

REMODELAMENTO VENTRICULAR E DESFECHOS CLÍNICOS APÓS TERAPIAS TRANSCATETER EM DOENÇAS VALVARES: REVISÃO SISTEMÁTICA E METANÁLISE

Ventricular Remodeling and Clinical Outcomes After Transcatheter Therapies for Valvular Heart Diseases: A Systematic Review and Meta-Analysis

Felipe Matheus Sant'Anna Aragão¹, Iapunira Catarina Sant'Anna Aragão², João Lucas Silveira Guerra³, Miguel Maximiano Morais Moreira⁴, Enzo Gabriel Martins Aragão⁵, Bárbara Costa Lourenço⁶, Vera Lúcia Corrêa Feitosa⁷, Francisco Prado Reis⁸, José Aderval Aragão⁹

E-mail correspondente: felipemsaragao@hotmail.com

Data de publicação: 09 de Maio de 2026

DOI: <http://doi.org/10.55703/27644006060122>

RESUMO

As doenças valvares cardíacas representam importante causa de morbimortalidade cardiovascular, especialmente em populações envelhecidas e com múltiplas comorbidades. Nas últimas décadas, as terapias transcater modificaram profundamente o tratamento da estenose aórtica, da insuficiência mitral e da insuficiência tricúspide, ampliando as possibilidades terapêuticas para pacientes com risco cirúrgico elevado ou contraindicação à cirurgia convencional. Esta revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos teve como objetivo avaliar os efeitos das terapias transcater em doenças valvares sobre o remodelamento ventricular esquerdo e direito, bem como sua associação com desfechos clínicos. Foram incluídos 30 estudos envolvendo TAVI/TAVR, reparo mitral transcater borda a borda, substituição mitral transcater e intervenções tricúspides transcater. Em razão da heterogeneidade clínica e metodológica entre as valvopatias, dispositivos e populações avaliadas, os resultados foram organizados por subgrupos terapêuticos e analisados por meio de síntese quantitativa tabular. Os achados indicaram que a TAVI/TAVR apresentou a evidência mais consolidada, associando-se à redução da sobrecarga pressórica, remodelamento reverso do ventrículo esquerdo e melhora de desfechos clínicos em diferentes perfis de risco. Nas terapias mitrais, o benefício foi mais dependente da seleção dos pacientes, do grau de remodelamento ventricular basal e da proporcionalidade da regurgitação mitral. Nas intervenções tricúspides, observou-se melhora da qualidade de vida, redução da regurgitação e potencial remodelamento das câmaras direitas, embora os efeitos sobre mortalidade ainda exijam maior confirmação. Conclui-se que o remodelamento ventricular constitui marcador relevante de resposta terapêutica e prognóstico após terapias valvares transcater, devendo ser incorporado à avaliação clínica, ecocardiográfica e metodológica de estudos futuros.

Palavras-chave: doenças das valvas cardíacas; procedimentos transcater; remodelamento ventricular; metanálise.

ABSTRACT

Valvular heart diseases are an important cause of cardiovascular morbidity and mortality, especially among older populations and patients with multiple comorbidities. In recent decades, transcatheter therapies have profoundly changed the treatment of aortic stenosis, mitral regurgitation, and tricuspid regurgitation, expanding therapeutic options for patients at high surgical risk or with contraindications to conventional surgery. This systematic review with subgroup-structured meta-analysis aimed to evaluate the effects of transcatheter therapies for valvular heart diseases on left and right ventricular remodeling, as well as their association with clinical outcomes. Thirty studies involving TAVI/TAVR, mitral transcatheter edge-to-edge repair, transcatheter mitral valve replacement, and transcatheter tricuspid interventions were included. Due to the clinical and methodological heterogeneity among the valvular diseases, devices, and populations evaluated, the results were organized by therapeutic subgroups and analyzed through a tabular quantitative

synthesis. The findings indicated that TAVI/TAVR presented the most consolidated evidence, being associated with reduced pressure overload, left ventricular reverse remodeling, and improved clinical outcomes across different risk profiles. In mitral therapies, the benefit was more dependent on patient selection, baseline ventricular remodeling, and the proportionality of mitral regurgitation. In tricuspid interventions, improvements in quality of life, reduction of regurgitation, and potential right-sided chamber remodeling were observed, although the effects on mortality still require further confirmation. In conclusion, ventricular remodeling is a relevant marker of therapeutic response and prognosis after transcatheter valve therapies and should be incorporated into clinical, echocardiographic, and methodological assessment in future studies.

Keywords: heart valve diseases; transcatheter procedures; ventricular remodeling; meta-analysis.

INTRODUÇÃO

As doenças valvares cardíacas representam uma das principais causas de morbimortalidade cardiovascular no mundo, especialmente em populações envelhecidas, nas quais a estenose aórtica, a insuficiência mitral e a insuficiência tricúspide assumem elevada relevância clínica. Essas condições promovem alterações hemodinâmicas progressivas, caracterizadas por sobrecarga pressórica ou volumétrica sobre as câmaras

cardíacas, levando à deterioração estrutural e funcional do miocárdio. Quando não tratadas de forma adequada, as valvopatias avançadas podem evoluir com insuficiência cardíaca, arritmias, hipertensão pulmonar, declínio da capacidade funcional, múltiplas hospitalizações e aumento expressivo do risco de morte cardiovascular.

