para compreender plenamente o papel da avaliação renal, bem como seu valor diagnóstico e prognóstico na congestão sistêmica durante o ato cirúrgico.

Para localizar o rim esquerdo via transesofágica, inicie girando a sonda em 180° para identificar a aorta descendente (esôfago distal). Após a localização, avance o dispositivo aplicando uma rotação para a esquerda (anti-horária) até encontrar o parênquima renal. Se preferir uma imagem

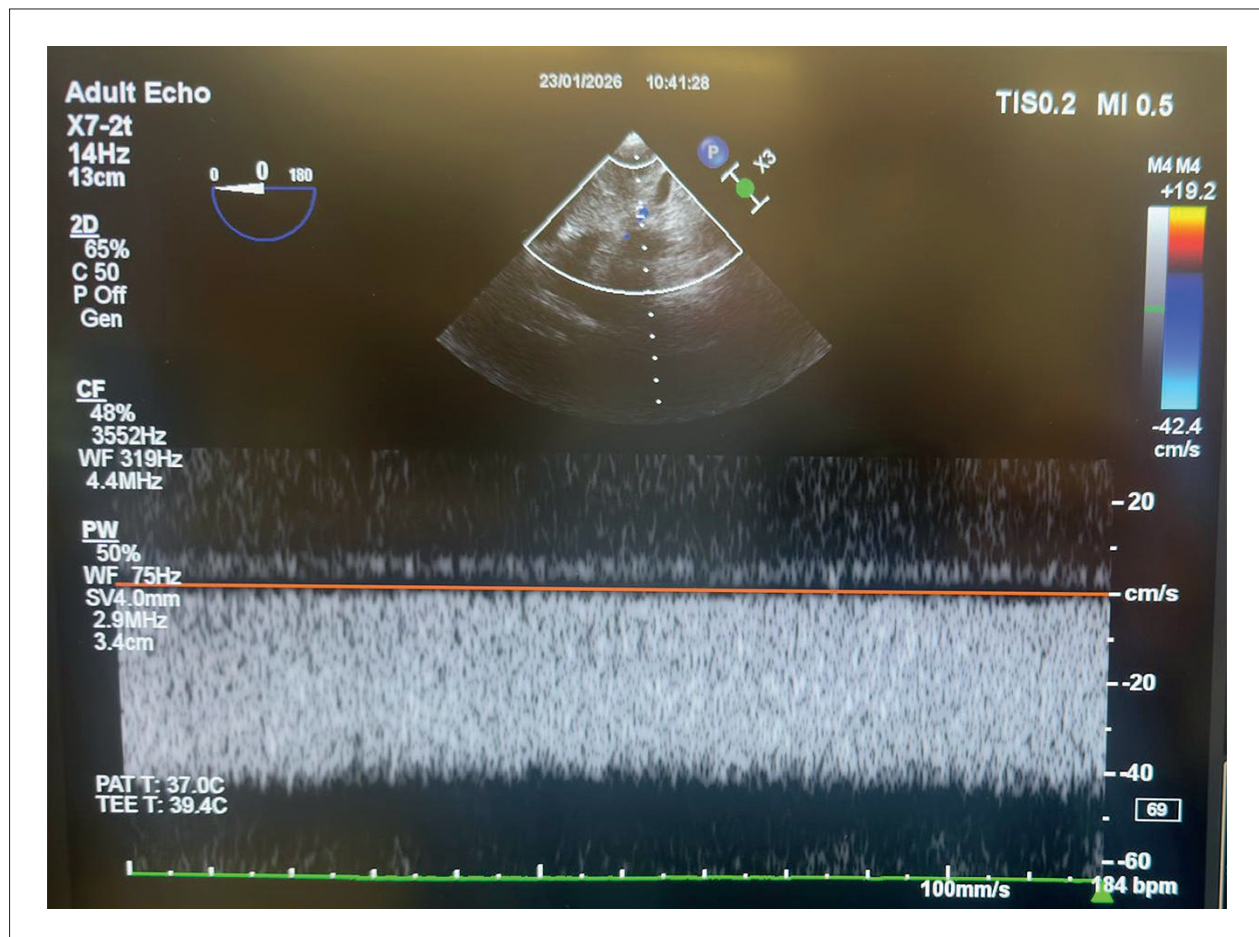


Figura 4 – Fluxo da veias interlobares renais, mostrando padrão de fluxo contínuo (fluxo contínuo abaixo da linha de base), característico de ausência de congestão renal (tipo 1).

longitudinal, gire para 90° e rode a sonda no sentido anti-horário a partir da imagem do eixo curto da aorta, avançando até a identificação do órgão. Em relação a análise do fluxo, pacientes com fluxo venoso contínuo não apresentam congestão sistêmica significativa (tipo 1). Já o tipo 2 é caracterizado por fluxo venoso do tipo descontínuo bifásico, com pico de fluxo na sístole e outro na diástole. À medida que a congestão se acentua, temos o fluxo do tipo 3, em que o fluxo só é visto na diástole. Dependendo da orientação, o fluxo venoso pode ser visualizado acima ou abaixo da linha de base, e geralmente acompanhado do fluxo da artéria interlobar, em direção contrária ao fluxo venoso, por se tratar de vasos próximos.

Pitfalls: imagem de difícil obtenção pelo ETE, com qualidade nem sempre satisfatória. Por se tratar de vasos com baixa velocidade, o ajuste de velocidade do Color Doppler tem que ser < 20 cm/s.

O sequenciamento da obtenção das imagens ao ETE pode ser visualizado de forma bem objetiva na figura central.

Discussão

O VExUS deve ser entendido não como uma ferramenta isolada, mas como um elemento estratégico dentro de uma monitorização hemodinâmica verdadeiramente multimodal, em consonância com modelos fisiopatológicos contemporâneos, como a teoria das interfaces hemodinâmicas proposta por Rola *et al.*¹³ Nesse artigo, o modelo conceitual de quatro interfaces propõe uma visão holística e personalizada para a ressuscitação do choque, movendo o foco para além da simples normalização da Pressão Arterial Média (PAM) e da infusão protocolada de fluidos.

- **Interface I (Acoplamento Ventrículo-Arterial):** Foca na relação entre a capacidade de contração do Ventrículo Esquerdo (VE) e a resistência (pós-carga) imposta pelo sistema arterial.
- **Interface II (Acoplamento Arteriolar-Capilar):** Representa a transição da macrocirculação para a microcirculação, especificamente onde o sangue passa das arteríolas para os capilares.
- **Interface III (Capilar para Venular):** Concentra-se no lado venoso. Destaca que a Pressão Venosa Central (PVC) elevada prejudica a perfusão ao causar estase e edema, mesmo que o fluxo arterial pareça normal.
- **Interface IV (Ventrículo Direito para Artéria Pulmonar):** Avalia o acoplamento e a interação entre o Ventrículo Direito (VD) e a circulação dos pulmões. Nesse contexto, o propósito da monitorização hemodinâmica transoperatória vai além da simples normalização de variáveis macro-hemodinâmicas. O objetivo central passa a ser a otimização da perfusão tecidual (interface 2) e da função orgânica. É justamente nesse ponto que o VExUS se posiciona de forma clara, ao avaliar a Interface 3 (capilar/venular), relacionada ao acoplamento do componente capilar com o venoso da circulação, à drenagem dos órgãos e à presença de

congestão venosa sistêmica — hoje reconhecida como um mecanismo causal relevante de disfunção orgânica.

Ao mesmo tempo a Interface 3, embora fundamental, representa apenas uma parte da avaliação hemodinâmica global. A utilização do VExUS de forma isolada, desconectada das demais interfaces, pode resultar em interpretações parciais e decisões clínicas incompletas. Nesse cenário, o ecocardiograma assume um papel central e singular, por permitir uma avaliação integrada tanto da Interface I (acoplamento VE/Aorta), interface IV (acoplamento VD/AP) e da Interface III (capilar/venular), por meio da análise da VCI e dos fluxos venosos sistêmicos (hepático/portal e renal).

Dessa forma, especialmente em procedimentos transoperatórios, o ecocardiograma consolida-se como um monitor hemodinâmico ímpar, capaz de integrar produção de fluxo, distribuição e drenagem venosa, superando a visão fragmentada baseada em parâmetros isolados. Inserido nesse modelo, o VExUS complementa e refina a interpretação da congestão venosa e orientando estratégias de descongestão de maneira fisiologicamente consistente. Em síntese, a principal contribuição do VExUS, é qualificar a avaliação da Interface 3, permitindo identificar cenários em que a limitação da perfusão tecidual não decorre de falha de oferta, mas de comprometimento da drenagem venosa. Integrado a uma abordagem multimodal guiada pelas interfaces hemodinâmicas, o VExUS reforça a transição de uma monitorização centrada em números para uma monitorização centrada em fisiologia, perfusão e desfechos clínicos relevantes.

Conclusão

A realização do protocolo VExUS pelo ETE (ou sua versão modificada, mVExUS) durante o procedimento cirúrgico é exequível e permite uma abordagem personalizada, focada no conceito da “perfusão sem congestão”, podendo auxiliar no controle volêmico e evitando sobrecarga de volume que gere sérias consequências durante a fase intraoperatória ou no pós-operatório imediato.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Salgado AA; obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Salgado AA, Bernardo MPL, Fernandes MR.

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 ChatGPT para confecção da Figura Central. 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. Stassen J, Falter M, Herbots L, Timmermans P, Dendale P, Verwerf J. Assessment of Venous Congestion Using Vascular Ultrasound. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2023;16(3):426-31. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.12.028.
2. Salgado AA, Bernardo MPL, Netto FM. My Approach to Evaluate Systemic Venous Congestion: VExUS Protocol. *Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc*. 2024;37(2):e20240026. doi: 10.36660/abcimg.20240026.
3. Denault A, Vegas A, Royse C. Bedside Clinical and Ultrasound-Based Approaches to the Management of Hemodynamic Instability--Part I: Focus on the Clinical Approach: Continuing Professional Development. *Can J Anaesth*. 2014;61(9):843-64. doi: 10.1007/s12630-014-0203-0.
4. Denault AY, Beaubien-Souligny W, Elmi-Sarabi M, Eljaiek R, El-Hamamsy I, Lamarche Y, et al. Clinical Significance of Portal Hypertension Diagnosed with Bedside Ultrasound after Cardiac Surgery. *Anesth Analg*. 2017;124(4):1109-15. doi: 10.1213/ANE.0000000000001812.
5. Beaubien-Souligny W, Eljaiek R, Fortier A, Lamarche Y, Liszkowski M, Bouchard J, et al. The Association between Pulsatile Portal Flow and Acute Kidney Injury after Cardiac Surgery: A Retrospective Cohort Study. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018;32(4):1780-7. doi: 10.1053/j.jvca.2017.11.030.
6. Beaubien-Souligny W, Rola P, Haycock K, Bouchard J, Lamarche Y, Spiegel R, et al. Quantifying Systemic Congestion with Point-Of-Care Ultrasound: Development of the Venous Excess Ultrasound Grading System. *Ultrasound J*. 2020;12(1):16. doi: 10.1186/s13089-020-00163-w.
7. Saadi MP, Silvano GP, Machado GP, Almeida RF, Scolari FL, Biolo A, et al. Modified Venous Excess Ultrasound: A Dynamic Tool to Predict Mortality in Acute Decompensated Heart Failure. *J Am Soc Echocardiogr*. 2025;38(12):1129-41. doi: 10.1016/j.echo.2025.08.011.
8. Lozano-Jiménez S, Sebastian CG, Martín PV, Magallón BG, Centellas AM, Castro D, et al. Prevalence and Prognostic Impact of Subclinical Venous Congestion in Patients Hospitalized for Acute Heart Failure. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2026;14(12):749-53. doi: 10.1093/ehjacc/zuaf097.
9. Waldron NH, Pandompatam G, Sareyyupoglu B, Kalagara H. Transesophageal Echocardiographic Acquisition of the Venous Excess Ultrasound Exam-a Case Series and Technical Description. *Can J Anaesth*. 2024;71(3):422-30. doi: 10.1007/s12630-023-02688-9.
10. Martin KC, Gill EA, Douglas IJ, Longino AA. Evaluation of a Modified Venous Excess Ultrasound (VExUS) Protocol for Estimation of Venous Congestion: A Cohort Study. *Ultrasound J*. 2025;17(1):7. doi: 10.1186/s13089-025-00411-x.
11. Seo Y, Iida N, Yamamoto M, Machino-Ohtsuka T, Ishizu T, Aonuma K. Estimation of Central Venous Pressure Using the Ratio of Short to Long Diameter from Cross-Sectional Images of the Inferior Vena Cava. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(5):461-7. doi: 10.1016/j.echo.2016.12.002.
12. Alday-Ramírez SM, Leal-Villarreal MAJ, Gómez-Rodríguez C, Abu-Naeima E, Solis-Huerta F, Gamba G, et al. Portal vein Doppler Tracks Volume Status in Patients with Severe Tricuspid Regurgitation: A Proof-of-Concept Study. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care*. 2024;13(7):570-4. doi: 10.1093/ehjacc/zuae057.
13. Rola P, Kattan E, Siuba MT, Haycock K, Crager S, Spiegel R, et al. Point of View: A Holistic Four-Interface Conceptual Model for Personalizing Shock Resuscitation. *J Pers Med*. 2025;15(5):207. doi: 10.3390/jpm15050207.



