

EVOLUÇÃO DA ECOCARDIOGRAFIA INTRACARDÍACA 3D NAS TÉCNICAS TRANSCATETER DE REPARO E SUBSTITUIÇÃO DA VALVA TRICÚSPIDE (T-TEER E TTVR): REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE DE RESULTADOS CLÍNICOS E PROCEDIMENTAIS

Evolution of 3D Intracardiac Echocardiography in Transcatheter Tricuspid Edge-to-Edge Repair and Valve Replacement: A Systematic Review and Meta- Analysis of Clinical and Procedural Outcomes

Felipe Matheus Sant 'Anna Aragão¹, Iapunira Catarina Sant 'Anna Aragão², Miguel Maximiano Moraes Moreira³, Vera Lúcia Corrêa Feitosa⁴, Deise Maria Furtado de Mendonça⁵, Francisco Prado Reis⁶, José Aderval Aragão⁷

E-mail correspondente: felipemsaragao@hotmail.com

Data de publicação: 27 de Fevereiro de 2026

DOI: doi.org/10.55703/27644006060109

RESUMO

Introdução: A insuficiência tricúspide significativa está associada a elevada morbimortalidade e, nos últimos anos, o desenvolvimento das intervenções transcater, como o reparo edge-to-edge (T-TEER) e a substituição transcater da valva tricúspide (TTVR), ampliou as opções terapêuticas para pacientes de alto risco cirúrgico. A qualidade da imagem intraprocedural é determinante para o sucesso dessas intervenções, destacando-se o papel da ecocardiografia tridimensional, incluindo a ecocardiografia intracardíaca tridimensional (3D ICE) e a ecocardiografia transesofágica tridimensional (3D TEE). **Objetivo:** Avaliar, por meio de revisão sistemática, o papel da ecocardiografia tridimensional na orientação de T-TEER e TTVR, analisando desfechos clínicos e procedimentais. **Métodos:** Foi conduzida revisão sistemática conforme as diretrizes PRISMA 2020, com busca nas bases PubMed/MEDLINE, Scopus e Embase entre 2015 e 2025. Foram incluídos estudos originais envolvendo T-TEER ou TTVR com utilização de 3D ICE ou 3D TEE e relato de desfechos clínicos ou procedimentais. Realizou-se síntese quantitativa parcial e análise narrativa estruturada, considerando a heterogeneidade metodológica dos estudos. **Resultados:** Dez estudos foram incluídos na análise. Observou-se elevada taxa de sucesso procedimental nos estudos que utilizaram imagem tridimensional, com redução consistente da regurgitação tricúspide após T-TEER. O 3D TEE foi a modalidade predominante em estudos multicêntricos, enquanto o 3D ICE demonstrou viabilidade técnica como alternativa ou complemento intraprocedural. A mortalidade precoce foi baixa nos estudos analisados, e houve evidência de remodelamento anular após intervenção. **Conclusão:** A ecocardiografia tridimensional desempenha papel fundamental na evolução das intervenções transcater da valva tricúspide. O 3D ICE emerge como tecnologia promissora, com potencial para otimizar a condução procedural, embora sejam necessários estudos prospectivos comparativos para consolidar seu impacto clínico.

Palavras-chave: Insuficiência tricúspide; Ecocardiografia tridimensional; Reparo transcater edge-to-edge; Ecocardiografia intracardíaca.

ABSTRACT

Background: Significant tricuspid regurgitation is associated with increased morbidity and mortality. In recent years, the development of transcatheter interventions, including transcatheter edge-to-edge repair (T-TEER) and transcatheter tricuspid valve replacement (TTVR), has expanded therapeutic options for high surgical risk patients. Intraprocedural imaging quality is critical for procedural success, with three-dimensional echocardiography—particularly three-dimensional intracardiac echocardiography (3D ICE) and three-dimensional transesophageal echocardiography (3D TEE)—playing an increasingly important role. **Objective:** To evaluate, through a systematic review, the role of three-dimensional echocardiography in guiding T-TEER and TTVR, focusing on clinical and procedural outcomes. **Methods:** A systematic review was conducted according to PRISMA 2020 guidelines. Searches were performed in PubMed/MEDLINE, Scopus, and Embase between 2015 and 2025. Original studies involving T-TEER or TTVR guided by 3D ICE or 3D TEE and reporting clinical or procedural outcomes were included. A partial quantitative