Historicamente, o tratamento cirúrgico convencional foi considerado o

padrão terapêutico para grande parte das valvopatias graves sintomáticas. No entanto, parcela significativa dos pacientes apresenta idade avançada, fragilidade, múltiplas comorbidades, disfunção ventricular, doença renal crônica, hipertensão pulmonar ou risco cirúrgico elevado, fatores que limitam a indicação de cirurgia aberta. Nesse cenário, as terapias valvares transcater modificaram de maneira profunda o manejo das doenças cardíacas estruturais, permitindo tratar pacientes antes considerados inoperáveis ou de risco proibitivo. A implantação valvar aórtica transcater, inicialmente avaliada em pacientes com estenose aórtica grave inoperáveis, demonstrou redução significativa de mortalidade e reinternações quando comparada ao tratamento clínico isolado [1]. Posteriormente, estudos randomizados confirmaram a eficácia e a segurança da TAVI/TAVR em pacientes de alto risco, risco intermediário e, mais recentemente, baixo risco cirúrgico, ampliando progressivamente suas indicações clínicas [2-10].

Na estenose aórtica, a sobrecarga pressórica crônica imposta ao ventrículo esquerdo conduz inicialmente à hipertrofia compensatória, aumento da massa ventricular e alterações da

complacência miocárdica. Com a progressão da doença, esse processo pode evoluir para fibrose intersticial, disfunção diastólica, redução da reserva contrátil, dilatação ventricular e insuficiência cardíaca. A correção da obstrução valvar por TAVI/TAVR reduz abruptamente o gradiente transvalvar e a pós-carga ventricular, criando condições fisiológicas favoráveis ao remodelamento reverso. Estudos clínicos demonstraram que a recuperação funcional e estrutural do ventrículo esquerdo após TAVR está associada a melhor prognóstico, sugerindo que a reversibilidade do dano miocárdico constitui marcador relevante de resposta terapêutica [11]. Além disso, investigações recentes indicam que pacientes com estenose aórtica predominante ou doença valvar aórtica mista podem apresentar regressão de alterações geométricas e funcionais após a intervenção transcater, com impacto potencial sobre a evolução clínica [12,13].

A insuficiência mitral, por sua vez, representa um modelo fisiopatológico distinto, no qual a sobrecarga volumétrica crônica contribui para dilatação ventricular esquerda, aumento dos volumes sistólico e diastólico, remodelamento atrial, hipertensão pulmonar e piora progressiva da insuficiência cardíaca. Em pacientes com

insuficiência mitral primária, o defeito anatômico valvar é o principal determinante da regurgitação, enquanto na insuficiência mitral secundária a alteração decorre predominantemente do remodelamento ventricular e da deformação do aparato subvalvar. Essa diferença é essencial, pois o benefício das terapias transcater depende não apenas da redução da regurgitação, mas também do estágio de comprometimento ventricular e da capacidade de remodelamento reverso após a intervenção.

O reparo mitral transcater borda a borda, representado inicialmente pelo MitraClip, emergiu como alternativa menos invasiva à cirurgia em pacientes selecionados com insuficiência mitral significativa. O estudo EVEREST II demonstrou que o reparo percutâneo apresentava melhor perfil de segurança inicial quando comparado à cirurgia, embora com maior frequência de regurgitação mitral residual ou recorrente [14]. O seguimento de cinco anos confirmou a durabilidade clínica do procedimento em subgrupos selecionados, consolidando o papel da terapia transcater como alternativa viável em pacientes com anatomia favorável e risco cirúrgico aumentado [15]. Entretanto, foi na insuficiência mitral secundária

associada à insuficiência cardíaca que a discussão científica se tornou mais complexa, especialmente diante dos resultados divergentes entre os estudos COAPT e MITRA-FR.

No estudo COAPT, o reparo mitral transcater associado ao tratamento clínico otimizado reduziu hospitalizações por insuficiência cardíaca e mortalidade em pacientes com insuficiência mitral secundária moderada a grave ou grave, cuidadosamente selecionados [16]. Em contraste, o estudo MITRA-FR não demonstrou superioridade significativa do reparo percutâneo em relação ao tratamento clínico isolado em população também portadora de insuficiência cardíaca e insuficiência mitral secundária [17]. O seguimento posterior do MITRA-FR manteve a ausência de benefício clínico expressivo, reforçando a hipótese de que a magnitude do remodelamento ventricular basal, a proporcionalidade da regurgitação mitral em relação ao tamanho do ventrículo esquerdo e a seleção anatômica do paciente influenciam diretamente os resultados [18]. O seguimento de cinco anos do COAPT, por outro lado, confirmou benefício clínico sustentado, sugerindo que, em pacientes adequadamente selecionados, a correção transcater da insuficiência mitral pode alterar a

trajetória natural da insuficiência cardíaca [19].

Nesse contexto, o remodelamento ventricular assume posição central como variável intermediária entre sucesso técnico e benefício clínico. A simples redução da regurgitação valvar pode não ser suficiente para melhorar sobrevida ou reduzir hospitalizações quando o miocárdio já apresenta dano avançado e irreversível. Por outro lado, a presença de remodelamento reverso após a intervenção pode refletir recuperação hemodinâmica efetiva, redução de estresse parietal, melhora da eficiência contrátil e menor progressão da insuficiência cardíaca. Análises derivadas do COAPT demonstraram que o remodelamento ventricular após TEER mitral se associa a melhores desfechos clínicos, reforçando a relevância dos parâmetros ecocardiográficos e funcionais como marcadores prognósticos [20]. Estudos multicêntricos também indicam que a etiologia da insuficiência mitral e o padrão de remodelamento cardíaco influenciam os resultados após o reparo transcater, destacando a necessidade de estratificação individualizada dos pacientes [21].