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

Implante de Stent Pós-Dilatável em Coartação da Aorta por Acesso Carotídeo em Recém-Nascido com Anomalia de Ebstein: Relato de Caso

Implantation of a Post-Dilatable Stent in Aortic Coarctation Via Carotid Access in a Newborn With Ebstein's Anomaly: Case Report

Jonathan Guimarães Lombardi,¹ Paulo Correia Calamita,¹ Orlando Carlos Barbosa,¹ Mayra Rosana Palmeira Barreto,^{1,2} Giuliano Gardenghi^{3,4}

Hospital Estadual de Urgências Governador Otávio Lage de Siqueira (HUGOL),¹ Goiânia, GO – Brasil

CRD Medicina Diagnóstica,² Goiânia, GO – Brasil

Hospital Encore,³ Aparecida de Goiânia, GO – Brasil

Clínica de Anestesia de Goiânia,⁴ Goiânia, GO – Brasil

Introdução

A anomalia de Ebstein é uma cardiopatia congênita complexa que ocorre em um a cada 200 000 nascidos vivos. Sua associação com lesões obstrutivas do lado esquerdo é condição rara¹ e de difícil manejo clínico e cirúrgico. Neste relato de caso, apresentamos um paciente recém-nascido com anomalia de Ebstein associada à estenose supra valvar mitral e coartação da aorta (CoA), que foi submetido a cateterismo cardíaco para implante de *stent* pós-dilatável no istmo aórtico por via carotídea.

Relato de caso

Recém-nascido prematuro (35 6/7 semanas de idade gestacional) foi admitido no serviço com cinco dias de vida em uso de prostaglandina.

Ecocardiograma evidenciou anomalia de Ebstein, dilatação acentuada de Átrio Direito (AD), Forame Oval Pérvio (FOP) com fluxo bidirecional, Via de Saída do Ventrículo Direito (VSVD) com baixo fluxo anterógrado, Valva Mitral (VM) com membrana supra valvar com gradiente médio de 6,6 mmHg, Ventrículo Esquerdo (VE) com disfunção moderada a importante, valva aórtica tricúspide com abertura bicúspide, CoA e canal arterial pérvio (Figura 1).

Angiotomografia demonstrou CoA, canal arterial patente e cavidade livre do Ventrículo Direito (VD) reduzida (Figura 2).

Paciente apresentou insuficiência cardíaca, sinais de baixo débito sistêmico, enterocolite e necessitou de antibioticoterapia e infusão de drogas vasoativas.

Considerada a CoA a lesão mais importante e pelo risco

cirúrgico elevado, optado pelo tratamento percutâneo que ocorreu aos 28 dias de vida e 2,23 kg.

Procedimento intervencionista

Foi puncionada a artéria carótida direita sob auxílio de ultrassom, com posicionamento de introdutor transradial *slender* 5F. Administrou-se cefazolina endovenosa e heparina na dose de 100 UI/kg pelo introdutor. Foram realizadas cineangiografias.

Com o suporte de cateter diagnóstico JR 4F e fio-guia hidrofílico 0,035" de 150 cm, cruzou-se a coartação. Posicionou-se então fio-guia teflonado 0,035" *standard* ponta J de 260 cm na aorta descendente. Sob suporte do guia, o introdutor carotídeo foi trocado por introdutor femoral 7F.

Implantou-se *stent* PALMAZ GENESIS 1910, crimpado manualmente em cateter balão POWERFLEX 7x20 mm, no istmo aórtico. Cineangiografias de controle evidenciaram *stent* bem posicionado e adequadamente aposto às paredes da aorta, com melhora significativa do fluxo aórtico anterógrado e redução do shunt pelo canal arterial (Figura 3).

Após retirada do introdutor arterial, realizou-se compressão hemostática manual seguida de curativo oclusivo compressivo. A heparina foi revertida com protamina.

Paciente teve internação prolongada, com tempo de ventilação mecânica invasiva de 28 dias e recebeu alta hospitalar após 85 dias de internação. Realizou ultrassom doppler de artérias carótidas que não evidenciaram alteração. Hoje paciente segue estável e faz seguimento ambulatorial aguardando ganho de peso para próxima etapa cirúrgica.

Discussão

A CoA é uma malformação congênita caracterizada pelo estreitamento do istmo aórtico, com incidência de 1:1000 nascidos vivos. O tratamento da CoA evoluiu muito nas últimas décadas, seja cirúrgico² ou percutâneo.³

O implante de *stent* pós-dilatável até o diâmetro da aorta adulta em pacientes lactentes apresenta um desafio: o perfil do material é grande para a via de acesso tradicional, a artéria femoral, o que aumenta o risco de complicações vasculares graves. Em pacientes com CoA, as artérias carótidas possuem calibres consideravelmente maiores do que as artérias

Palavras-chave

Anomalia de Ebstein; Coartação Aórtica; Stents; Cateterismo Cardíaco; Recém-Nascido

Correspondência: Giuliano Gardenghi •

Hospital Encore. Rua Gurupi, Qd.25, Lt.06/08. CEP: 74905-350. Setor Vila

Brasília, Aparecida de Goiânia, GO – Brasil

E-mail: coordenacao.cientifica@ceafi.edu.br

Artigo recebido em 07/11/2025; revisado em 17/11/2025; aceito em 03/12/2025

Editor responsável pela revisão: Karen Saori Shiraiishi Sawamura

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250085>

Relato de Caso

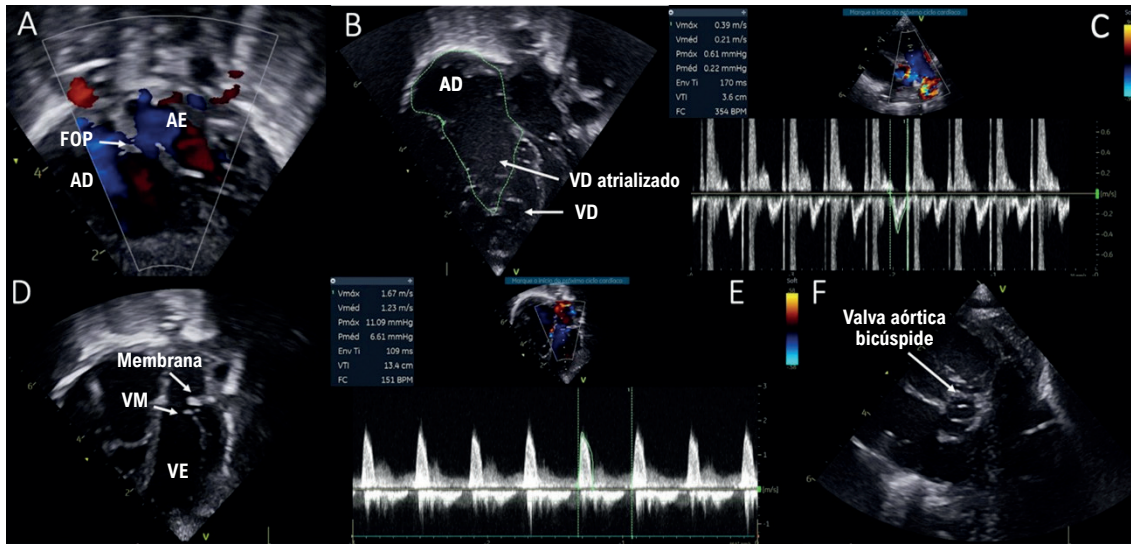


Figura 1 – Ecocardiograma Doppler transtorácico. A) Corte subcostal evidenciando forame oval patente com fluxo bidirecional. B) Dilatação do átrio direito, presença de porção atrializada do ventrículo direito e ventrículo direito funcional pequeno. C) Doppler no plano da via de saída do ventrículo direito evidenciando integral velocidade-tempo (VTI) baixa. D e E) Membrana supravalvar mitral com gradiente médio de 6,6 mmHg. F) Valva aórtica bicúspide. FOP: Forame Oval Patente. AD: Átrio Direito. AE: Átrio Esquerdo. VD: Ventrículo Direito. VM: Valva Mitral. VE: Ventrículo Esquerdo.

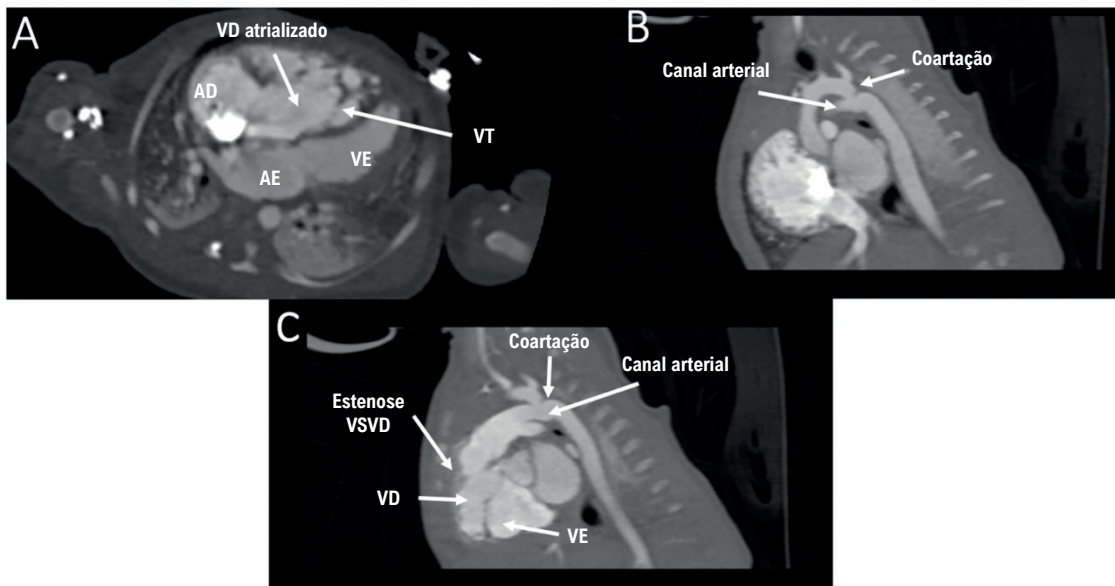


Figura 2 – Angiotomografia da aorta. A) Corte transversal evidenciando porção atrializada do ventrículo direito e valva tricúspide com deslocamento apical dos folhetos. B) Corte sagital demonstrando coarctação da aorta. C) Via de saída do ventrículo direito com estenose, canal arterial amplo e coarctação da aorta. VT: Valva Tricúspide; VSVD: Via de Saída do Ventrículo Direito.

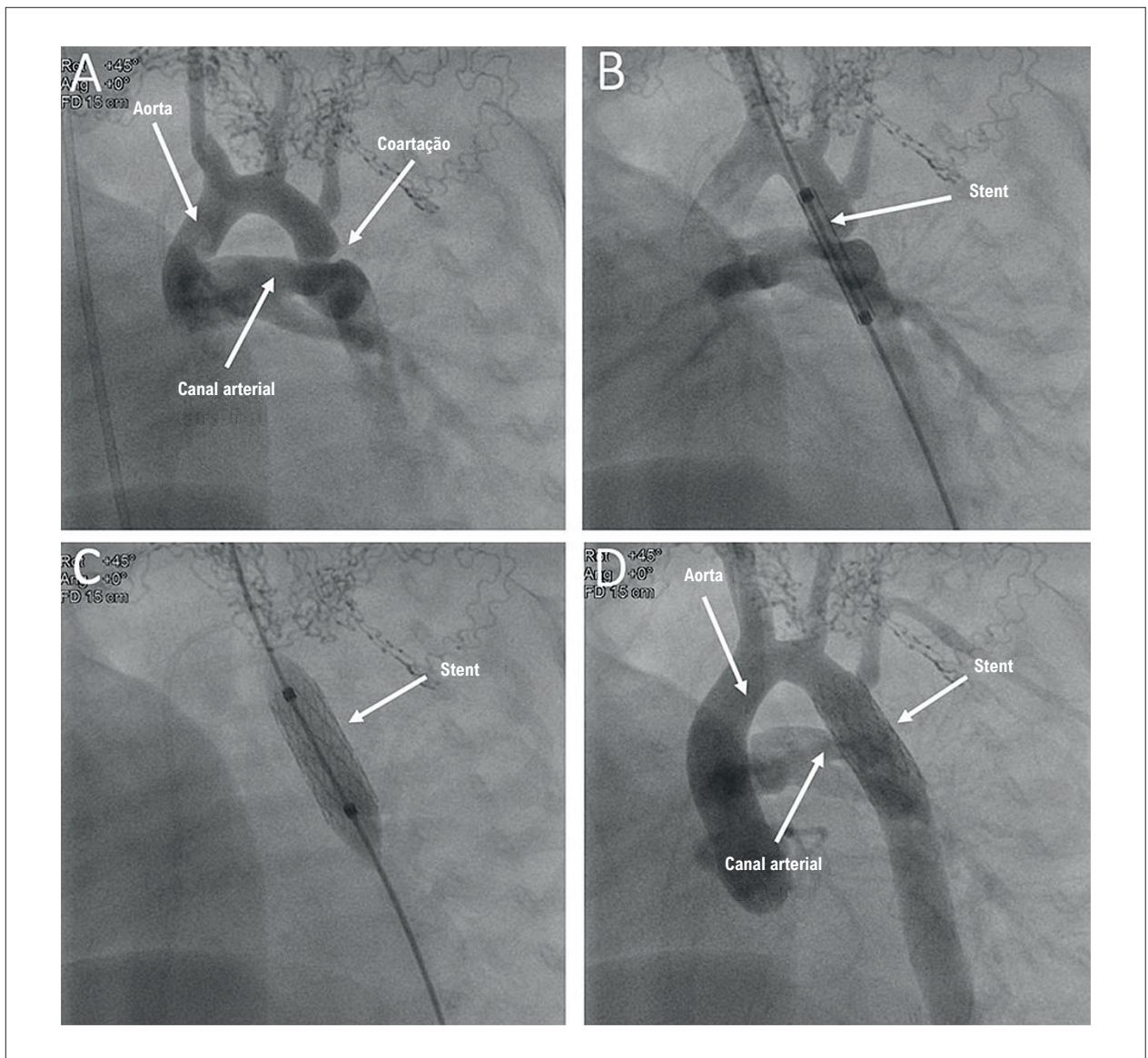


Figura 3 – Cateterismo cardíaco. A) Coarctação da aorta e canal arterial amplo. B) Stent PALMAZ GENESIS 1910 crimpado sobre cateter balão POWERFLEX 7x20mm sendo posicionado no istmo aórtico. C) Stent sendo implantado no istmo aórtico. D) Stent implantado no istmo aórtico com melhora importante do fluxo do arco aórtico para aorta descendente e diminuição do fluxo efetivo pelo canal arterial pela malha lateral do stent.

femorais. Assim, o acesso carotídeo configura uma alternativa viável para o cateterismo, podendo ser realizado por dissecação cirúrgica ou por punção segura.⁴

A taxa de complicações da parede aórtica em pacientes submetidos à aortoplastia com balão é maior do que naqueles tratados cirurgicamente ou com implante de stent. Por outro lado, o tempo de hospitalização e a incidência de complicações agudas são menores nos pacientes tratados com implante de stent em comparação aos submetidos à cirurgia.⁵

A literatura sobre o tratamento da CoA em pacientes lactentes com implante de stent é escassa, sendo esta abordagem geralmente reservada para pacientes com alto

risco cirúrgico, nos quais o implante de stent não pós-dilatável é mais frequente.