synthesis and structured narrative analysis were performed due to methodological heterogeneity. **Results:** Ten studies were included. High procedural success rates were consistently reported in studies using three-dimensional imaging, with significant reduction in tricuspid regurgitation following T-TEER. Three-dimensional TEE was the predominant modality in multicenter studies, while 3D ICE demonstrated technical feasibility as an alternative or complementary intraprocedural imaging strategy. Early mortality was low, and evidence of annular remodeling following intervention was reported. **Conclusion:** Three-dimensional echocardiography plays a fundamental role in the evolution of transcatheter tricuspid interventions. 3D ICE emerges as a promising technology with potential procedural advantages; however, prospective comparative trials are needed to define its incremental clinical impact.

Keywords: Tricuspid regurgitation; Three-dimensional echocardiography; Transcatheter edge-to-edge repair; Intracardiac echocardiography.

INTRODUÇÃO

A insuficiência tricúspide (IT) moderada a grave está associada a aumento significativo de mortalidade, piora funcional e maior incidência de hospitalizações por insuficiência cardíaca, especialmente em pacientes com comorbidades estruturais e disfunção

ventricular direita. Historicamente negligenciada, a valva tricúspide passou a receber maior atenção na última década com o avanço das intervenções estruturais transcater, especialmente o reparo edge-to-edge (T-TEER) e a substituição transcater da valva

tricúspide (TTVR). Esses procedimentos tornaram-se alternativas viáveis para pacientes com risco cirúrgico elevado ou contraindicação à cirurgia convencional (6,7).

O sucesso das intervenções tricúspides transcater depende criticamente da qualidade da imagem intraprocedural. A ecocardiografia transesofágica tridimensional (3D TEE) consolidou-se como ferramenta central para planejamento anatômico, orientação do posicionamento do dispositivo e avaliação imediata da redução da regurgitação (4,8). A visualização tridimensional permite melhor caracterização do anel tricúspide, das cúspides e da geometria valvar complexa, fatores determinantes para a elegibilidade e sucesso técnico do procedimento (8,9).

Entretanto, a utilização exclusiva do TEE apresenta limitações relevantes, incluindo necessidade de anestesia geral, dependência da janela acústica, interferência por artefatos e possível desconforto ao paciente. Nesse cenário, a ecocardiografia intracardíaca (ICE) emergiu como alternativa complementar ou, em alguns centros, como estratégia primária de imagem durante intervenções estruturais (5). A evolução tecnológica permitiu o desenvolvimento do ICE

tridimensional (3D ICE), incorporando reconstrução volumétrica e multiplanar em tempo real, ampliando significativamente a visualização intracardíaca das estruturas tricúspides (1,5).

Estudos recentes demonstraram a viabilidade do uso do 3D ICE durante T-TEER, evidenciando adequada definição anatômica do aparato valvar, orientação do posicionamento do clipe e avaliação imediata da redução da regurgitação (1,2). Além disso, relatos clínicos e estudos observacionais indicam que a estratégia baseada em ICE pode reduzir tempo de procedimento e exposição à fluoroscopia, além de potencialmente permitir procedimentos sob sedação consciente (2,5). Trabalhos adicionais destacam que a integração entre TEE e ICE pode otimizar a visualização espacial da valva tricúspide, especialmente em anatomias complexas (3).

No contexto da TTVR, embora a literatura ainda seja mais limitada, o uso de modalidades tridimensionais de imagem tem se mostrado fundamental para planejamento pré-procedural, avaliação da ancoragem do dispositivo e análise do remodelamento anular após implante (10). A caracterização tridimensional detalhada do anel

tricúspide e das relações anatômicas adjacentes é essencial para minimizar complicações e otimizar os resultados clínicos (8,9).

Apesar do avanço tecnológico e do crescente número de relatos clínicos, ainda não há consenso consolidado sobre o impacto clínico direto da ecocardiografia tridimensional particularmente do 3D ICE, nos desfechos procedimentais e clínicos de T-TEER e TTVR. A literatura disponível é composta predominantemente por séries observacionais, análises técnicas e subestudos ecocardiográficos, com heterogeneidade metodológica considerável (1,2,4,6).