Além do reparo mitral, a substituição mitral transcater tem sido investigada como estratégia emergente para pacientes com insuficiência mitral grave, anatomia desfavorável ao reparo ou alto risco cirúrgico. Estudos de viabilidade demonstraram que a substituição mitral transcater pode reduzir de forma significativa a regurgitação e melhorar sintomas em pacientes selecionados, embora ainda existam desafios relacionados à seleção anatômica, obstrução da via de saída do ventrículo esquerdo, trombose valvar, durabilidade protética e eventos adversos em populações de alta complexidade [22-24]. Apesar de promissora, essa modalidade ainda exige maior consolidação de evidências, especialmente quanto ao impacto sobre remodelamento ventricular e desfechos de longo prazo.

A insuficiência tricúspide, por muito tempo subdiagnosticada e subtratada, tem recebido crescente atenção científica em razão de sua associação com pior prognóstico, maior mortalidade, hospitalizações recorrentes e deterioração da qualidade de vida. A regurgitação tricúspide significativa promove sobrecarga volumétrica do ventrículo direito, dilatação anular, aumento das câmaras direitas, disfunção ventricular

direita, congestão sistêmica e comprometimento heparrenal. Diferentemente do ventrículo esquerdo, o ventrículo direito possui maior sensibilidade às mudanças de pós-carga e geometria complexa, o que torna sua avaliação mais desafiadora. Assim, parâmetros como TAPSE, fração de área de encurtamento, dimensões do ventrículo direito, strain ventricular direito e função atrial direita são fundamentais para compreender a resposta às terapias transcater tricúspides.

O reparo tricúspide transcater borda a borda demonstrou redução da gravidade da regurgitação tricúspide, melhora funcional e ganhos em qualidade de vida em pacientes sintomáticos selecionados [25]. O estudo TRILUMINATE Pivotal representou marco importante ao demonstrar que o reparo transcater da insuficiência tricúspide melhora desfechos relatados pelo paciente e reduz a gravidade da regurgitação, com perfil de segurança aceitável [26]. Seguimentos subsequentes reforçaram a durabilidade parcial da redução da regurgitação e a melhora clínica em médio prazo [27,28]. Estudos recentes também sugerem que alterações na função e no remodelamento do ventrículo direito após intervenções

tricúspides podem estar relacionadas à evolução clínica, indicando que o ventrículo direito deve ser analisado não apenas como consequência da valvopatia, mas como determinante central do prognóstico [29,30].

Apesar dos avanços expressivos das terapias transcater, ainda existem lacunas relevantes na literatura. Muitos estudos priorizam desfechos clínicos como mortalidade, hospitalização e segurança procedimental, enquanto os parâmetros de remodelamento ventricular são frequentemente avaliados de forma heterogênea, com diferentes métodos de imagem, tempos de seguimento e definições de resposta. Além disso, há grande variação entre valvopatias, dispositivos, populações, gravidade da doença, fração de ejeção basal, risco cirúrgico, presença de hipertensão pulmonar e grau de disfunção ventricular prévia. Essa heterogeneidade dificulta a interpretação isolada dos estudos e reforça a necessidade de síntese sistemática das evidências disponíveis.

A metanálise torna-se particularmente relevante nesse campo porque permite estimar, de forma agregada, a magnitude das mudanças estruturais e funcionais ventriculares após terapias transcater, bem como sua

relação com desfechos clínicos relevantes. Ao organizar os estudos por tipo de valvopatia, intervenção e ventrículo analisado, é possível compreender se o remodelamento reverso constitui apenas um marcador ecocardiográfico de resposta ou se representa um mediador prognóstico associado à redução de mortalidade, hospitalização por insuficiência cardíaca e melhora funcional. Essa abordagem também pode contribuir para identificar subgrupos de maior benefício, refinar critérios de seleção de pacientes e orientar futuras pesquisas em cardiologia intervencionista estrutural.

METODOLOGIA

Esta revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos foi conduzida de acordo com as recomendações da declaração PRISMA 2020, com o objetivo de avaliar os efeitos das terapias transcater em doenças valvares cardíacas sobre o remodelamento ventricular e os desfechos clínicos em adultos. A pergunta norteadora foi estruturada com base na estratégia PICO: em pacientes adultos com doenças valvares cardíacas, as terapias transcater, quando comparadas

Dessa forma, a presente revisão sistemática com metanálise tem como objetivo avaliar o impacto das terapias transcater em doenças valvares sobre o remodelamento ventricular esquerdo e direito, bem como investigar sua associação com desfechos clínicos em pacientes adultos com estenose aórtica, insuficiência mitral e insuficiência tricúspide. Ao integrar evidências provenientes de ensaios clínicos randomizados, registros multicêntricos e estudos observacionais, este estudo busca oferecer uma síntese crítica e quantitativa sobre a relevância do remodelamento ventricular como marcador de resposta terapêutica e prognóstico após intervenções valvares transcater.

ao tratamento clínico otimizado, à cirurgia convencional ou ao estado basal pré-procedimento, associaram-se a remodelamento ventricular reverso e melhora dos desfechos clínicos?

Foram consideradas elegíveis publicações envolvendo pacientes adultos com estenose aórtica, insuficiência mitral ou insuficiência tricúspide submetidos a terapias transcater, incluindo TAVI/TAVR, reparo mitral transcater borda a borda, substituição mitral

transcateter, reparo tricúspide transcateter e substituição tricúspide transcateter. Foram incluídos ensaios clínicos randomizados, estudos prospectivos, registros multicêntricos, coortes retrospectivas e análises secundárias de grandes estudos, desde que apresentassem dados relacionados ao remodelamento ventricular esquerdo ou direito, função ventricular, mortalidade, hospitalização por insuficiência cardíaca, eventos cardiovasculares, classe funcional ou qualidade de vida.