No caso descrito, o tratamento percutâneo por punção carotídea e implante de stent pós-dilatável na coarctação apresenta a vantagem da terapia com stent sem a desvantagem de não acompanhar o crescimento somático do paciente, uma vez que este dispositivo pode ser pós-dilatado até o diâmetro da aorta adulta com cateter balão em dois ou três procedimentos hemodinâmicos adicionais ao longo dos anos.⁶

A ausência de complicações vasculares na artéria carótida, avaliada por ultrassom Doppler, e a evolução clínica favorável do paciente demonstram a eficácia e a segurança, pelo menos em curto prazo, desse procedimento.

Relato de Caso

Conclusão

No caso relatado, o tratamento percutâneo da CoA em recém-nascido foi escolhido devido à associação de defeitos cardíacos e ao estado clínico do paciente. Consideramos que a opção de tratar a coarctação em lactentes com implante de *stent* pós-dilatável até o diâmetro da aorta adulta reúne os benefícios da aortoplastia com *stent* – menor índice de complicações agudas e menor tempo de internação hospitalar em comparação ao tratamento cirúrgico – somados à possibilidade de adequar o tamanho do *stent* ao crescimento somático do paciente.

Este relato de caso demonstra a eficácia e a segurança, pelo menos em curto prazo, desse procedimento. Contudo, novos estudos são necessários para confirmar a segurança e a eficácia dessa técnica em médio e longo prazo.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa e redação do manuscrito: Lombardi JG, Gardenghi G; obtenção de dados: Lombardi JG, Calamita PC, Barbosa OC, Barreto MRP, Gardenghi G; análise e interpretação dos dados: Lombardi JG, Calamita PC, Barbosa OC; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Calamita PC, Barbosa OC, Barreto MRP, Gardenghi G.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Referências

1. Jost CHA, Connolly HM, O'Leary PW, Warnes CA, Tajik AJ, Seward JB. Left Heart Lesions in Patients with Ebstein Anomaly. *Mayo Clin Proc.* 2005;80(3):361-8. doi: 10.4065/80.3.361.
2. Vitullo DA, DeLeon SY, Graham LC, Eidem BW, Roughneen PT, Javorski JJ, et al. Extended End-to-End Repair and Enlargement of the Entire Arch in Complex Coarctation. *Ann Thorac Surg.* 1999;67(2):528-31. doi: 10.1016/s0003-4975(98)01254-5.
3. O'Laughlin MP, Slack MC, Grifka RG, Perry SB, Lock JE, Mullins CE. Implantation and Intermediate-Term Follow-Up of Stents in Congenital Heart Disease. *Circulation.* 1993;88(2):605-14. doi: 10.1161/01.cir.88.2.605.
4. Justino H, Petit CJ. Percutaneous Common Carotid Artery Access for Pediatric Interventional Cardiac Catheterization. *Circ Cardiovasc Interv.* 2016;9(4):e003003. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.003003.
5. Forbes TJ, Kim DW, Du W, Turner DR, Holzer R, Amin Z, et al. Comparison of Surgical, Stent, and Balloon Angioplasty Treatment of Native Coarctation of the Aorta: An Observational Study by the CCISC (Congenital Cardiovascular Interventional Study Consortium). *J Am Coll Cardiol.* 2011;58(25):2664-74. doi: 10.1016/j.jacc.2011.08.053.
6. Boe BA, Armstrong AK, Janse SA, Loccoh EC, Stockmaster K, Holzer RJ, et al. Percutaneous Implantation of Adult Sized Stents for Coarctation of the Aorta in Children ≤ 20 kg: A 12-Year Experience. *Circ Cardiovasc Interv.* 2021;14(2):e009399. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.120.009399.

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 CEP do Hospital de Urgências de Goiás sob o número de protocolo 85497418.2.0000.0033. 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 dados não podem ser disponibilizados publicamente devido a questões legais referentes à Lei Geral de Proteção de Dados do Brasil, pois poderiam permitir a identificação do paciente do caso em questão.



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

Repercussão Hemodinâmica da Cardiomiopatia Hipertrófica em Repouso e Durante o Esforço em Bicicleta Supina: Valor Adicional da Avaliação Pós-Prandial

Hemodynamic Impact of Hypertrophic Cardiomyopathy at Rest and During Supine Bicycle Exercise: Additional Value of Postprandial Assessment

Marília Esther Benevides Abreu,¹ Tereza Cristina Pinheiro Diógenes,¹ Isadora Sucupira Machado Chagas,¹ Humberto Mororó Xerex,¹ José Sebastião De Abreu¹

Clinicárdio Métodos Diagnósticos,¹ Fortaleza, CE – Brasil

Resumo

Paciente com cardiomiopatia hipertrófica (CMH) grave e sintomática, sem gradiente expressivo na via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) em repouso, requer avaliação adicional. Durante o ecocardiograma sob esforço (EE) em bicicleta supina, uma obstrução dinâmica subestimada ou latente pode ser identificada em tempo real, sendo particularmente relevante a avaliação em condição pós-prandial.

Relato do caso

Paciente do sexo feminino, 42 anos, com atendimentos prévios em serviço de emergência por desconforto precordial irradiado para dorso e sensação de desfalecimento. Em um desses episódios, observou-se elevação de troponina. Posteriormente, foi submetida à angiotomografia, que demonstrou artérias coronárias epicárdicas normais (Figura 1).

Apresentava cardiomiopatia hipertrófica (CMH) com espessura diastólica septal de 34 mm. O movimento anterior sistólico (MAS) da valva mitral estava ausente em repouso e em condição de jejum. Observou-se ventrículo esquerdo hiperdinâmico, fração de ejeção de 69% e *strain* global longitudinal de -13%. Os volumes atriais eram normais e as valvas competentes (Figura 1).

Em uso de propranolol, a paciente foi submetida ao ecocardiograma sob esforço (EE) em bicicleta na posição supina, método que permite a avaliação contínua da contratilidade miocárdica e das modificações do gradiente na via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) ao longo de todo o procedimento (Figura 2). O primeiro exame foi realizado pela manhã, em jejum. Em seguida, foi orientada a realizar almoço com 1000-1500 kcal, predominantemente composto

por carboidratos. No mesmo dia, cerca de 30 min após a refeição, retornou para a realização de novo EE.

A carga inicial foi de 25 W, com incrementos de 25 W a cada 2 min. O exame foi interrompido com 75 W devido à exaustão e fadiga. A frequência cardíaca variou de 56 a 120 bpm, sem ocorrência de dor torácica, hipotensão ou arritmias (Tabela 1). Não havia sopro audível em repouso; entretanto, durante o EE, surgiu sopro sistólico ++/4 no bordo esternal esquerdo. Observou-se que os maiores gradientes na VSVE ocorreram na fase de recuperação, com frequência cardíaca inferior a 100 bpm.

Em jejum, o gradiente na VSVE foi de 8 mmHg em repouso, sem MAS. Durante o esforço em jejum, o gradiente atingiu 36 mmHg. Em condição pós-prandial, o MAS passou a ser identificado já em repouso, com gradiente basal de 16 mmHg e gradiente de 48 mmHg durante o esforço (Figura 3).

Discussão

A CMH apresenta prevalência estimada de 1:200-1:500 na população, porém apenas uma parcela menor dos casos (10%-20%) é diagnosticada clinicamente. A apresentação clínica reflete variações de pré-carga e pós-carga, que influenciam a obstrução dinâmica e a sintomatologia. Manobras fisiológicas podem intensificar a obstrução dinâmica e o sopro cardíaco; contudo, a condição pós-prandial pode provocar acentuação relevante do gradiente na VSVE, tanto em repouso quanto durante o esforço, mesmo quando manobras adicionais não demonstram efeito significativo.¹⁻³

A repercussão hemodinâmica da CMH obstrutiva pode variar substancialmente em um mesmo paciente, mesmo sob tratamento farmacológico. A identificação de maior repercussão pode indicar necessidade de otimização terapêutica medicamentosa ou consideração de estratégias adicionais, como miomectomia septal, ablação septal (alcoólização ou radiofrequência) ou implante de marcapasso.⁴

Nos estudos que avaliam CMH durante o esforço, são frequentemente utilizados testes em esteira ou bicicleta na posição vertical, com mensuração do gradiente na VSVE após a interrupção do exercício. No presente caso, utilizou-se bicicleta supina, permitindo avaliação contínua da dinâmica cardíaca e mensuração do gradiente em tempo real, sem interrupção do exame.

Em parcela significativa dos pacientes com CMH, o gradiente pode ser exacerbado em condição pós-prandial.

Palavras-chave

Cardiomiopatia Hipertrófica; Teste Ergométrico; Exercício Físico; Pós-prandial

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
Manuscrito recebido em 21/06/2025; revisado em 28/01/2026;
aprovado em 02/02/2026
Editor responsável pela revisão: Andrea Vilela

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250049>

Relato de Caso

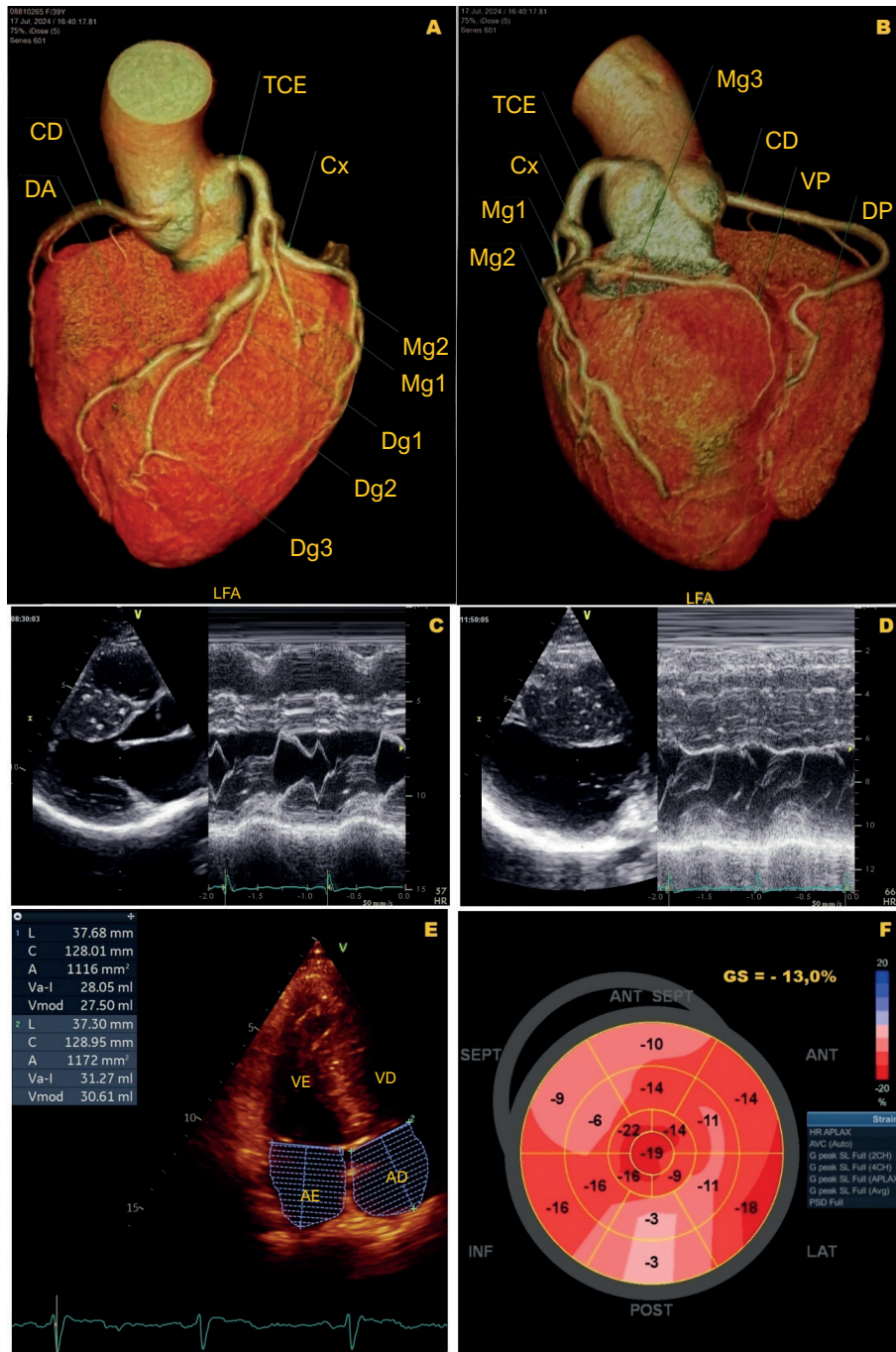


Figura 1 – Caracterização estrutural e funcional na cardiomiopatia hipertrófica: angiogramia coronariana e avaliação ecocardiográfica multimodal. A) Angiotomografia coronariana – reconstrução tridimensional evidenciando TCE e seus ramos (vista anterior); B) angiotomografia coronariana – reconstrução tridimensional evidenciando coronárias epicárdicas e ramos (vista complementar); C) ecocardiografia transtorácica em modo bidimensional e modo M demonstrando morfologia e espessamento miocárdico; D) ecocardiografia transtorácica em modo bidimensional e modo M com avaliação adicional da dinâmica ventricular; E) ecocardiografia com quantificação volumétrica atrial (método biplanar); F) análise de GS do VE (mapa polar/bull's-eye). AD: átrio direito; AE: átrio esquerdo; CD: coronária direita; Cx: artéria circunflexa; DA: artéria descendente anterior; Dg1: primeiro ramo diagonal; Dg2: segundo ramo diagonal; Dg3: terceiro ramo diagonal; DP: artéria descendente posterior; GS: strain longitudinal global; Mg1: primeiro ramo marginal (marginal obtuso); Mg2: segundo ramo marginal (marginal obtuso); Mg3: terceiro ramo marginal (marginal obtuso); TCE: tronco da coronária esquerda; VD: ventrículo direito; VE: ventrículo esquerdo; VP: ramo ventricular posterior.