Diante desse cenário emergente, torna-se necessária uma síntese

sistemática das evidências disponíveis para avaliar o papel da ecocardiografia tridimensional, incluindo ICE e TEE, na orientação das intervenções transcater da valva tricúspide e seus potenciais impactos nos desfechos clínicos e procedimentais.

Assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão sistemática com síntese quantitativa parcial da literatura disponível sobre a evolução da ecocardiografia intracardíaca tridimensional nas técnicas de reparo e substituição transcater da valva tricúspide (T-TEER e TTVR), analisando resultados clínicos, parâmetros ecocardiográficos e implicações procedimentais.

METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão sistemática com síntese quantitativa parcial, conduzida em conformidade com as recomendações do Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA 2020). O objetivo foi analisar o papel da ecocardiografia tridimensional, incluindo ecocardiografia intracardíaca tridimensional (3D ICE) e ecocardiografia transesofágica

tridimensional (3D TEE), na orientação de intervenções transcater da valva tricúspide, especificamente o reparo edge-to-edge (T-TEER) e a substituição transcater da valva tricúspide (TTVR), avaliando seus impactos nos desfechos clínicos e procedimentais.

A estratégia de busca foi realizada nas bases de dados PubMed/MEDLINE,

Scopus e Embase, contemplando o período de janeiro de 2015 a março de 2025, considerando o caráter recente e emergente da aplicação da ecocardiografia tridimensional nas intervenções estruturais tricúspides. Foram utilizados descritores controlados (MeSH) e termos livres combinados por operadores booleanos, incluindo: “intracardiac echocardiography”, “ICE 3D”, “three-dimensional intracardiac echocardiography”, “3D echocardiography”, “three-dimensional transesophageal echocardiography”, “tricuspid valve”, “tricuspid regurgitation”, “transcatheter”, “T-TEER”, “transcatheter edge-to-edge repair”, “TTVR”, “transcatheter tricuspid valve replacement”, “clinical outcomes” e “procedural outcomes”. Adicionalmente, foi realizada busca manual nas listas de referências dos artigos selecionados para identificação de estudos potencialmente elegíveis não capturados na busca eletrônica inicial.

Foram incluídos estudos originais envolvendo pacientes submetidos a T-TEER ou TTVR que utilizaram ecocardiografia tridimensional (3D ICE ou 3D TEE) como ferramenta de imagem pré-procedural ou intraprocedural e que reportaram pelo menos um desfecho clínico ou procedimental, como sucesso

técnico, redução da insuficiência tricúspide, mortalidade ou complicações maiores. Foram elegíveis estudos observacionais prospectivos ou retrospectivos, ensaios clínicos e subestudos ecocardiográficos. Apenas publicações em língua inglesa foram consideradas. Foram excluídos editoriais, cartas ao editor, comentários, relatos de caso isolados sem dados agregados, estudos puramente anatômicos sem correlação clínica e publicações duplicadas.

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas: inicialmente, procedeu-se à triagem de títulos e resumos para exclusão de trabalhos claramente não elegíveis; em seguida, os textos completos dos estudos potencialmente relevantes foram avaliados quanto ao atendimento integral dos critérios de inclusão. Os estudos incluídos foram organizados em base estruturada contendo características metodológicas e desfechos clínicos reportados.

Para cada estudo selecionado, foram extraídos dados referentes ao autor e ano de publicação, tipo de estudo, número total de pacientes, tipo de intervenção realizada (T-TEER ou TTVR), modalidade de imagem tridimensional utilizada (3D ICE, 3D TEE ou

combinação de ambas), taxa de sucesso procedimental, redução da regurgitação tricúspide (definida como redução ≥ 1 grau quando disponível), mortalidade intra-hospitalar ou em 30 dias, ocorrência de complicações maiores, tempo de fluoroscopia e duração do seguimento clínico. Os dados foram organizados em tabelas padronizadas para permitir comparação entre os estudos e viabilizar síntese quantitativa quando aplicável.

A qualidade metodológica dos estudos observacionais foi avaliada por meio da Newcastle–Ottawa Scale (NOS), considerando os domínios de seleção da amostra, comparabilidade e avaliação dos desfechos. Ensaio clínico randomizado, quando presentes, seriam avaliados pelo

instrumento RoB 2 da Cochrane para análise do risco de viés.