A busca bibliográfica foi realizada nas bases PubMed/MEDLINE, Embase, Scopus, Web of Science, Cochrane Library e ClinicalTrials.gov. Foram utilizados termos controlados e livres relacionados a doenças valvares, intervenções transcateter, remodelamento ventricular e desfechos clínicos. A estratégia de busca combinou termos como “valvular heart disease”, “aortic stenosis”, “mitral regurgitation”, “tricuspid regurgitation”, “transcatheter aortic valve replacement”, “TAVR”, “TAVI”, “transcatheter edge-to-edge repair”, “TEER”, “MitraClip”, “TriClip”, “PASCAL”, “TMVR”, “TTVR”, “ventricular remodeling”, “reverse remodeling”, “left ventricular function”, “right ventricular function”, “mortality”, “heart failure hospitalization” e “clinical

outcomes”. Foram excluídos relatos de caso isolados, estudos pré-clínicos, editoriais, cartas ao editor, revisões narrativas e estudos sem dados extraíveis relacionados aos desfechos de interesse.

A seleção dos estudos foi realizada em duas etapas. Inicialmente, títulos e resumos foram avaliados por dois revisores independentes. Em seguida, os artigos potencialmente elegíveis foram analisados em texto completo. As discordâncias foram resolvidas por consenso ou por um terceiro avaliador. O processo de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão foi organizado conforme a lógica PRISMA, com registro dos motivos de exclusão na etapa de leitura integral.

Os dados extraídos incluíam autor, ano, país ou consórcio, desenho do estudo, tamanho amostral, características clínicas da população, tipo de valvopatia, intervenção realizada, comparador, tempo de seguimento, parâmetros de remodelamento ventricular e desfechos clínicos. Para remodelamento ventricular esquerdo, foram considerados dados de fração de ejeção, volumes ventriculares, massa ventricular esquerda, diâmetros ventriculares, geometria cardíaca e strain longitudinal global, quando disponíveis. Para remodelamento ventricular direito,

foram considerados TAPSE, fração de área de encurtamento, volume do ventrículo direito, dimensão basal do ventrículo direito, remodelamento das câmaras direitas e strain ventricular direito, quando disponíveis. Os principais desfechos clínicos incluíram mortalidade por todas as causas, mortalidade cardiovascular, hospitalização por insuficiência cardíaca, eventos cardiovasculares maiores, reintervenção valvar, classe funcional NYHA, qualidade de vida, redução da gravidade da regurgitação valvar e segurança procedimental.

O risco de viés foi avaliado conforme o delineamento metodológico dos estudos incluídos. Ensaio clínicos randomizados foram analisados com base nos domínios da ferramenta RoB 2 da Cochrane, enquanto estudos não randomizados de intervenções foram avaliados conforme os princípios do ROBINS-I. Estudos observacionais, registros e coortes foram analisados considerando critérios de seleção da população, comparabilidade entre grupos, definição dos desfechos, tempo de seguimento e clareza na apresentação dos resultados. A certeza geral da evidência foi interpretada de forma qualitativa, considerando risco de viés, consistência dos achados, aplicabilidade clínica,

precisão dos resultados e relevância dos desfechos avaliados.

A síntese dos resultados foi inicialmente descritiva e posteriormente organizada em matriz quantitativa por subgrupos, considerando o tipo de intervenção, a valvopatia tratada, o ventrículo predominantemente analisado e os principais desfechos clínicos. Em razão da elevada heterogeneidade clínica e metodológica entre as terapias transcater avaliadas, não foi realizada estimativa global única envolvendo todos os estudos. A análise foi conduzida de forma estratificada, agrupando separadamente os estudos sobre TAVI/TAVR, reparo mitral transcater borda a borda, substituição mitral transcater e intervenções tricúspides transcater.

Para a interpretação dos dados, foram consideradas a direção predominante do efeito, a consistência dos achados entre os estudos, o perfil metodológico das publicações, o tipo de comparador utilizado, o tempo de seguimento e a presença de desfechos relacionados ao remodelamento ventricular e à evolução clínica. Os resultados foram apresentados em tabelas de síntese, contemplando distribuição dos estudos, parâmetros de remodelamento

ventricular, desfechos clínicos, heterogeneidade entre subgrupos e força da evidência. Essa estratégia permitiu preservar a coerência clínica da análise, evitando a combinação estatística de populações, dispositivos e valvopatias substancialmente distintos.

Foram realizadas análises por subgrupo de acordo com o tipo de intervenção, tipo de valvopatia, ventrículo analisado, tempo de seguimento, perfil de risco cirúrgico, fração de ejeção basal e desenho do estudo. A avaliação da robustez dos achados considerou a consistência entre estudos, a presença de amostras multicêntricas, o delineamento metodológico, o risco de viés e a aplicabilidade clínica dos resultados. O viés de publicação foi considerado de

forma qualitativa, especialmente nos subgrupos com menor número de estudos, nos quais a aplicação de métodos gráficos ou estatísticos formais seria limitada.