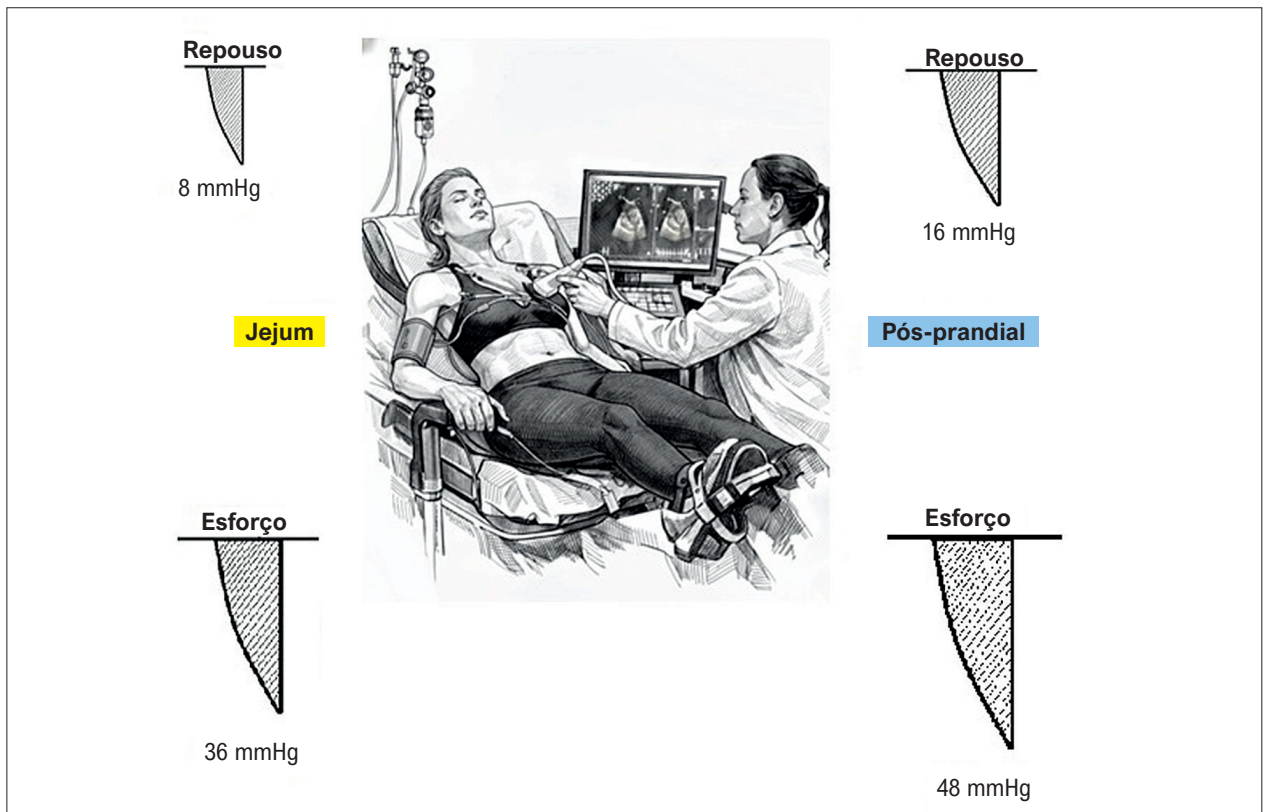


Figura 2 – Repercussão Hemodinâmica da Cardiomiopatia Hipertrófica em Repouso e Durante o Esforço em Bicicleta Supina: Valor Adicional da Avaliação Pós-Prandial

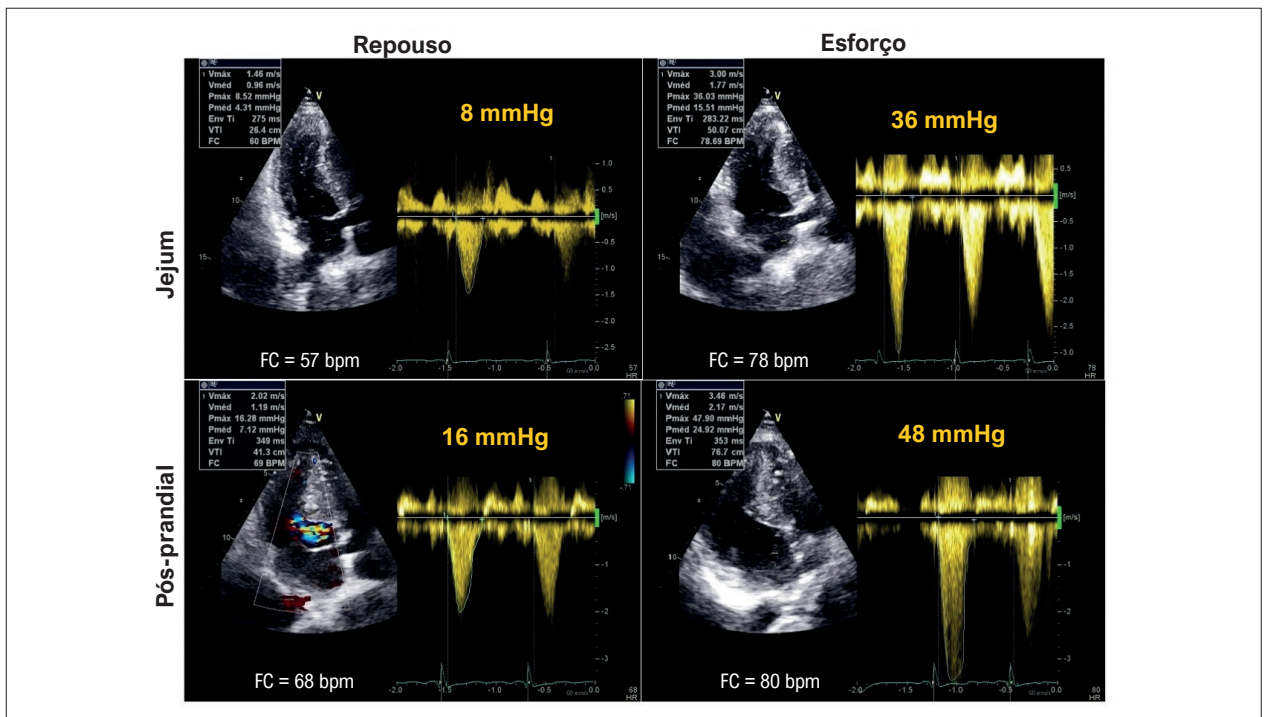


Figura 3 – Variação do gradiente na via de saída do ventrículo esquerdo em jejum e pós-prandial durante repouso e esforço. FC: frequência cardíaca.

Relato de Caso

Tabela 1 – Parâmetros hemodinâmicos

Variáveis	Repouso	Esforço (75 W)	Recuperação
Pressão arterial – jejum	100 × 80 mmHg	150 × 90 mmHg	120 × 80 mmHg
Pressão arterial – pós-prandial	100 × 70 mmHg	160 × 100 mmHg	100 × 80 mmHg
Frequência cardíaca – jejum	57 bpm	123 bpm	78 bpm
Frequência cardíaca – pós-prandial	68 bpm	120 bpm	80 bpm

Entre 30-60 min após a refeição, pode ocorrer redução da resistência vascular sistêmica, principalmente por vasodilatação arterial mesentérica, além de diminuição do retorno venoso e da pré-carga. A subsequente estimulação adrenérgica favorece aumento do inotropismo e do cronotropismo. Essas interações hemodinâmicas podem intensificar um gradiente previamente existente ou revelar gradiente latente na VSVE.^{3,5}

Estudos que avaliam o gradiente na VSVE em pacientes com CMH durante o esforço em condição pós-prandial geralmente incluem comparação com avaliação em jejum para demonstrar possíveis diferenças. Não há padronização quanto ao tipo de refeição. Recomenda-se, de modo geral, ingestão moderada (1000-1500 kcal). A composição ideal permanece controversa, embora refeições ricas em carboidratos sejam frequentemente utilizadas.^{3,5,6}

Nos casos de CMH com aumento do gradiente na VSVE em condição pós-prandial, a terapêutica medicamentosa pode ser iniciada ou ajustada. Recomenda-se orientar o paciente a realizar refeições mais frequentes e em menores volumes, além de manter adequada hidratação.^{7,8}

Conclusão

Na avaliação da gravidade da CMH, a análise em condição pós-prandial é relevante tanto no exame em repouso quanto durante o esforço, contribuindo para a otimização terapêutica e para a orientação de mudanças de hábitos.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Abreu MEB, Abreu JS; obtenção de dados: Abreu MEB; análise e interpretação dos dados: Abreu MEB, Diógenes TCP, Abreu JS; redação do manuscrito: Machado IS, Abreu JS; revisão crítica do

manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Xerex HM, Abreu JS.

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(a) Universidade Estadual do Ceará sob o número de protocolo 70990923.6.0000.5534. 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. Ommen SR, Mital S, Burke MA, Day SM, Deswal A, Elliott PJ, et al. 2020 AHA/ACC Guideline for the Diagnosis and Treatment of Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy: Executive Summary: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(25):3022-55. doi: 10.1016/j.jacc.2020.08.044.
2. Maron BJ, Desai MY, Nishimura RA, Spirito P, Rakowski H, Towbin JA, et al. Diagnosis and Evaluation of Hypertrophic Cardiomyopathy: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(4):372-89. doi: 10.1016/j.jacc.2021.12.002.
3. Massera D, Long C, Xia Y, James L, Adlstein E, Alvarez IC, et al. Unmasking Obstruction in Hypertrophic Cardiomyopathy with Postprandial Resting and Treadmill Stress Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2024;37(10):971-80. doi: 10.1016/j.echo.2024.06.011.

4. Valdigem BP, Correia EB, Moreira DAR, Bihan DL, Pinto IMF, Abizaid AAC, et al. Septal Ablation with Radiofrequency Catheters Guided by Echocardiography for Treatment of Patients with Obstructive Hypertrophic Cardiomyopathy: Initial Experience. *Arq Bras Cardiol.* 2022;118(5):861-72. doi: 10.36660/abc.20200732.
5. La Canna G, Scarfò I, Arendar I, Alati E, Caso I, Alfieri O. Phenotyping Left Ventricular Obstruction with Postprandial Re-Test Echocardiography in Hypertrophic Cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 2020;125(11):1688-93. doi: 10.1016/j.amjcard.2020.03.004.
6. Feiner E, Arabadjian M, Winson G, Kim B, Chaudhry F, Sherrid MV. Post-Prandial Upright Exercise Echocardiography in Hypertrophic Cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61(24):2487-88. doi: 10.1016/j.jacc.2013.02.079.
7. Gilligan DM, Nihoyannopoulos P, Fletcher A, Sbarouni E, Dritsas A, Oakley CM. Symptoms of Hypertrophic Cardiomyopathy, with Special Emphasis on Syncope and Postprandial Exacerbation of Symptoms. *Clin Cardiol.* 1996;19(5):371-8. doi: 10.1002/clc.4960190509.
8. Kansal MM, Mookadam F, Tajik AJ. Drink More, and Eat Less: Advice in Obstructive Hypertrophic Cardiomyopathy. *Am J Cardiol.* 2010;106(9):1313-6. doi: 10.1016/j.amjcard.2010.06.061.



Aneurisma da Porção Supra-Hepática da Veia Cava Inferior: Relato de Caso

Aneurysm of the Suprahepatic Inferior Vena Cava: A Case Report

Gabriella Ghattas Mariano,¹  Calina Araujo Thaines,¹  Gabrielle Silva Desani,¹  Letícia de Castro Gouvêa,¹ 
Paulo Vítor Cabral Covilo,¹  Rogério de Paula Garcia Caravante¹ 

Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium,¹ Araçatuba, SP – Brasil

Introdução

Os aneurismas da veia cava inferior (VCI) constituem achados raros no sistema cardiovascular e podem manifestar-se com sinais e sintomas variados. Em muitos casos, os pacientes permanecem assintomáticos, o que contribui para a dificuldade no estabelecimento do diagnóstico.¹ Aneurismas venosos são definidos como uma dilatação anormal e persistente de uma veia em uma região focal, apresentando diâmetro pelo menos duas vezes maior que o considerado normal. Nesse contexto, o aneurisma da VCI representa uma forma específica de aneurisma venoso.² A relevância do presente relato de caso é evidenciada pela raridade dessa condição, visto que, até 2021, aproximadamente 70 casos haviam sido descritos na literatura.³

Essa condição pode surgir em decorrência de fragilidade na parede do vaso, podendo ser desencadeada por diferentes fatores, como hipertensão, traumas, infecções ou condições genéticas. Além desses fatores, tabagismo, aterosclerose e doença pulmonar obstrutiva crônica também são considerados fatores de risco para o desenvolvimento de aneurismas. Embora possam ocorrer em diferentes regiões do corpo, os locais mais frequentemente acometidos são as artérias cerebrais, a aorta e as artérias periféricas.⁴

As manifestações clínicas associadas aos aneurismas variam de acordo com o tamanho, a localização e a estabilidade da dilatação vascular, podendo inclusive permanecer assintomáticas. Entretanto, em situações mais graves, pode ocorrer ruptura do vaso acometido, resultando em hemorragias, embolias ou trombose, eventos que podem evoluir para desfechos fatais.⁵ Entre os pacientes sintomáticos com aneurisma de VCI, os achados clínicos mais frequentemente descritos incluem dor abdominal, edema de membros inferiores (MMII) e dispneia. As complicações associadas podem incluir trombose da veia cava, trombose venosa profunda (TVP) e embolia pulmonar, condições que representam risco significativo à vida dos pacientes.⁶

O objetivo deste estudo é relatar um caso de aneurisma de VCI diagnosticado em consultório particular na cidade de Araçatuba, estado de São Paulo, Brasil, classificado como Tipo I por localizar-se na porção supra-hepática do vaso.⁷ Destacam-se a apresentação clínica, caracterizada por manifestações inespecíficas, bem como o processo diagnóstico e a estratégia de acompanhamento adotada.