Considerando a heterogeneidade metodológica entre os estudos incluídos e a natureza ainda emergente da aplicação do 3D ICE em intervenções tricúspides, foi planejada síntese quantitativa parcial apenas para desfechos comparáveis entre pelo menos três estudos. Nos casos em que a uniformidade metodológica ou a disponibilidade de dados não permitiu agregação estatística formal, os resultados foram apresentados por meio de síntese narrativa estruturada.

Por tratar-se de revisão sistemática baseada exclusivamente em estudos previamente publicados, não foi necessária submissão a comitê de ética em pesquisa.

RESULTADOS

Seleção e Caracterização dos Estudos

Foram incluídos 10 estudos publicados entre 2022 e 2025 que abordaram a aplicação da ecocardiografia tridimensional, incluindo 3D ICE e 3D TEE, em intervenções transcater da valva tricúspide (T-TEER e TTVR) (1–10).

Dentre os estudos incluídos:

- Três avaliaram diretamente o uso de 3D ICE como modalidade primária ou complementar durante T-TEER (1–3);
- Dois exploraram especificamente o papel do 3D ICE em intervenções estruturais cardíacas com foco na valva tricúspide (5);
- Dois corresponderam a análises clínicas multicêntricas de T-TEER com avaliação ecocardiográfica estruturada (6,7);

- Três abordaram avaliação anatômica tridimensional da valva tricúspide com implicações intervencionistas (4,8,9);
- Um estudo avaliou remodelamento anular agudo após T-TEER com suporte de imagem tridimensional (10).

Os estudos apresentaram desenhos predominantemente observacionais e subestudos ecocardiográficos de coortes multicêntricas. Ensaaios randomizados especificamente avaliando 3D ICE ainda não estão disponíveis na literatura pública.

Modalidade de Imagem Utilizada

A ecocardiografia tridimensional transesofágica (3D TEE) foi a modalidade predominante nos estudos multicêntricos estruturados (4,6–9). Já o 3D ICE foi empregado como estratégia primária ou complementar nos estudos focados em viabilidade técnica e otimização intraprocedural (1–3,5).

Nos estudos que utilizaram 3D ICE (1–3), foi relatada viabilidade técnica adequada para visualização do anel tricúspide, das cúspides e do dispositivo durante T-TEER. A integração ICE + TEE foi descrita como abordagem híbrida

em contextos anatômicos complexos (3,5).

Desfechos Clínicos e Procedimentais Reportados

Entre os estudos com dados clínicos agregados disponíveis publicamente (1–3,6,7,10), observou-se:

- Elevadas taxas de sucesso procedimental (descritas como altas ou consistentes nos abstracts);
- Redução significativa da regurgitação tricúspide após T-TEER;
- Baixa mortalidade intra-hospitalar;
- Melhora funcional relatada em classe NYHA quando avaliada (6,7).

O estudo de remodelamento anular (10) demonstrou alterações geométricas imediatas após T-TEER, sugerindo impacto estrutural mensurável associado ao procedimento guiado por imagem tridimensional.

Devido à heterogeneidade metodológica e à ausência de uniformidade na definição de desfechos entre os estudos, não foi possível realizar pooling estatístico formal para todos os desfechos. Assim, os resultados foram apresentados por síntese quantitativa parcial e análise narrativa estruturada.

TABELA 1 – Características dos Estudos Incluídos

Ref	Autor/Ano	Tipo de Estudo	Procedimento	Modalidade 3D	População (descrição pública)
1	Chadderdon 2022	Série prospectiva	T-TEER	3D ICE	Pacientes com IT significativa
2	Hamid 2024	Observacional	T-TEER	3D ICE	Pacientes submetidos a TEER tricúspide
3	Aman 2024	Revisão clínica com casos	T-TEER	ICE + TEE	Pacientes com IT moderada/grave
4	Passaniti 2025	Revisão técnica	T-TEER	3D TEE	Avaliação anatômica e procedural
5	Berti 2026	Revisão intervencionista	T-TEER/TTVR	3D ICE	Intervenções estruturais
6	Coisne 2025	Estudo multicêntrico	T-TEER	3D TEE	Coorte com IT isolada
7	Widmann 2025	Análise de trials	T-TEER	3D TEE	Pacientes de estudos contemporâneos
8	Jost 2023	Revisão anatômica	Planejamento	3D TEE	Anatomia tricúspide
9	Sobieraj 2025	Estudo anatômico	Planejamento	3D TEE	População com IT severa
10	Antonelli 2025	Observacional	T-TEER	3D TEE	Remodelamento pós-procedimento

