

Papel do Ecocardiograma Transtorácico no Fechamento Percutâneo da Comunicação Interventricular

Role of Transthoracic Echocardiography in Percutaneous Closure of Ventricular Septal Defect

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

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

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

Clínica MEDCORE,³ Goiânia, GO – Brasil

Resumo

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

Introdução

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

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

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

• CIV perimembranosa:

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

• CIV muscular (ou trabecular):

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

• CIV de via de saída (ou subarterial):

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

Palavras-chave

Comunicação Interventricular; Ecocardiografia; Ecocardiografia Transesofágica

Correspondência: João Batista Masson Silva •

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

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

E-mail: jbmason@ufg.br

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

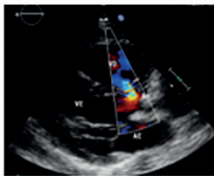
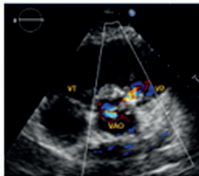
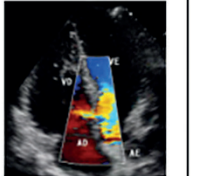
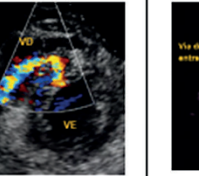
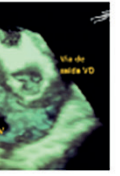
aceito em 08/09/2025

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

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

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



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

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

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

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

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

Artigo de Revisão

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

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

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

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

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

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

CrITÉRIOS Gerais para a Indicação de Fechamento de Comunicação Interventricular

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

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

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

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

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

Modalidades de Tratamento: Cirurgia vs. Intervenção Percutânea

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

A escolha da modalidade depende primariamente da anatomia do defeito:

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

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

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

Indicações:

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

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

Contraindicações e limitações:

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

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

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

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

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

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

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

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

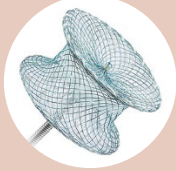
CIV congênita (planejamento eletivo):

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

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

Artigo de Revisão

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

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

KONAR-MF™ VSD Occluder



CIV Perimembranosa e Muscular:

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

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

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

Diâmetro do Disco:
10-18 mm

Cocoon® VSD Occluder



CIV Muscular e Perimembranosa:

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

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

Diâmetro da Cintura:
3,25-12 mm

Diâmetro do Disco:
10-18 mm

MemoPart™ VSD Occluder



Muscular



Muscular



Perimembranosa

CIV Muscular e Perimembranosa:

Oferece modelos distintos para cada tipo de defeito.

As indicações são semelhantes às da linha Amplatzer.

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

Diâmetro da Cintura:
4-20 mm

Diâmetro do Disco E :
8-26 mm

Diâmetro do Disco 4:
8-24 mm

Altura separação dos Discos:
2,6 - 7 mm

Artigo de Revisão

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

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

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

CIV pós-infarto do miocárdio:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Avaliação Pós-procedimento: Monitoramento do Resultado Terapêutico

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

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

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

Conclusão

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

Desafios e perspectivas futuras⁶

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

1. **Redução do risco de bloqueio atrioventricular:** O principal obstáculo para a ampla adoção do fechamento percutâneo em CIVs perimembranasas continua sendo o risco de BAV completo. A pesquisa futura está focada no desenvolvimento de próteses com designs mais flexíveis e de menor força radial, como o *Nit-Occlud Lê VSD Coil* e o *KONAR-MF™ VSD Occluder*, que buscam minimizar o trauma no sistema de condução.
2. **Aprimoramento da imagem e guiamento:** Embora o ETE seja o padrão, a ecografia intracardiaca surge como uma alternativa promissora que elimina a necessidade de anestesia geral, podendo reduzir o tempo e o risco do procedimento. A integração de imagens de fusão (*fusion imaging*), combinando fluoroscopia e ecocardiografia em tempo real, e o desenvolvimento de softwares de inteligência artificial para auxiliar no dimensionamento e na simulação do implante são os próximos passos para aumentar ainda mais a precisão e a segurança.
3. **Desenvolvimento de dispositivos bioabsorvíveis:** A perspectiva mais transformadora a longo prazo é a criação de oclusores totalmente bioabsorvíveis. Atualmente, a pesquisa nessa área está mais avançada para o fechamento de defeitos de baixa pressão, como a Comunicação Interatrial (CIA), com dispositivos como o *Carag Bioresorbable Septal Occluder* já em ensaios clínicos. A expansão desta tecnologia para as CIVs é o próximo grande desafio. Isso exigirá o desenvolvimento de polímeros com maior resistência mecânica, capazes de suportar o elevado gradiente de pressão interventricular e o alto estresse de cisalhamento, garantindo a estabilidade estrutural durante o processo de

Artigo de Revisão

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

Contribuição dos autores

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

Potencial conflito de interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação acadêmica

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

Aprovação ética e consentimento informado

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

Uso de Inteligência Artificial

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

Disponibilidade de Dados

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

Referências

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



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