Essa abordagem metodológica foi adotada para compatibilizar a proposta de metanálise com a heterogeneidade do campo das terapias valvares transcater, permitindo uma síntese quantitativa tabular por subgrupos sem produzir uma estimativa global artificial. Dessa forma, buscou-se avaliar de maneira mais precisa a relação entre intervenção transcater, remodelamento ventricular e desfechos clínicos, respeitando as diferenças fisiopatológicas entre estenose aórtica, insuficiência mitral e insuficiência tricúspide.

RESULTADOS

A presente revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos incluiu 30 estudos que avaliaram terapias transcater aplicadas ao tratamento de doenças valvares cardíacas e seus efeitos sobre o remodelamento ventricular e os desfechos clínicos. Os estudos selecionados contemplaram três grandes grupos de valvopatias: doença valvar aórtica, insuficiência mitral e

insuficiência tricúspide. As intervenções analisadas incluíram implantação valvar aórtica transcater, reparo mitral transcater borda a borda, substituição mitral transcater e intervenções tricúspides transcater.

Do total de estudos incluídos, 13 abordaram intervenções aórticas transcater, 11 avaliaram terapias mitrais transcater e 6 investigaram intervenções

tricúspides transcater. A maioria dos estudos apresentou delineamento clínico robusto, incluindo ensaios clínicos randomizados, registros multicêntricos, estudos prospectivos, coortes observacionais e análises secundárias de grandes estudos. Os principais desfechos avaliados envolveram mortalidade por todas as causas, hospitalização por insuficiência cardíaca, eventos cardiovasculares maiores, melhora da classe funcional, qualidade de vida, redução da gravidade da regurgitação valvar e parâmetros de remodelamento ventricular esquerdo ou direito.

A análise dos estudos evidenciou elevada heterogeneidade clínica e

metodológica entre os eixos terapêuticos, especialmente em relação ao tipo de valvopatia, intervenção realizada, perfil basal dos pacientes, ventrículo analisado, método de avaliação por imagem e tempo de seguimento. Por esse motivo, os resultados foram organizados por subgrupos terapêuticos e anatômicos, evitando a combinação indiscriminada de populações e intervenções substancialmente distintas. Essa estrutura permitiu interpretar a direção predominante dos efeitos das terapias transcater sobre o remodelamento ventricular e os desfechos clínicos, preservando a coerência fisiopatológica entre as doenças valvares avaliadas.

Tabela 1 - Distribuição dos estudos incluídos segundo eixo terapêutico e intervenção transcater

Eixo terapêutico	Tipo de intervenção	Estudos incluídos	Proporção dos estudos	Valvopatia predominante	Ventrículo predominantemente analisado
Valvopatia aórtica	TAVI/TAVR	13	43,3%	Estenose aórtica grave e doença valvar aórtica mista	Ventrículo esquerdo
Valvopatia mitral	TEER mitral/MitraClip	8	26,7%	Insuficiência mitral primária e secundária	Ventrículo esquerdo
Valvopatia mitral	TMVR	3	10,0%	Insuficiência mitral grave em pacientes de alto risco	Ventrículo esquerdo
Valvopatia tricúspide	T-TEER/TTVI	6	20,0%	Insuficiência tricúspide significativa	Ventrículo direito

Eixo terapêutico	Tipo de intervenção	Estudos incluídos	Proporção dos estudos	Valvopatia predominante	Ventrículo predominantemente analisado
Total	Terapias transcater valvares	30	100%	Doenças valvares cardíacas	Ventrículo esquerdo e direito

Em relação às intervenções aórticas, os estudos demonstraram que a TAVI/TAVR esteve associada à melhora hemodinâmica em pacientes com estenose aórtica grave, principalmente pela redução da sobrecarga pressórica imposta ao ventrículo esquerdo. Os estudos PARTNER, SURTAVI e demais investigações correlatas sustentaram benefício clínico progressivo da TAVI/TAVR em diferentes perfis de risco cirúrgico, incluindo pacientes inoperáveis, de alto risco, risco intermediário e baixo risco [1-10]. Estudos específicos também indicaram que a reversibilidade da função ventricular e a regressão de alterações estruturais após TAVR estiveram associadas a melhor prognóstico, reforçando o remodelamento ventricular esquerdo como marcador relevante de resposta terapêutica [11-13].

Nas terapias mitrais transcater, observou-se maior heterogeneidade dos resultados. O reparo mitral transcater borda a borda apresentou perfil de

segurança favorável em comparação à cirurgia no estudo EVEREST II, embora com maior frequência de regurgitação residual em determinados grupos [14,15]. Em pacientes com insuficiência mitral secundária e insuficiência cardíaca, os estudos COAPT e MITRA-FR apresentaram resultados divergentes. Enquanto o COAPT demonstrou benefício clínico em pacientes criteriosamente selecionados [16,19], o MITRA-FR não evidenciou superioridade clínica relevante em relação ao tratamento clínico isolado [17,18]. Essa divergência indicou que o grau de remodelamento ventricular basal, a proporcionalidade da insuficiência mitral e a seleção anatômica dos pacientes influenciaram diretamente a resposta clínica após TEER.

Nas intervenções tricúspides, os estudos incluídos demonstraram que o reparo tricúspide transcater esteve associado à redução da gravidade da insuficiência tricúspide, melhora da classe funcional e ganhos em qualidade

de vida em pacientes selecionados [25-28]. Estudos mais recentes indicaram que alterações na função ventricular direita após T-TEER estiveram relacionadas à evolução clínica, destacando a importância da avaliação do ventrículo direito como marcador prognóstico em pacientes com insuficiência tricúspide significativa [29,30].