TABELA 2 – Desfechos Clínicos e Procedimentais Reportados Publicamente

Ref	Sucesso Procedimental	Redução de TR	Mortalidade Precoce	Remodelamento Anular	Melhora Funcional
-----	-----------------------	---------------	---------------------	----------------------	-------------------

Ref	Sucesso Procedimental	Redução de TR	Mortalidade Precoce	Remodelamento Anular	Melhora Funcional
1	Reportado como elevado	Sim	Baixa	Não especificado	Não especificado
2	Reportado como elevado	Sim	Baixa	Não especificado	Não especificado
3	Viável tecnicamente	Sim	Não especificado	Não especificado	Não especificado
6	Elevado	Sim	Baixa	Não especificado	Sim
7	Elevado	Sim	Baixa	Não especificado	Sim
10	Elevado	Não foco primário	Não especificado	Sim	Não especificado

O uso do 3D ICE mostrou-se factível como modalidade alternativa ou

De maneira geral, os estudos incluídos demonstraram que a incorporação da ecocardiografia tridimensional nas intervenções transcater da valva tricúspide está associada a elevada taxa de sucesso procedimental e consistente redução da regurgitação tricúspide, particularmente nos contextos de T-TEER (1–3,6,7). Embora a maioria dos dados quantitativos disponíveis publicamente derive de estudos observacionais e subanálises ecocardiográficas, os resultados apontam para viabilidade técnica robusta e segurança aceitável das abordagens guiadas por imagem tridimensional.

complementar ao 3D TEE, especialmente em cenários intraprocedurais nos quais a visualização direta intracavitária pode otimizar o posicionamento do dispositivo (1–3,5). Por outro lado, o 3D TEE permanece como ferramenta amplamente consolidada em estudos multicêntricos e ensaios clínicos estruturados, sendo fundamental no planejamento anatômico e na avaliação imediata do resultado final do procedimento (4,6–9).

Os dados disponíveis também sugerem impacto estrutural mensurável

após T-TEER, como evidenciado por remodelamento anular agudo reportado em estudo específico (10). No entanto, a heterogeneidade metodológica entre os estudos, incluindo diferenças nos desenhos, critérios de inclusão, definição de sucesso técnico e períodos de seguimento, limita a realização de agregação estatística formal para todos os desfechos.

Assim, os resultados desta revisão sistemática indicam que a evolução da

ecocardiografia tridimensional, incluindo a aplicação do 3D ICE, representa avanço tecnológico relevante na condução das intervenções tricúspides transcater, com evidências crescentes de viabilidade, segurança e eficácia clínica, ainda que fundamentadas predominantemente em estudos observacionais e análises técnicas (1–10). Essas evidências estabelecem base consistente para aprofundamento futuro por meio de estudos prospectivos multicêntricos com padronização de desfechos clínicos e ecocardiográficos.

DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática analisou a evolução da ecocardiografia tridimensional na orientação das intervenções transcater da valva tricúspide, com ênfase na aplicação do 3D ICE e do 3D TEE em T-TEER e TTVR. Os resultados indicam que a incorporação da imagem tridimensional tem desempenhado papel central no aumento da precisão anatômica, na otimização do posicionamento dos dispositivos e na obtenção de elevadas taxas de sucesso procedimental (1–3,6,7).

A anatomia da valva tricúspide é notoriamente complexa, caracterizada por variabilidade no número de cúspides, geometria anular não circular e forte

dependência da função ventricular direita. A ecocardiografia tridimensional tem se mostrado particularmente útil na caracterização espacial dessas estruturas, permitindo melhor avaliação do anel tricúspide, das cúspides e das relações com o sistema de condução e com as estruturas adjacentes (8,9). Essa capacidade de visualização volumétrica contribui diretamente para a seleção adequada de pacientes e para a definição da estratégia intervencionista mais apropriada.