Relato de caso

Paciente do sexo feminino, 75 anos, branca, procurou atendimento com médico pneumologista após apresentar dor difusa na região dorsal associada a tosse. Diante da suspeita inicial de quadro respiratório, foi solicitada tomografia computadorizada (TC) de tórax com contraste, na qual se identificou, incidentalmente, uma formação protuberante de aspecto sacular no quadrante superior do abdome.

O exame de imagem evidenciou a presença de aneurisma da VCI em localização supra-hepática, classificado como Tipo I segundo a classificação de Gradman e Steinberg,⁷ adjacente ao átrio direito, sem evidências de obstrução venosa, medindo 4,2 cm em seu maior diâmetro. Observou-se, ainda, área cardíaca de dimensões normais e vasos mediastinais centrados, sem outras alterações relevantes. Esses achados estão ilustrados nas Figuras 1 e 2.

De acordo com o histórico clínico, a paciente apresenta estilo de vida saudável, com prática regular de atividade física e alimentação equilibrada, negando etilismo e tabagismo. Foi recentemente diagnosticada com diabetes mellitus tipo 2, encontrando-se em tratamento. Relata antecedentes de crises convulsivas na infância e dois partos vaginais na segunda década de vida. O histórico cirúrgico inclui apendicectomia, hiatoplastia gastroesofágica, colecistectomia, histerectomia, ooforectomia, artroplastia e curetagem uterina após episódio de gravidez ectópica. Além disso, refere episódios recorrentes de desconforto associados a palpitações ao longo da vida.

Após o achado incidental, a paciente foi encaminhada para avaliação cardiológica e, posteriormente, para consulta com cirurgião cardiovascular, a fim de realizar investigação mais detalhada. No momento da avaliação especializada, encontrava-se oligossintomática, apresentando apenas dor dorsal persistente, que se intensificava com o movimento e apresentava melhora com o repouso. Ao exame físico, observou-se discreta proeminência abdominal, sem dor à palpação, achado compatível com os resultados do exame de imagem previamente realizado.

Durante o acompanhamento, a paciente apresentou melhora significativa da dor após tratamento sintomático e permanece em seguimento clínico conservador, em virtude da

Palavras-chave

Aneurisma; Veia Cava Inferior; Doenças Cardiovasculares; Relatos de Casos.

Correspondência: Rogério de Paula Garcia Caravante •
Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium. Rodovia Teotonio Vilela,
3821. CEP: 16016-500. Araçatuba, SP – Brasil

E-mail: rpgcaravante2011@gmail.com

Manuscrito recebido em 04/08/2025; revisado em 29/10/2025; aprovado em 25/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Tiago Magalhães

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250055>

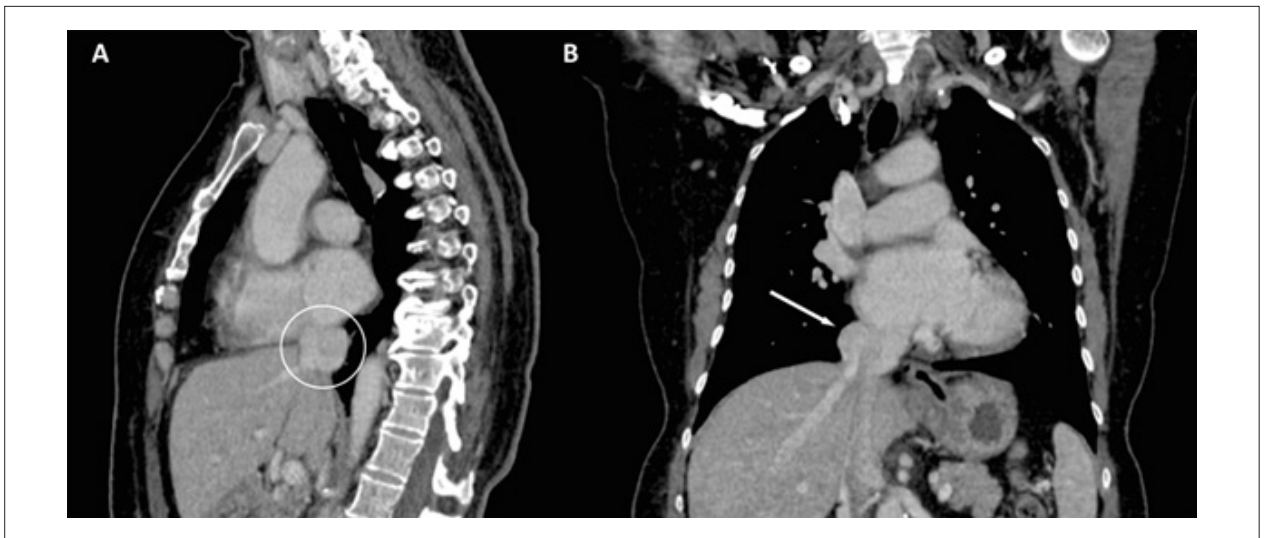


Figura 1 – TC de tórax. A) TC de tórax com administração de contraste intravenoso, em corte sagital, evidenciando aneurisma da VCI (círculo branco); B) TC de tórax com administração de contraste intravenoso, em corte coronal, demonstrando aneurisma supra-hepático da VCI adjacente ao átrio direito (seta branca). TC: tomografia computadorizada; VCI: veia cava inferior.



Figura 2 – Tomografia computadorizada de tórax com administração de contraste intravenoso, em corte axial, evidenciando aneurisma da veia cava inferior com 42,24 mm de maior diâmetro e 31,58 mm de menor diâmetro (linhas brancas).

Relato de Caso

estabilidade do quadro. Atualmente, realiza acompanhamento periódico com cirurgião cardiovascular, com consultas semestrais e exames de imagem seriados, com o objetivo de monitorar possíveis alterações nas dimensões ou características do aneurisma da VCI.

Discussão

De acordo com a classificação proposta para os aneurismas da VCI, existem quatro formas de apresentação (Figura 3). O Tipo I corresponde ao aneurisma localizado na porção supra-hepática da VCI, sem obstrução venosa. O Tipo II está associado à interrupção da VCI. O Tipo III refere-se ao aneurisma localizado na porção infrarrenal da VCI. Por fim, o Tipo IV corresponde ao aneurisma envolvendo a veia ilíaca, associado à presença de VCI à esquerda.⁷ Com base nessa classificação, o caso apresentado foi caracterizado como aneurisma da VCI do Tipo I, em razão de sua localização supra-hepática.

No presente relato, a paciente, do sexo feminino, possui 75 anos e manteve-se oligossintomática ao longo de sua história clínica. Estudos prévios descrevem que a maioria dos pacientes diagnosticados com aneurisma de VCI é do sexo masculino, com idade média de 63,5 anos entre os casos classificados como Tipo I, sendo grande parte deles assintomática.⁶ Esses dados demonstram que pode haver variação no perfil epidemiológico dos indivíduos acometidos por essa condição.

Neste caso, o diagnóstico de aneurisma de VCI foi estabelecido após a realização de TC de tórax. Para a identificação dessa condição, os exames de imagem constituem o principal método diagnóstico, destacando-se a TC, a angiressonância magnética e a venografia, pois permitem a avaliação detalhada da morfologia e das características do aneurisma venoso.⁸ No caso relatado, a TC possibilitou a visualização precisa da localização, do formato e das dimensões da lesão.

Entre as principais complicações associadas ao aneurisma da VCI destacam-se ruptura, TVP, embolia pulmonar e síndrome da VCI. A ruptura ocorre com maior frequência nos aneurismas classificados como Tipos II e III, podendo manifestar-se com dor abdominal intensa, dor dorsal e edema de MMII, levando a quadros clínicos mais graves.⁹ Considerando a classificação do aneurisma descrito neste relato, do Tipo I, bem como a história clínica da paciente, não foram observadas complicações até o momento.

A literatura descreve como manifestações clínicas mais comuns em pacientes com aneurisma de VCI dor abdominal, dispnéia, dor de costas, edema de MMII e sensação de peso nos MMII. Entretanto, nos aneurismas classificados como Tipo I, os casos assintomáticos ou oligossintomáticos são mais frequentes.⁶ Em concordância com esses achados, a paciente deste relato apresentou como principal manifestação clínica a dor de costas, que pode estar relacionada ao aneurisma identificado.

O tratamento adotado neste caso foi conservador, com acompanhamento clínico periódico por meio de exame físico e exames de imagem, incluindo TC realizada a cada 6 meses. Essa conduta está em concordância com o algoritmo terapêutico proposto por Montero-Baker et al.,⁵ que recomenda manejo conservador com monitoramento regular para aneurismas da VCI classificados como Tipo I. Para os Tipos II, III e IV a literatura frequentemente indica intervenção cirúrgica,

como embolização ou ressecção, em razão do maior risco de complicações.⁵

Conclusão

Devido à escassez de estudos sobre o tema, as particularidades descritas neste caso podem contribuir para aprimorar o diagnóstico e a conduta em pacientes que apresentem quadro clínico e sintomatologia semelhantes. Por se tratar de uma alteração cardiovascular com possíveis repercussões sistêmicas e, frequentemente, sem manifestações clínicas evidentes, o aneurisma da VCI pode evoluir de forma silenciosa. Nesse contexto, a identificação precoce é fundamental para o adequado manejo clínico e acompanhamento do paciente.

Agradecimentos

Agradecemos a todos que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste relato de caso.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados e redação do manuscrito: Mariano GG, Thaines CA, Desani GS, Gouvêa LCC, Covilo PV, Caravante RPG; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Caravante RPG.

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(a) Missão Salesiana De Mato Grosso sob o número de protocolo 7.053.378 (CAAE 79880624.0.0000.5379). 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.

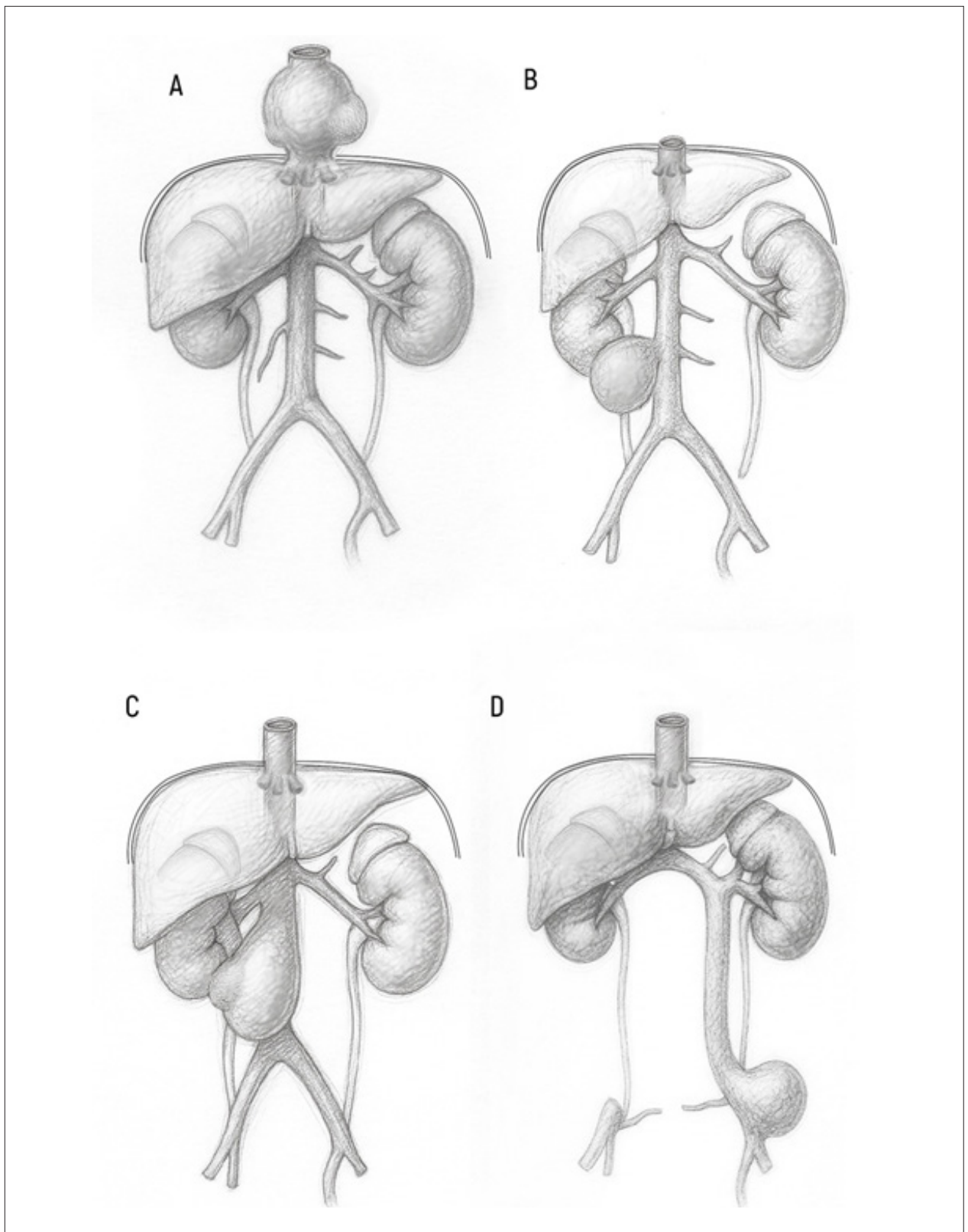


Figura 3 – Representação esquemática dos quatro tipos de aneurisma da VCI. A) Tipo I: aneurisma localizado na porção supra-hepática da VCI, sem obstrução do fluxo venoso; B) Tipo II: aneurisma infrarrenal associado à interrupção do segmento supra-hepático da VCI; C) Tipo III: dilatação aneurismática na região infrarrenal, sem obstrução; D) Tipo IV: aneurisma envolvendo a veia ilíaca, com posicionamento da VCI à esquerda. Imagem adaptada de Gradman e Steinberg.⁷ VCI: veia cava inferior.