Tabela 2 - Síntese quantitativa tabular por subgrupo terapêutico e desfechos predominantes

Subgrupo analisado	Estudos incluídos	Desfechos predominantes avaliados	Direção predominante do efeito	Heterogeneidade clínica e metodológica	Interpretação clínica
TAVI/TAVR	13	Mortalidade, AVC, hospitalização, eventos cardiovasculares maiores e remodelamento do VE	Favorável à TAVI/TAVR nos estudos de maior robustez	Moderada	Evidência mais consolidada entre as terapias analisadas, com melhora clínica e remodelamento reverso do VE em diferentes perfis de risco.
TEER mitral	8	Hospitalização por insuficiência cardíaca, mortalidade, classe funcional, qualidade de vida e remodelamento do VE	Favorável em pacientes selecionados, especialmente em perfil semelhante ao COAPT	Alta	Benefício dependente da seleção anatômica, da gravidade da regurgitação e do grau de remodelamento ventricular basal.
TMVR	3	Segurança, redução da regurgitação mitral, melhora sintomática, mortalidade e eventos adversos	Favorável à viabilidade técnica e melhora sintomática	Alta	Tecnologia promissora, porém com evidência menos consolidada e necessidade de seguimento mais prolongado.
T-TEER/TTVI	6	Redução da regurgitação tricúspide, classe funcional, qualidade de vida, função do VD e segurança	Favorável para sintomas, qualidade de vida e redução da regurgitação	Moderada a alta	Evidência crescente para melhora funcional, com efeitos sobre mortalidade e hospitalização ainda em

Subgrupo analisado	Estudos incluídos	Desfechos predominantes avaliados	Direção predominante do efeito	Heterogeneidade clínica e metodológica	Interpretação clínica
					consolidação.

A síntese por subgrupos demonstrou que a realização de uma estimativa global única para todas as terapias transcater não seria metodologicamente adequada, considerando as diferenças entre valvopatias, dispositivos, populações, câmaras ventriculares analisadas e tempos de seguimento. Assim, a análise

tabular foi estruturada conforme o eixo terapêutico e o ventrículo predominantemente afetado, permitindo interpretação mais consistente dos efeitos da TAVI/TAVR sobre o ventrículo esquerdo, das terapias mitrais sobre a sobrecarga volumétrica ventricular esquerda e das intervenções tricúspides sobre o remodelamento das câmaras direitas.

Tabela 3 - Parâmetros de remodelamento ventricular avaliados nos estudos incluídos

Parâmetro de remodelamento	Ventrículo avaliado	Intervenções mais associadas	Direção predominante observada	Relevância clínica
Fração de ejeção do ventrículo esquerdo	VE	TAVI/TAVR, TEER mitral, TMVR	Melhora ou estabilização em subgrupos selecionados	Indicador de recuperação funcional ou estabilização da disfunção ventricular.
Massa ventricular esquerda	VE	TAVI/TAVR	Redução após alívio da sobrecarga pressórica	Marcador de regressão da hipertrofia ventricular esquerda.
Volume diastólico final do VE	VE	TEER mitral, TMVR	Redução ou estabilização em pacientes responsivos	Reflete redução da sobrecarga volumétrica e remodelamento reverso.
Volume sistólico final do VE	VE	TEER mitral, TAVI/TAVR	Redução ou estabilização	Relaciona-se à melhora da eficiência contrátil e menor progressão da insuficiência cardíaca.

Parâmetro de remodelamento	Ventrículo avaliado	Intervenções mais associadas	Direção predominante observada	Relevância clínica
Geometria cardíaca	VE/VD	TAVI/TAVR, T-TEER/TTVI	Melhora variável conforme estágio da doença	Indica reversibilidade estrutural após correção valvar.
TAPSE	VD	T-TEER/TTVI	Estabilização ou alteração dependente das condições de carga	Parâmetro relevante de função longitudinal do ventrículo direito.
Dimensões do ventrículo direito	VD	T-TEER/TTVI	Redução ou estabilização em pacientes com resposta favorável	Sugere remodelamento reverso das câmaras direitas.
Strain ventricular	VE/VD	TAVI/TAVR, TEER mitral, T-TEER/TTVI	Melhora em estudos com avaliação avançada por imagem	Marcador sensível de função miocárdica subclínica.

A análise dos parâmetros estruturais demonstrou que o remodelamento ventricular reverso foi descrito de forma mais consistente nos estudos envolvendo TAVI/TAVR, especialmente em razão da redução da sobrecarga pressórica após correção da estenose aórtica [1-13]. Nos estudos mitrais, a resposta ventricular foi mais variável, dependendo da gravidade

basal da disfunção ventricular, da intensidade da regurgitação mitral, da seleção anatômica e da otimização do tratamento clínico [14-21]. Nas intervenções tricúspides, o remodelamento das câmaras direitas mostrou associação com melhora funcional e qualidade de vida, embora os dados sobre mortalidade e hospitalização ainda tenham sido menos conclusivos [25-30].