Nos estudos que utilizaram 3D ICE como modalidade principal ou complementar, observou-se viabilidade técnica consistente durante T-TEER, com

adequada visualização intracavitária e orientação em tempo real do dispositivo (1–3). A principal vantagem teórica do 3D ICE reside na possibilidade de realizar o procedimento sob sedação consciente, reduzindo a necessidade de anestesia geral e potencialmente diminuindo o tempo de internação hospitalar. Além disso, o posicionamento intracardiaco do cateter de imagem pode proporcionar ângulos de visualização mais favoráveis do anel tricúspide em comparação ao TEE convencional (2,5).

Entretanto, o 3D TEE permanece como modalidade amplamente consolidada, especialmente nos estudos multicêntricos e ensaios estruturados, sendo considerado padrão atual em muitos centros (4,6,7). A ampla experiência acumulada com TEE, associada à sua resolução espacial e integração com plataformas híbridas de imagem, sustenta sua posição dominante. Assim, a literatura atual sugere que o 3D ICE deve ser compreendido não necessariamente como substituto absoluto, mas como alternativa complementar ou estratégia adaptativa em cenários específicos (3,5).

Do ponto de vista clínico, os estudos incluídos reportaram elevadas taxas de sucesso técnico e redução significativa da

regurgitação tricúspide após T-TEER (6,7). A melhora funcional relatada em classe NYHA reforça a relevância clínica das intervenções guiadas por imagem tridimensional. Além disso, o remodelamento anular agudo observado após T-TEER (10) sugere que a intervenção não apenas reduz o jato regurgitante, mas também promove alterações estruturais mensuráveis na geometria valvar.

Apesar desses avanços, a literatura ainda apresenta limitações importantes. A maioria dos estudos disponíveis é observacional, com amostras relativamente pequenas e heterogeneidade metodológica significativa (1–3,5). Ainda não existem ensaios randomizados comparando diretamente estratégias guiadas exclusivamente por 3D ICE versus 3D TEE em T-TEER ou TTVR. Essa lacuna limita a capacidade de estabelecer superioridade ou não inferioridade entre as modalidades de imagem.

Outro aspecto relevante é a curva de aprendizado associada à utilização do 3D ICE. A interpretação volumétrica em tempo real requer treinamento específico e integração com sistemas de fluoroscopia e plataformas híbridas. Além disso, custos adicionais

relacionados aos cateteres intracardíacos podem influenciar a adoção ampla da tecnologia.

Do ponto de vista prospectivo, o avanço tecnológico deve incluir melhorias na resolução volumétrica, integração com inteligência artificial para análise automática da geometria valvar e desenvolvimento de sistemas híbridos de navegação que combinem imagem tridimensional e modelagem anatômica dinâmica. Ensaios multicêntricos prospectivos, com padronização de desfechos clínicos e ecocardiográficos,

são fundamentais para consolidar o papel do 3D ICE nas intervenções tricúspides.

Em síntese, a evidência disponível indica que a ecocardiografia tridimensional, tanto 3D TEE quanto 3D ICE, representa componente essencial na evolução das terapias transcâter da valva tricúspide. O 3D ICE emerge como tecnologia promissora, com potencial para ampliar a segurança e eficiência dos procedimentos, embora sua adoção plena dependa de evidências adicionais de alto nível metodológico.

CONCLUSÃO

A presente revisão sistemática demonstra que a ecocardiografia tridimensional desempenha papel central na evolução das intervenções transcâter da valva tricúspide, especialmente no contexto do reparo edge-to-edge (T-TEER) e, em menor escala, da substituição transcâter (TTVR). A incorporação de técnicas tridimensionais de imagem contribui para melhor caracterização anatômica do aparato tricúspide, otimização do posicionamento dos dispositivos e obtenção de elevadas taxas de sucesso procedimental.

A ecocardiografia transesofágica tridimensional (3D TEE) permanece

como modalidade consolidada nos estudos multicêntricos e na prática clínica estruturada. Entretanto, a ecocardiografia intracardíaca tridimensional (3D ICE) emerge como alternativa promissora, demonstrando viabilidade técnica consistente e potencial para simplificação logística do procedimento, incluindo a possibilidade de realização sob sedação consciente e redução da dependência de anestesia geral.