Referências

1. Marsafi O, Ibenyahia A, Moussaoui A, Belmekia A, Wakrim S. Aneurysm of the Inferior Vena Cava: A Case Report. *Ann Cardiol Angeiol*. 2022;71(4):235-9. doi: 10.1016/j.ancard.2022.05.002.
2. Hai TD, Minh LN, Dung NT, Van Dung L, Tuong CT, Van Phuoc L. Large Intra-Abdominal Venous Malformations in Associated with Inferior Vena Cava Aneurysm. *Radiol Case Rep*. 2023;18(5):1733-7. doi: 10.1016/j.radcr.2023.01.085.
3. Chang H, Bae J, Chung TN. A Unique Case of Inferior Vena Cava Aneurysm Complicated with Pulmonary Embolism and Cerebral Infarction. *J Cardiovasc Dev Dis*. 2021;8(11):147. doi: 10.3390/jcdd8110147.
4. Brito CJ, Silva RM, Loureiro E. *Cirurgia Vascul: Cirurgia Endovascular e Angiologia*. 4th ed. Rio de Janeiro: Thieme; 2020.
5. Montero-Baker MF, Branco BC, Leon LL Jr, Labropoulos N, Echeverria A, Mills JL Sr. Management of Inferior Vena Cava Aneurysm. *J Cardiovasc Surg*. 2015;56(5):769-74.
6. Wang M, Wang H, Liao B, Peng G, Chang G. Treatment Strategies for Inferior Vena Cava Aneurysms. *J Vasc Surg Venous Lymphat Disord*. 2021;9(6):1588-96. doi: 10.1016/j.jvsv.2021.03.017.
7. Gradman WS, Steinberg F. Aneurysm of the Inferior Vena Cava: Case Report and Review of the Literature. *Ann Vasc Surg*. 1993;7(4):347-53. doi: 10.1007/BF02002888.
8. Duarte ML, Abreu BFBB, Silva AQPD, Prado JLMA, Silva MQPD. Idiopathic Inferior Vena Cava Aneurysm - Tomographic Diagnosis. *Rev Port Cardiol*. 2017;36(10):7812. doi: 10.1016/j.repc.2016.11.014.
9. Momeni M, Momeni F. Ruptured Inferior Vena Cava Aneurysm in the Setting of Mural Vascular Malformation: A Case Report. *J Clin Ultrasound*. 2019;47(7):423-5. doi: 10.1002/jcu.22708.



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

Coexistência de Conexão Venosa Pulmonar Anômala Parcial e Fístulas de Artéria Coronária: Um Relato de Caso Raro

Coexistence of Partial Anomalous Pulmonary Venous Connection and Coronary Artery Fistulas: A Rare Case Report

Mourad Haj Abdo,¹ Hussain Latsh,² Mathias Wagner,² George König,¹ Sebastian Barth¹

Department of Cardiology, RHÖN-KLINIKUM Campus Bad Neustadt,¹ Bad Neustadt an der Saale – Alemanha

Department of Radiology, RHÖN-KLINIKUM Campus Bad Neustadt,² Bad Neustadt an der Saale – Alemanha

Resumo

Fundamento

A dispneia é um sintoma clínico comum que frequentemente leva à internação hospitalar e está associada a significativa morbidade. Embora geralmente resulte de condições cardiopulmonares prevalentes, anomalias cardiovasculares congênitas raras também podem se manifestar com dispneia. A Conexão Venosa Pulmonar Anômala Parcial (PAPVC) e as Fístulas de Artéria Coronária (FACs) são malformações congênitas incomuns do sistema cardiovascular, cuja presença simultânea é extremamente rara. O reconhecimento precoce dessas anomalias é fundamental para evitar comprometimento hemodinâmico progressivo e orientar estratégias de manejo adequadas.

Apresentação do Caso

Apresentamos o caso de um homem de 55 anos que apresentou início agudo de dispneia com duração aproximada de duas horas. A avaliação clínica inicial e os exames de rotina – incluindo exame físico, ecocardiografia, eletrocardiografia e cateterismo cardíaco direito e esquerdo – levantaram suspeita de uma anomalia cardíaca subjacente, motivando investigação adicional. A subsequente Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) e a Tomografia Computadorizada Multidetector (TCMD) revelaram a presença de uma Conexão Venosa Pulmonar Anômala Parcial acompanhada de FACs. Dadas as características não complexas do shunt neste caso, foi tomada uma decisão compartilhada com o paciente de prosseguir com tratamento conservador.

Discussão

A PAPVC e as FACs são entidades raras que devem ser consideradas no diagnóstico diferencial. No entanto,

Palavras-chave

Ecocardiografia; Diagnóstico Diferencial; Vasos Coronários.

Correspondência: Mourad Haj Abdo •

Rhön Klinikum AG. Salzburgerleite.1. CEP: 97616. Bad Neustadt an der Saale – Alemanha

E-mail: moradhajabdo86@hotmail.de

Manuscrito recebido em 08/05/2025; revisado em 30/11/2025; aprovado em 19/02/2026.

Editor responsável pela revisão: Tiago Magalhães

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20250030>

recomendá-las como hipóteses diagnósticas iniciais pode resultar em investigações desnecessárias.

Introdução

Um padrão venoso pulmonar normal com quatro veias distintas é observado em aproximadamente 60-70% da população.¹ Anomalias do desenvolvimento podem resultar em Conexão Venosa Pulmonar Anômala Parcial (PAPVC, do inglês *partial anomalous pulmonary venous connections*) ou Total (TAPVC, *total anomalous pulmonary venous connections*), com padrões de drenagem anômala relatados em até 38% dos indivíduos.² A PAPVC pode ocorrer isoladamente, em associação com um Defeito do Septo Atrial (DSA), ou como parte de uma cardiopatia congênita complexa, e frequentemente permanece não diagnosticada devido a sintomas leves ou ausentes.^{3,4}

A PAPVC envolve um *shunt* esquerda-direita e geralmente é hemodinamicamente insignificante. Frequentemente é descoberta de forma incidental, por exemplo, durante exames de imagem realizados para posicionamento de um cateter venoso central que parece mal colocado. Apesar de sua apresentação discreta, anomalias associadas podem aumentar o risco de morbidade e mortalidade.⁵

As Fístulas de Artéria Coronária (FACs) são anomalias congênitas raras, sendo os casos adquiridos ainda mais incomuns e, na maioria das vezes, são detectadas incidentalmente. FACs pequenas são tipicamente assintomáticas, enquanto fístulas maiores podem levar à dilatação das câmaras cardíacas ou à isquemia se não tratadas.

Relatamos um caso raro de coexistência de PAPVC e FACs – uma combinação incomum que apresenta desafios diagnósticos. Embora cada condição seja individualmente rara, sua ocorrência simultânea é excepcionalmente incomum e raramente documentada na literatura.^{6,7}

Relato do Caso

Um paciente de 55 anos apresentou-se para avaliação adicional de dispneia. Ele relatou uma leve sensação de queimação retroesternal irradiando caudalmente abaixo dos arcos costais esquerdos. O desconforto torácico não era relacionado ao esforço. Não havia histórico de diabetes, doenças do tecido conjuntivo, outras anomalias sistêmicas ou antecedentes familiares significativos de doença.

No exame físico, o paciente estava afebril, sem taquipneia (frequência respiratória: 13/min), saturação

Relato de Caso

de oxigênio de 93% e pressão arterial de 150/95 mmHg. Sem alterações no restante do exame. No dia da admissão, o eletrocardiograma demonstrou ritmo sinusal com frequência cardíaca de 92 bpm. Os níveis de troponina cardíaca de alta sensibilidade estavam elevados, medindo 39 ng/L na linha de base e 41 ng/L após uma hora (referência <14 ng/L), indicando lesão miocárdica sem alteração dinâmica significativa. O NT-proBNP foi de 89 pg/mL (normal <227 pg/mL em homens de 50-65 anos).

Neste caso, o cateterismo cardíaco esquerdo foi realizado antes da ressonância magnética cardíaca devido à suspeita clínica de um shunt esquerda-direita e à necessidade de excluir anomalias das artérias coronárias. O procedimento invasivo permitiu a identificação precisa de uma fístula da Artéria Descendente Anterior (ADA) esquerda para o tronco pulmonar, fornecendo detalhes anatômicos essenciais para o planejamento terapêutico subsequente.

Embora a ressonância magnética ofereça uma avaliação estrutural abrangente, o cateterismo cardíaco continua sendo o padrão-ouro para a visualização direta das coronárias e avaliação hemodinâmica nesses cenários.

O paciente permaneceu em grande parte assintomático, sem evidência de cianose ou angina. Após consulta médica detalhada, ele optou por manejo conservador com betabloqueadores e diuréticos. Dada a ausência de um shunt esquerda-direita significativo, a intervenção cirúrgica não foi indicada.

Ecocardiografia e Eletrocardiografia

A ecocardiografia, que atua tanto como padrão-ouro quanto como principal modalidade diagnóstica no departamento de emergência, demonstrou sinais de dilatação do coração direito. As funções sistólicas dos ventrículos direito e esquerdo estavam preservadas, com frações de ejeção normais — diâmetro interno do ventrículo direito (VD) na diástole (RVIDd) basal: 49 mm, RVIDd médio: 27 mm, FAC: 55%, TAPSE: 31 mm. Além disso, havia evidência de regurgitação tricúspide leve (Grau I), com pressão da artéria pulmonar de 34 mmHg e uma relação Qp:Qs de 1,4. Esses achados são compatíveis com sobrecarga de volume do coração direito, provavelmente secundária a um shunt esquerda-direita.

A eletrocardiografia revelou alterações inespecíficas, mas corroborou a evidência ecocardiográfica de sobrecarga de volume do coração direito.

Para esclarecer melhor o diagnóstico diferencial, o paciente foi submetido a uma avaliação hemodinâmica abrangente, incluindo cateterismo cardíaco direito e esquerdo.

Cateterismo Cardíaco Direito e Esquerdo

No mesmo dia, o paciente realizou cateterismo cardíaco abrangente. Durante o cateterismo direito, foi observada evidência direta de um shunt esquerda-direita. As medidas de saturação de oxigênio revelaram valores mais elevados na veia cava superior em comparação com



Figura 1 – Angiografia coronária mostrando a artéria descendente anterior esquerda com uma conexão fistulosa para o tronco pulmonar.

a veia cava inferior (SVC: 83%, IVC: 79%, AD: 81%, VD: 83%, AP: 85%).

O cateterismo esquerdo (Figura 1) identificou uma fístula entre a ADA esquerda e o tronco pulmonar. Não foi detectada estenose das artérias coronárias, o que permitiu avançar para a próxima etapa da avaliação (Figura 1).

À luz desses achados do cateterismo, foi realizada Ressonância Magnética Cardíaca (RMC) para esclarecer melhor o diagnóstico.

Ressonância Magnética Cardíaca (RMC)

Para obter melhor visualização das estruturas cardíacas, foi realizada RMC. A função ventricular esquerda estava normal. Observou-se disfunção ventricular direita leve com dilatação do VD, sem evidência de cardiomiopatia arritmogênica do VD (Tabela 1). Não foram detectados sinais de inflamação ou fibrose miocárdica.

Foi identificada uma rede fistulosa, com conexões envolvendo o segmento proximal da ADA esquerda, o cone arterioso da artéria coronária direita e o tronco pulmonar (Figuras 2 e 3).

Imagem de estresse/avaliação fisiológica não foi realizada para avaliar isquemia atribuível à fístula coronário-pulmonar. Essa decisão baseou-se no estado clínico estável do paciente, na natureza não complexa do shunt e na ausência de sintomas isquêmicos.

TCMD (Tomografia Computadorizada Multidetector)

Como a TCMD representa a modalidade de escolha para avaliação detalhada da anatomia cardíaca e das anomalias estruturais, optamos por realizar esse exame. A TCMD revelou drenagem anormal das veias pulmonares

Tabela 1 – Volumetria de ventrículo esquerdo (VE) e ventrículo direito VD – medidas dos volumes de ambos os ventrículos, incluindo Volume Diastólico Final (VDF), Volume Sistólico Final (VSF), Volume Sistólico (VS) e Fação de Ejeção (EF)

Volumetria do VE e do VD				
VE	absoluto		Norm (m)	(w)
VE-FE	66	(%)	56-78	57-78
VE-VDF	156	mL	77-195	52-141
VE-VSF	53	mL	19-72	13-51
VE-VS	103	mL	51-133	33-97
VE-Massa	138	g	118-238	75-175
VD	absoluto		Norm (m)	(w)
VD-FE	44	(%)	47-74	47-80
VD-VDF	286	mL	88-227	58-154
VD-VSF	160	mL	23-103	12-68
VD-VS	126	mL	52-138	35-98



Figura 2 – *Imagens coronais de projeção de intensidade máxima de um caso de conexão venosa pulmonar anômala parcial cardíaca à esquerda*

superiores e parcialmente das inferiores esquerdas para a veia braquiocéfálica esquerda. A veia braquiocéfálica esquerda apresentava ectasia, com diâmetro máximo de aproximadamente 25 mm. O tronco pulmonar encontrava-se dilatado, medindo 32 mm (normal \leq 29 mm em homens), com dilatação associada de ambas as artérias pulmonares. Também foi observada dilatação do ventrículo direito e do átrio direito. Além disso, foram confirmadas as conexões fistulosas extensas previamente identificadas entre o segmento proximal da LAD e o tronco pulmonar (Figuras 4 e 5).