Tabela 4 - Síntese dos desfechos clínicos segundo tipo de intervenção transcaterter

Intervenção	Mortalidade	Hospitalização por insuficiência cardíaca	Classe funcional e qualidade de vida	Segurança procedimental	Síntese interpretativa
-------------	-------------	---	--------------------------------------	-------------------------	------------------------

Intervenção	Mortalidade	Hospitalização por insuficiência cardíaca	Classe funcional e qualidade de vida	Segurança procedimental	Síntese interpretativa
TAVI/TAVR	Redução ou não inferioridade em relação à cirurgia, conforme perfil de risco	Redução em subgrupos de maior benefício	Melhora funcional progressiva	Perfil de segurança consolidado, com atenção a AVC, complicações vasculares e necessidade de marca-passo	Evidência clínica mais robusta entre as terapias analisadas.
TEER mitral	Benefício em pacientes selecionados, especialmente no COAPT	Redução relevante em pacientes com insuficiência mitral secundária e perfil anatômico-funcional favorável	Melhora de sintomas e qualidade de vida	Menor invasividade em relação à cirurgia, com possibilidade de regurgitação residual	Benefício fortemente dependente da seleção do paciente.
TMVR	Dados ainda limitados para conclusão definitiva	Evidência insuficiente para conclusão robusta	Melhora sintomática em estudos de viabilidade	Risco associado à complexidade anatômica e eventos adversos específicos	Tecnologia promissora, porém ainda com menor nível de evidência.
T-TEER/TTVI	Efeito sobre mortalidade ainda não plenamente definido	Dados ainda em consolidação	Melhora consistente de sintomas, classe funcional e qualidade de vida	Perfil inicial favorável em pacientes selecionados	Intervenção emergente com impacto funcional relevante.

Os resultados clínicos indicaram que as terapias transcater apresentaram impacto mais robusto sobre mortalidade e hospitalização nos estudos aórticos e em subgrupos mitrais criteriosamente selecionados. Nas intervenções

tricúspides, os efeitos mais consistentes ocorreram sobre qualidade de vida, classe funcional e redução da regurgitação, enquanto os efeitos sobre mortalidade e hospitalização ainda dependeram de maior tempo de seguimento e de estudos com maior poder estatístico.

Tabela 5 - Heterogeneidade clínica e metodológica entre os subgrupos analisados

Fonte de heterogeneidade	Impacto sobre a análise	Consequência para a síntese dos resultados	Estratégia adotada
Tipo de valvopatia	Elevado	Impediu análise global única envolvendo todas as intervenções	Organização por subgrupos aórtico, mitral e tricúspide.
Tipo de dispositivo	Moderado a elevado	Influenciou sucesso técnico, segurança e remodelamento	Análise separada por TAVI/TAVR, TEER mitral, TMVR e T-TEER/TTVI.
Perfil basal dos pacientes	Elevado	Modificou mortalidade, hospitalização e resposta ventricular	Consideração do risco cirúrgico, FEVE basal e gravidade da doença.
Tempo de seguimento	Moderado	Alterou a magnitude dos efeitos clínicos e estruturais	Interpretação separada conforme seguimento curto, médio ou prolongado.
Parâmetros de imagem	Elevado	Dificultou comparação direta entre medidas de remodelamento	Agrupamento por variável semelhante e ventrículo analisado.
Desenho do estudo	Moderado	Ensaio clínico, registros e coortes apresentaram diferentes riscos de viés	Interpretação conforme robustez metodológica e consistência dos achados.

A heterogeneidade observada sobre valvopatias diferentes poderia reforçar a necessidade de interpretar os achados com cautela. A combinação estatística indiscriminada de estudos superestimar ou subestimar o efeito das terapias transcater. Portanto, a síntese por subgrupos representou a estratégia metodológica mais adequada para preservar a validade clínica dos achados.

Tabela 6 - Força da evidência segundo domínio avaliado

Domínio avaliado	Força da evidência	Principal achado	Implicação clínica
Remodelamento reverso do VE após TAVI/TAVR	Alta	Redução da sobrecarga pressórica e melhora estrutural do VE	TAVI/TAVR apresentou evidência consistente para remodelamento ventricular favorável.

Domínio avaliado	Força da evidência	Principal achado	Implicação clínica
Desfechos clínicos após TAVI/TAVR	Alta	Benefício clínico ou não inferioridade em mortalidade e eventos maiores, conforme perfil de risco	Terapia consolidada em diferentes estratos de risco cirúrgico.
Remodelamento do VE após TEER mitral	Moderada	Resposta dependente da seleção dos pacientes e do grau de remodelamento basal	O benefício foi maior quando a intervenção ocorreu antes de dano ventricular irreversível.
Desfechos clínicos após TEER mitral	Moderada	Redução de hospitalização e mortalidade em subgrupos selecionados	A seleção anatômica e funcional foi determinante para o sucesso.
TMVR e remodelamento ventricular	Baixa a moderada	Evidência promissora, porém ainda limitada	Necessidade de estudos randomizados e seguimento prolongado.
Remodelamento do VD após T-TEER/TTVI	Moderada	Redução da regurgitação tricúspide e melhora funcional	O VD deve ser considerado marcador central de resposta.
Mortalidade após intervenções tricúspides	Baixa a moderada	Benefício ainda não plenamente definido	Necessidade de estudos com maior poder estatístico e longo prazo.

De forma geral, os resultados indicaram que as terapias transcater em doenças valvares estiveram associadas à melhora estrutural e funcional cardíaca, com impacto clínico variável conforme a valvopatia tratada. Nas doenças aórticas, o remodelamento reverso ventricular esquerdo ocorreu principalmente pela redução da sobrecarga pressórica após correção da estenose. Nas doenças mitrais, a resposta dependeu da redução da sobrecarga volumétrica e do grau de

comprometimento ventricular prévio. Nas doenças tricúspides, o benefício esteve relacionado à redução da regurgitação, melhora da congestão sistêmica e recuperação parcial da função ventricular direita.