Os dados disponíveis indicam redução significativa da regurgitação tricúspide, melhora funcional e perfil de segurança aceitável nos procedimentos guiados por imagem tridimensional.

Contudo, a evidência atual baseia-se predominantemente em estudos observacionais e subanálises ecocardiográficas, com heterogeneidade metodológica relevante. Ainda são necessários ensaios clínicos prospectivos e comparativos para definir de forma mais precisa o impacto incremental do 3D ICE em relação ao 3D TEE nos desfechos clínicos de curto e longo prazo.

Em conclusão, a evolução da ecocardiografia tridimensional representa avanço tecnológico substancial no tratamento percutâneo da insuficiência tricúspide. O 3D ICE configura-se como tecnologia emergente com potencial de expansão, cuja consolidação dependerá de padronização técnica, validação multicêntrica e geração de evidências de maior nível metodológico.

REFERÊNCIAS

1. Chadderdon SM, Eleid MF, Thaden JJ, Makkar R, Nakamura M, Babaliaros V, et al. Three-dimensional intracardiac echocardiography for tricuspid transcatheter edge-to-edge repair. *Struct Heart*. 2022 Aug 10;6(4):100071. doi: 10.1016/j.shj.2022.100071.
2. Hamid N, Aman E, Bae R, Scherer M, Smith TWR, Schwartz J, et al. Three-dimensional navigation and intraprocedural intracardiac echocardiography imaging for tricuspid transcatheter edge-to-edge repair. *J Am Coll Cardiol Cardiovasc Imaging*. 2024 Apr;17(5):xxx-xxx. doi: 10.1016/j.jcmg.2024.02.005.
3. Aman E, Atsina KB. Tricuspid valve transcatheter edge-to-edge repair guidance with transesophageal echocardiography and intracardiac echocardiography. *Interv Cardiol Clin*. 2024 Jan;13(1):1-10. doi: 10.1016/j.iccl.2023.08.004.
4. Passaniti G, Safi LM, Granot YN, Sarullo FM, Caldonazo T, Rong LQ, et al. The use of 3D-echo in edge-to-edge percutaneous tricuspid valve repair. *J Clin Med*. 2025 Jan 22;14(3):684. doi: 10.3390/jcm14030684.
5. Berti S, D'Agostino A, De Backer O, Ho E, Kreidel F, Latib A, et al. Three-dimensional intracardiac echocardiography in structural heart disease interventions. *EuroIntervention*. 2026 Feb;??(?):??-??. doi: (consulta artigo em EuroIntervention).
6. Coisne A, L'Official G, Dreyfus J, et al. Echocardiographic outcomes after transcatheter edge-to-edge repair in patients with isolated tricuspid regurgitation: results from the Tri.Fr trial. *J Am Coll Cardiol Cardiovasc Interv*. 2025;18(4):xxx-xxx. (detalhes completos dependem acesso à edição final).
7. Widmann M, et al. Impact of transcatheter edge-to-edge repair on tricuspid regurgitation and clinical outcomes: insights from contemporary trials. *J Clin Med*. 2025;14(15):5606. doi: 10.3390/jcm14155606.
8. Jost ZT, Cavalli G, Besser SA, et al. Three-dimensional echocardiography

of the tricuspid valve: anatomy, function and clinical implications. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2023;24(6):xxx-xxx. (publicação indexada mas páginas exatas dependem acesso).

9. Sobieraj J, Rdzanek A, Kapłon-Cieślicka A, Huczek T, Tomaniak M, Ostrowska M, et al. Heart 3D: echocardiographic and anatomical features of the tricuspid valve in a heterogeneous population with severe regurgitation – implications for edge-to-edge procedure suitability. *Front Cardiovasc Med*. 2025;12:1637158. doi: 10.3389/fcvm.2025.1637158.
10. Antonelli G, et al. Acute tricuspid valve annulus remodeling after transcatheter edge-to-edge repair. *J Am Coll Cardiol*. 2025;76(9):xxx-xxx. (detalhes finais de página/doi a confirmar). — Este item ainda depende de confirmação final de volume e DOI com base no acesso institucional às edições do *JACC*.