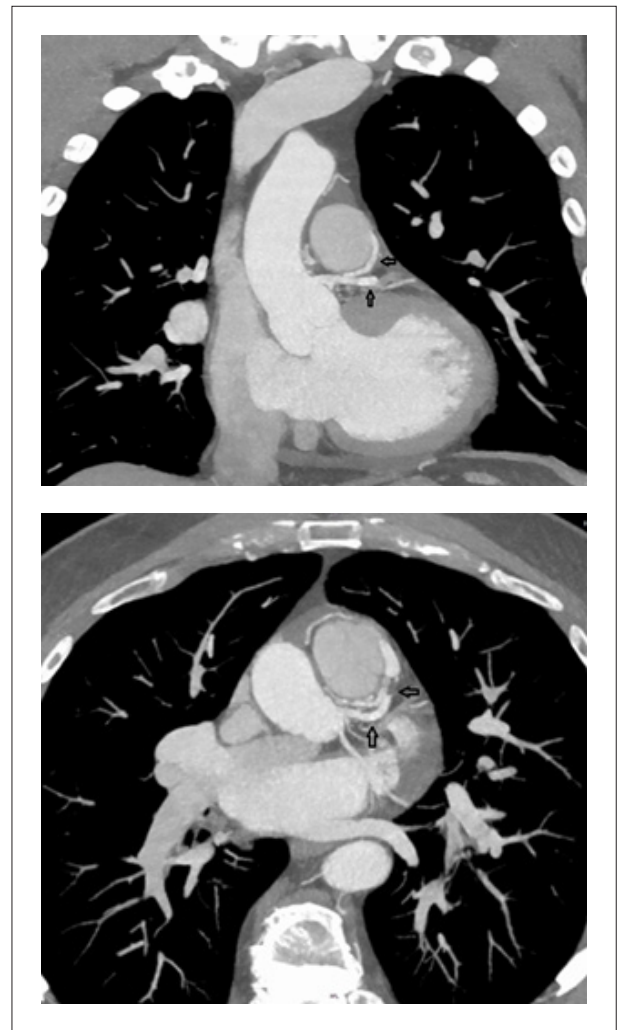


Figure 3 – *magens coronais de projeção de intensidade máxima demonstrando uma fístula de artéria coronária originada da artéria descendente anterior esquerda e drenando para o tronco pulmonar; a conexão fistulosa está indicada pela seta*

Discussão

A PAPVC é um defeito congênito raro em que uma ou mais veias pulmonares drenam para a circulação venosa sistêmica — como a veia cava superior ou o átrio direito — em vez de para o átrio esquerdo. Isso resulta em um shunt parcial esquerda-direita e frequentemente é detectado de forma incidental, com prevalência relatada de 0,4–0,7%.

Tanto a PAPVC quanto as FACs são anomalias raras, e sua coexistência é extremamente incomum. A apresentação clínica varia de acordo com a gravidade e a localização da drenagem anômala.

FACs de médio a grande porte ou sintomáticas podem requerer fechamento por via transcater, idealmente realizado em centros especializados. Em casos envolvendo grandes aneurismas coronários, pode ser necessário reparo cirúrgico e anticoagulação. Recomenda-se acompanhamento por imagem para monitorar possível recanalização.

Relato de Caso

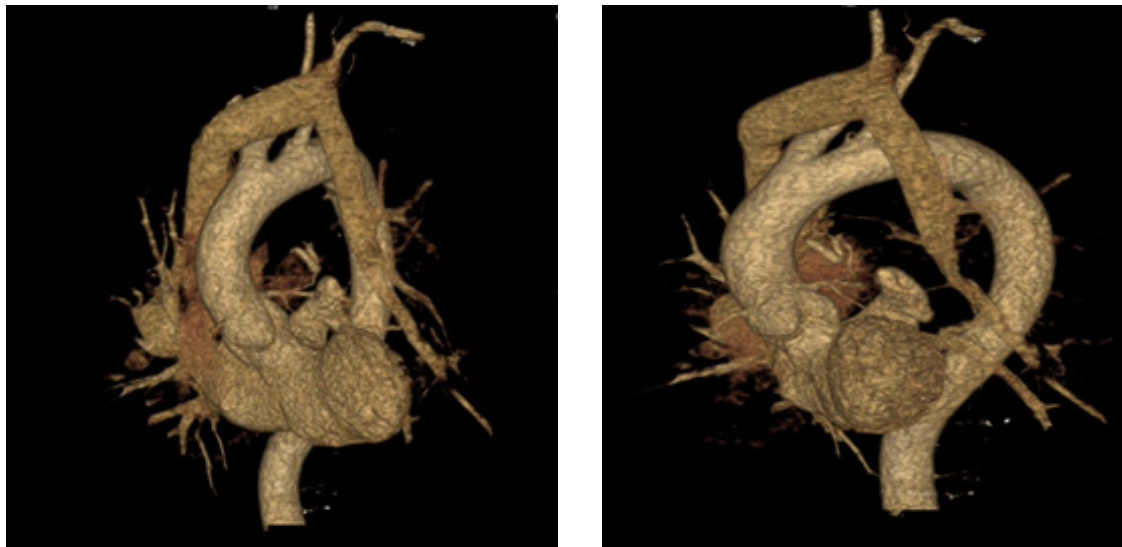


Figura 4 – Duas imagens de renderização volumétrica em diferentes orientações do nosso paciente com conexão venosa pulmonar anômala parcial; a veia pulmonar inferior esquerda drena para a veia braquiocefálica

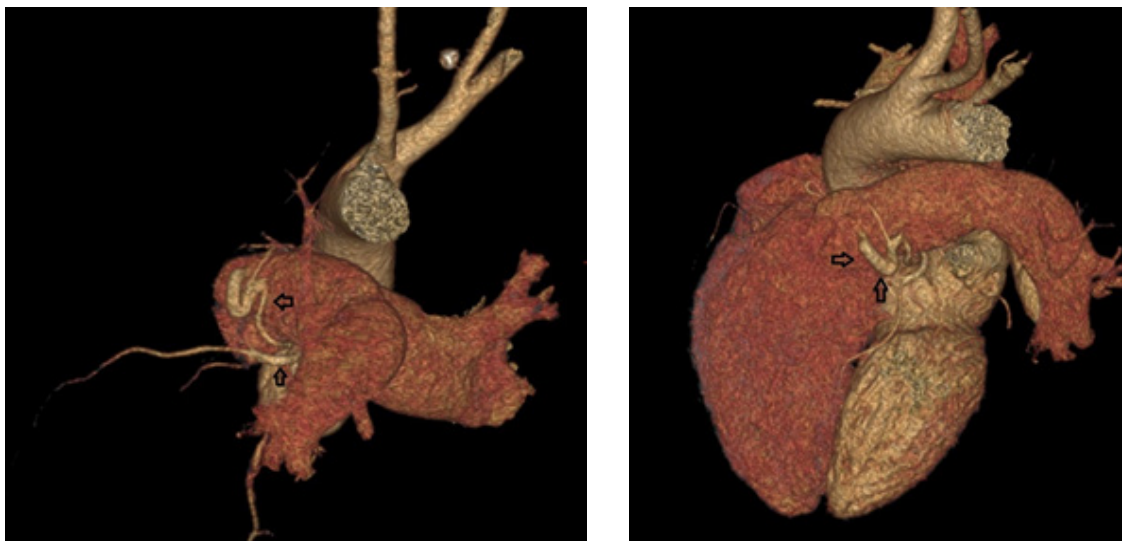


Figura 5 – Imagens de tomografia computadorizada com renderização volumétrica em duas orientações diferentes, demonstrando uma fistula de artéria coronária originada da artéria descendente anterior esquerda e drenando para o tronco pulmonar; a conexão fistulosa está indicada pela seta

Conclusão

A PAPVC e as FACs são anomalias cardíacas congênitas raras, cuja coexistência é pouco relatada na literatura. A apresentação clínica varia amplamente, desde achados incidentais até sintomas influenciados pela extensão da drenagem venosa anômala, pelo local da conexão anatômica e por defeitos cardíacos associados.

Técnicas avançadas de imagem, como a angiografia por tomografia computadorizada multidetector e a angiografia por ressonância magnética desempenham papel crítico na delimitação precisa dessas anomalias. Sua capacidade de fornecer detalhes anatômicos tridimensionais de alta resolução auxilia significativamente os clínicos no diagnóstico, na avaliação clínica e na formulação de estratégias de manejo adequadas.^{8,9}

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Abdo MH, Latsch H, Wagner M, Barth S; obtenção de dados: Barth S; redação do manuscrito: Latsch H, König G; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Wagner M, Barth S.

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

Os autores confirmam que o consentimento para submissão e publicação deste relato de caso foi obtido do paciente, em conformidade com as orientações do COPE.

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. Lacomis JM, Goitein O, Deible C, Schwartzman D. CT of the Pulmonary Veins. *J Thorac Imaging*. 2007;22(1):63-76. doi: 10.1097/RTI.0b013e3180317aaf.
2. Kato R, Lickfett L, Meiningner G, Dickfeld T, Wu R, Juang G, et al. Pulmonary Vein Anatomy in Patients Undergoing Catheter Ablation of Atrial Fibrillation: Lessons Learned by Use of Magnetic Resonance Imaging. *Circulation*. 2003;107(15):2004-10. doi: 10.1161/01.CIR.0000061951.81767.4E.
3. Kelle AM, Backer CL, Gossett JG, Kaushal S, Mavroudis C. Total Anomalous Pulmonary Venous Connection: Results of Surgical Repair of 100 Patients at a Single Institution. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2010;139(6):1387-1394. e3. doi: 10.1016/j.jtcvs.2010.02.024.
4. Furlanetto G, Furlanetto BH, Henriques SR, Lopes LM, Miranda ET, Porto CM, et al. Mixed Type Total Anomalous Pulmonary Venous Connection: Early Results and Surgical Techniques. *World J Pediatr Congenit Heart Surg*. 2015;6(1):26-32. doi: 10.1177/2150135114554660.
5. Hart A, Lee EY. Multidetector Computed Tomography of Pediatric Vascular Imaging with Advanced Postprocessing Techniques. *Adv Clin Radiol*. 2020;2:191-211. doi: 10.1016/j.yacr.2020.06.003.
6. Yildiz A, Okcun B, Peker T, Arslan C, Olcay A, Vatan MB. Prevalence of Coronary Artery Anomalies in 12,457 Adult Patients who Underwent Coronary Angiography. *Clin Cardiol*. 2010;33(12):E60-4. doi: 10.1002/clc.20588.
7. Gillebert C, van Hoof R, van de Werf F, Piessens J, De Geest H. Coronary Artery Fistulas in an Adult Population. *Eur Heart J*. 1986;7(5):437-43. doi: 10.1093/oxfordjournals.eurheartj.a062086.
8. Dillman JR, Yarram SG, Hernandez RJ. Imaging of Pulmonary Venous Developmental Anomalies. *AJR Am J Roentgenol*. 2009;192(5):1272-85. doi: 10.2214/AJR.08.1526.
9. Haramati LB, Moche IE, Rivera VT, Patel PV, Heyneman L, McAdams HP, et al. Computed Tomography of Partial Anomalous Pulmonary Venous Connection in Adults. *J Comput Assist Tomogr*. 2003;27(5):743-9. doi: 10.1097/00004728-200309000-00011.



Integral Velocidade–Tempo do Trato de Saída do Ventrículo Esquerdo (LVOT VTI) Como Marcador de Desempenho Cardíaco: Dados de Mortalidade da Coorte ELSA-Brasil

Left Ventricular Outflow Tract Velocity-Time Integral (LVOT VTI) as a Marker of Cardiac Performance: Mortality Data of the ELSA-Brasil Cohort

Mariana de Castro Lopes,¹ Altair Ivory Heidemann Jr.,¹ Eduardo G. Pianca,¹ Bruce B. Duncan,^{2,3} Murilo Foppa,^{1,2} Angela B.S. Santos^{1,2}

Cardiology Division, Hospital de Clínicas de Porto Alegre,¹ Porto Alegre, RS – Brasil

Post-Graduate Program in Cardiology and Cardiovascular Sciences, Medical School, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,² Porto Alegre, RS – Brasil

Post-Graduate Program in Epidemiology, Universidade Federal do Rio Grande do Sul,³ Porto Alegre, RS – Brasil

A Ecocardiografia Transtorácica (ETT) é uma ferramenta amplamente estabelecida para a avaliação da função cardíaca e da hemodinâmica. Embora parâmetros de função sistólica e diastólica do Ventrículo Esquerdo (VE) sejam comumente utilizados, o Débito Cardíaco (DC) permanece central na avaliação do estado hemodinâmico, especialmente em contextos de cuidados intensivos. Parâmetros derivados da ETT, como a Integral Velocidade–Tempo do Trato de Saída do Ventrículo Esquerdo (LVOT VTI) e a área do trato de saída, quando combinados a características antropométricas e à frequência cardíaca, permitem estimativas não invasivas do débito cardíaco. Entretanto, a precisão dos cálculos de DC pode diminuir quando múltiplas covariáveis são incluídas, sendo o diâmetro da LVOT uma das principais fontes de erro.¹ Em contraste, a LVOT VTI isoladamente pode representar um marcador substituto mais simples e potencialmente mais reprodutível do desempenho cardíaco.

Em pacientes com Insuficiência Cardíaca com Fração de Ejeção reduzida (ICFER), valores de LVOT VTI inferiores a 12 cm ou 8 cm foram associados a piores desfechos cardiovasculares, com aumento progressivo do risco à medida que o VTI diminui.^{2,3} De forma semelhante, em casos de embolia pulmonar de risco intermediário a alto, uma LVOT VTI ≤ 15 cm associou-se a maior mortalidade intra-hospitalar, parada cardiorrespiratória, choque e necessidade de terapia de reperfusão.⁴ Na insuficiência mitral secundária, uma LVOT VTI ≤ 17 cm prediz mortalidade cardiovascular mortalidade por todas

as causas.⁵ Em adultos ambulatoriais com Doença Arterial Coronariana (DAC) estável, LVOT VTI ≤ 18 cm esteve associado à hospitalização por insuficiência cardíaca e à mortalidade.⁶ Apesar desses achados, ainda há dados limitados quanto à utilidade da LVOT VTI em adultos vivendo na comunidade.

Neste estudo, buscamos avaliar a associação entre LVOT VTI e mortalidade entre participantes da coorte ELSA-Brasil, um estudo multicêntrico ocupacional com adultos brasileiros.⁷ Os participantes foram submetidos à ETT padronizada entre 2008 e 2010, conforme diretrizes publicadas. Todos os exames foram posteriormente analisados em laboratório central.⁷ As medidas incluíram LVOT VTI, Fração de Ejeção do Ventrículo Esquerdo (FEVE), Índice de Volume Sistólico (IVS) e Índice Cardíaco (IC). A mortalidade foi avaliada por acompanhamento anual e adjudicada pelos investigadores até dezembro de 2022.

Dados ecocardiográficos estavam disponíveis para 2.237 participantes ($58,6 \pm 9,1$ anos; 46% do sexo masculino). A média da LVOT VTI foi $19,6 \pm 4,0$ cm, e 11% apresentaram valor inferior ao ponto de corte pré-especificado (< 15 cm), semelhante aos pontos de corte adotados em outros estudos e situado entre os percentis 10 e 25 da distribuição da amostra. Participantes com LVOT VTI < 15 cm eram ligeiramente mais velhos ($57 \pm 9,9$ vs. $58,8 \pm 8,9$ anos; $p = 0,009$) e apresentavam maior proporção de homens (63% vs. 44%; $p < 0,001$) em comparação ao grupo com LVOT VTI ≥ 15 cm. A prevalência de outros parâmetros de desempenho cardíaco abaixo dos limiares estabelecidos de anormalidade^{4,5} foi: FEVE $< 50\%$ ($n = 71$; 3%), IVS < 38 mL/m² ($n = 1.673$; 74%) e IC ≤ 2 L/min/m² ($n = 905$; 40%). A distribuição das demais variáveis relevantes encontra-se na **Tabela 1**. Durante acompanhamento médio de $11,8 \pm 2,2$ anos, ocorreram 199 óbitos (8,9%), sendo 137 em homens e 62 em mulheres.

A mortalidade foi maior entre os participantes com LVOT VTI < 15 cm em comparação àqueles com valores ≥ 15 cm (12,6% vs. 8,4%; teste de log-rank $\chi^2 = 4,68$; $p = 0,026$; **Figura 1**). Na análise multivariada por modelo de riscos proporcionais de Cox, essa associação mostrou-se independente de idade e sexo (Modelo 1: HR 1,48; IC de 95% 1,00–2,18; $p = 0,048$). A associação permaneceu

Palavras-chave

Ecocardiografia; Medição de Risco; Mortalidade; Voluntários Saudáveis.

Correspondência: Mariana de Castro Lopes •

Hospital de Clínicas de Porto Alegre. Rua Ramiro Barcelos, 2350, Sala 2061.

CEP: 90035-903. Porto Alegre, RS – Brasil

Email: marianadecastro.lopes@gmail.com

Artigo recebido em 06/02/2026; revisado em 09/02/2026; aceito em 09/02/2026

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20260013>

Tabela 1 – Características basais.

	Geral (N = 2.237)	LVOT VTI < 15 cm N = 246	LVOT VTI ≥ 15 cm N = 1.991	Valor de p
Sexo masculino (%)	1028 (46)	157 (64)	871 (44)	< 0,001
Idade (anos)	58,6 ± 9	57 ± 9,9	58,8 ± 8,9	0,009
Frequência cardíaca (bpm)	67 ± 10	73,9 ± 11,6	66,7 ± 10,1	< 0,001
PAS	125,1 ± 18,8	126,1 ± 18,3	125 ± 18,8	0,38
PAD	76,1 ± 10,7	78,8 ± 11,1	75,8 ± 10,7	< 0,001
Altura (cm)	163,9 ± 9,3	165,9 ± 9,7	163,7 ± 9,3	< 0,001
Peso (kg)	72 ± 13,5	72,4 ± 13,6	71,9 ± 13,6	0,57
Área de superfície corporal (m ²)	1,77 ± 0,19	1,79 ± 0,2	1,77 ± 0,19	0,073
Índice de massa corporal kg/m ²)	26,5 ± 4,2	25,9 ± 3,55	26,6 ± 4,12	0,11
Hipertensão, (%)	1019 (45,6)	119 (48)	900 (45)	0,364
Diabetes (%)	459 (20,5)	53 (21)	406 (20)	0,675
FEVE (%)	66 ± 8,2	60,5 ± 11,7	67,1 ± 7,3	< 0,001
Índice de SV (mL/m ²)	32,8 ± 8,7	25,3 ± 5,9	33,8 ± 8,5	< 0,001
Débito cardíaco (L/min)	3,89 ± 1,1	3,3 ± 0,98	3,9 ± 1,1	< 0,001
Índice cardíaco (L/min ²)	2,19 ± 0,58	1,8 ± 0,5	2,2 ± 0,59	< 0,001

As variáveis contínuas são expressas como média ± desvio padrão e as variáveis categóricas como número (percentagem). PAS: Pressão Arterial Sistólica; PAD: Pressão Arterial Diastólica; VS: Volume sistólico, FEVE: Fração de Ejeção do Ventriculo Esquerdo.

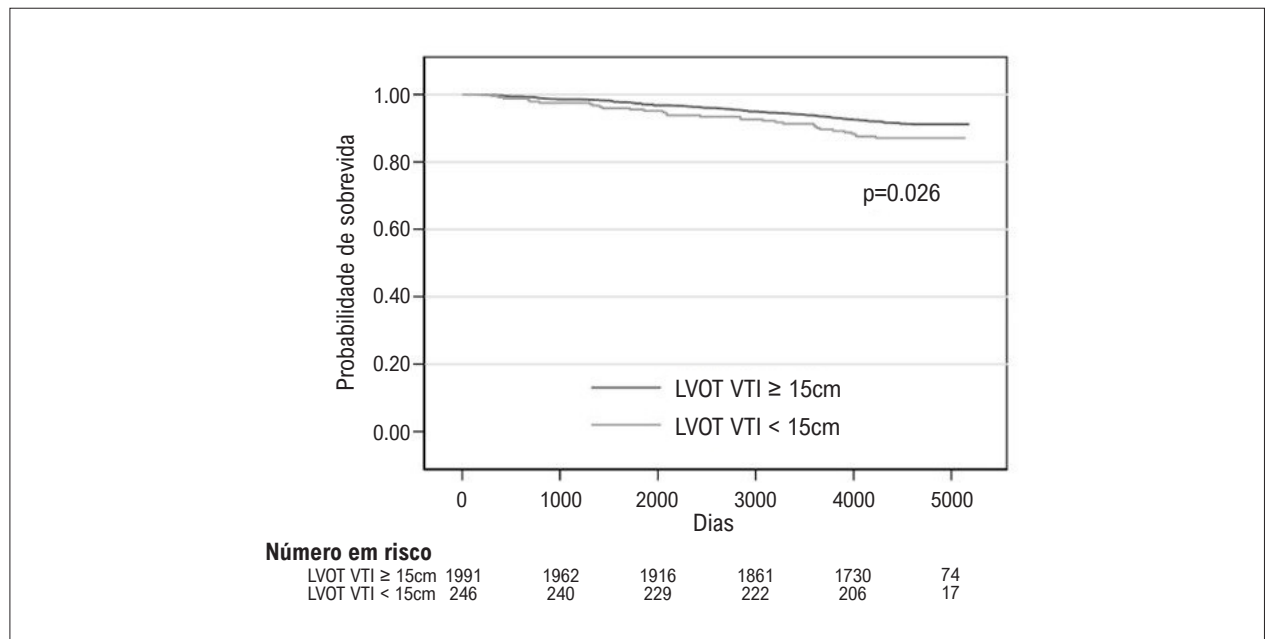


Figura 1 – Sobrevida de Kaplan-Meier de acordo com a categoria VTI da LVOT (< 15 cm vs. ≥ 15 cm).

significativa após ajuste para área de superfície corporal (Modelo 2) e apresentou discreta atenuação após ajuste adicional para pressão arterial sistólica (Modelo 3: HR 1,46; IC de 95% 0,99–2,15; $p = 0,053$) (Tabela 2). De modo

geral, valores mais baixos de LVOT VTI associaram-se de forma consistente a maior risco de mortalidade em todos os modelos, mesmo após ajustes sequenciais para covariáveis demográficas e hemodinâmicas.

Comunicação Breve

Tabela 2 – Modelos multivariados de Cox para mortalidade por todas as causas segundo LVOT VTI (< 15 cm vs. ≥ 15 cm)

	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
	HR (IC de 95%) - Valor de p		
Idade (anos)	1,09 (1,07–1,12), <i>p</i> < 0,001	1,09 (1,07–1,12), <i>p</i> < 0,001	1,08 (1,06–1,11), <i>p</i> < 0,001
Sexo masculino	2,58 (1,91–3,50), <i>p</i> < 0,001	2,70 (1,90–3,84), <i>p</i> < 0,001	2,47 (1,74–3,52), <i>p</i> < 0,001
LVOT-VTI < 15 cm	1,48 (IC 1.00–2.18), <i>p</i> = 0,048	1,48 (1,00–2,17), <i>p</i> = 0,048	1,46 (0,99–2,15), <i>p</i> = 0,053
Área de superfície corporal (m²)	—	0,81 (0,34–1,92), <i>p</i> = 0,637	0,83 (0,35–1,98), <i>p</i> = 0,682
PAS (mmHg)	—	—	1,01 (1,01–1,02), <i>p</i> < 0,001
<i>p</i> (modelo global)	< 0,001	< 0,001	< 0,001

LVOT VTI: integral velocidade-tempo do trato de saída do ventrículo esquerdo; ASC: área de superfície corporal; PAS: pressão arterial sistólica; HR: razão de risco; IC: intervalo de confiança.

Observou-se ainda correlação fraca entre LVOT VTI e altura ($r = -0,073$; $p < 0,001$), e ausência de correlação significativa com peso ($r = 0,039$; $p = 0,067$) ou com área de superfície corporal ($r = 0,0003$; $p = 0,99$), reforçando a relativa independência do LVOT VTI em relação às características antropométricas.

Em síntese, uma LVOT VTI < 15 cm foi associada a maior mortalidade em adultos residentes na comunidade em um país de renda média. A LVOT VTI pode representar uma métrica simples para rastreamento do desempenho cardíaco na estratificação de risco cardiovascular em populações gerais, independentemente de ajustes para variáveis demográficas e hemodinâmicas. Estudos adicionais são necessários para confirmar o papel independente da LVOT VTI na classificação de risco e para definir pontos de corte clinicamente relevantes em diferentes contextos clínicos.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados: Lopes MC, Foppa M, Santos ABS; análise e interpretação dos dados e análise estatística: Lopes MC, Heidemann Jr. AI, Pianca EG, Foppa M, Santos ABS; redação do manuscrito: Lopes MC, Santos ABS; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Heidemann Jr. AI, Pianca EG, Duncan BB, Foppa M, Santos ABS.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Referências

- Goldman JH, Schiller NB, Lim DC, Redberg RF, Foster E. Usefulness of Stroke Distance by Echocardiography as a Surrogate Marker of Cardiac Output that is Independent of Gender and Size in a Normal Population. *Am J Cardiol.* 2001;87(4):499-502. doi: 10.1016/s0002-9149(00)01417-x.
- Dini FL, Barletta V, Ballo P, Cioffi G, Pugliese NR, Rossi A, et al. Left Ventricular Outflow Indices in Chronic Systolic Heart Failure: Thresholds and Prognostic Value. *Echocardiography.* 2025;42(2):e70109. doi: 10.1111/echo.70109.

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 Clínicas de Porto Alegre sob o número de protocolo 0017.1.069.000-06 194/06. 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.

3. Tan C, Rubenson D, Srivastava A, Mohan R, Smith MR, Billick K, et al. Left Ventricular Outflow Tract Velocity Time Integral Outperforms Ejection Fraction and Doppler-Derived Cardiac Output for Predicting Outcomes in a Select Advanced Heart Failure Cohort. *Cardiovasc Ultrasound*. 2017;15(1):18. doi: 10.1186/s12947-017-0109-4.
4. Yuriditsky E, Mitchell OJ, Sibley RA, Xia Y, Sista AK, Zhong J, et al. Low Left Ventricular Outflow Tract Velocity Time Integral is Associated with Poor Outcomes in Acute Pulmonary Embolism. *Vasc Med*. 2020;25(2):133-40. doi: 10.1177/1358863X19880268.
5. Gentile F, Buoncristiani F, Sciarrone P, Bazan L, Panichella G, Gasparini S, et al. Left Ventricular Outflow Tract Velocity-Time Integral Improves Outcome Prediction in Patients with Secondary Mitral Regurgitation. *Int J Cardiol*. 2023;392:131272. doi: 10.1016/j.ijcard.2023.131272.
6. Ristow B, Na B, Ali S, Whooley MA, Schiller NB. Left Ventricular Outflow Tract and Pulmonary Artery Stroke Distances Independently Predict Heart Failure Hospitalization and Mortality: The Heart and Soul Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(5):565-72. doi: 10.1016/j.echo.2010.12.024.
7. Mill JG, Pinto K, Griep RH, Goulart A, Foppa M, Lotufo PA, et al. Medical Assessments and Measurements in ELSA-Brasil. *Rev Saude Publica*. 2013;47 (Suppl 2):54-62. doi: 10.1590/s0034-8910.2013047003851.



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