A análise integrada demonstrou que o remodelamento ventricular não deve ser interpretado apenas como achado ecocardiográfico secundário, mas como marcador intermediário de resposta terapêutica. Pacientes que apresentaram

regressão de hipertrofia, redução de volumes ventriculares, melhora da função sistólica ou estabilização da geometria cardíaca tenderam a apresentar evolução clínica mais favorável, com menor carga sintomática e redução de eventos relacionados à insuficiência cardíaca [11,20,29,30].

Outro achado relevante foi a importância da seleção adequada dos pacientes. Os resultados divergentes entre COAPT e MITRA-FR demonstraram que a presença de insuficiência mitral secundária, isoladamente, não garante benefício clínico após TEER. O estágio do remodelamento ventricular, a extensão da dilatação do VE, a gravidade efetiva da regurgitação e a otimização do tratamento clínico foram fatores fundamentais para determinar a resposta à intervenção [16-19]. Esse mesmo princípio se aplicou às intervenções tricúspides, nas quais a disfunção ventricular direita avançada pode limitar

o grau de recuperação clínica, mesmo quando há redução significativa da regurgitação [25-30].

Assim, os achados desta revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos evidenciaram que as terapias transcater em doenças valvares estão associadas a remodelamento ventricular favorável e melhora de desfechos clínicos relevantes, principalmente quando indicadas em pacientes criteriosamente selecionados. A magnitude do benefício variou conforme o tipo de valvopatia, o estágio de remodelamento ventricular, a função miocárdica basal, a seleção anatômica, o dispositivo utilizado e o tempo de seguimento. Esses resultados reforçaram a necessidade de considerar o remodelamento ventricular como variável central na avaliação da efetividade das terapias transcater, especialmente em populações de alto risco e com insuficiência cardíaca avançada.

DISCUSSÃO

Os achados desta revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos indicam que as terapias transcater em doenças valvares cardíacas estão associadas a benefícios

clínicos e estruturais relevantes, embora a magnitude da resposta varie conforme a valvopatia tratada, o tipo de intervenção, o ventrículo predominantemente afetado e o estágio basal da doença. A síntese

tabular demonstrou que a análise global única de todas as terapias transcater não seria metodologicamente adequada, considerando a heterogeneidade entre estenose aórtica, insuficiência mitral e insuficiência tricúspide, bem como as diferenças fisiopatológicas entre sobrecarga pressórica, sobrecarga volumétrica esquerda e sobrecarga volumétrica direita.

A organização dos resultados por subgrupos permitiu uma interpretação mais coerente dos efeitos terapêuticos. No eixo aórtico, os estudos envolvendo TAVI/TAVR apresentaram a evidência mais consolidada, com benefício clínico consistente em diferentes perfis de risco cirúrgico e associação com remodelamento reverso do ventrículo esquerdo [1-13]. No eixo mitral, os resultados foram mais heterogêneos, especialmente na insuficiência mitral secundária, em que a resposta ao reparo transcater dependeu fortemente da seleção dos pacientes, da anatomia valvar, da extensão do remodelamento ventricular e da proporcionalidade da regurgitação [14-21]. No eixo tricúspide, os dados demonstraram melhora funcional e de qualidade de vida após intervenções transcater, embora os efeitos sobre mortalidade e hospitalização

ainda permaneçam menos definidos [25-30].

Na estenose aórtica grave, a TAVI/TAVR representa o campo mais maduro entre as terapias transcater avaliadas. Os ensaios clínicos randomizados e seus seguimentos demonstraram que a intervenção transcater pode alcançar resultados comparáveis ou superiores à cirurgia convencional em diferentes estratos de risco, desde pacientes inoperáveis até indivíduos de baixo risco cirúrgico [1-10]. Esses achados refletem não apenas o sucesso técnico da substituição valvar, mas também a capacidade da intervenção de modificar a carga hemodinâmica imposta ao ventrículo esquerdo.

Do ponto de vista fisiopatológico, a estenose aórtica impõe sobrecarga pressórica progressiva ao ventrículo esquerdo, levando à hipertrofia ventricular, aumento da massa miocárdica, disfunção diastólica e, em estágios avançados, comprometimento sistólico. A correção da obstrução valvar por TAVI/TAVR reduz a pós-carga ventricular, favorecendo regressão da hipertrofia e melhora da geometria cardíaca. Estudos específicos incluídos nesta revisão indicaram que a reversibilidade da função cardíaca e o

remodelamento reverso após TAVR se associaram a melhor evolução clínica, reforçando o valor prognóstico dos parâmetros ventriculares [11-13].

Entretanto, a resposta ventricular após TAVI/TAVR não deve ser interpretada como fenômeno uniforme. Pacientes com fibrose miocárdica avançada, disfunção ventricular importante, hipertensão pulmonar, doença renal crônica ou longo tempo de exposição à sobrecarga pressórica podem apresentar remodelamento incompleto, mesmo após correção adequada da valva. Isso sugere que o momento da intervenção é decisivo. Quanto mais precoce for a correção em relação ao estágio de dano miocárdico irreversível, maior tende a ser a probabilidade de remodelamento favorável e melhor resposta clínica.

Nas doenças mitrais, a interpretação dos resultados exige maior cautela. A insuficiência mitral, principalmente quando secundária, não representa apenas uma alteração valvar isolada, mas frequentemente uma consequência do remodelamento ventricular esquerdo. Nesses casos, a regurgitação mitral decorre da dilatação do ventrículo, do deslocamento dos músculos papilares e da alteração da geometria do aparato

mitral. Assim, a intervenção transcater atua sobre uma manifestação funcional da cardiomiopatia, e não necessariamente sobre sua causa primária.

Essa característica explica, em grande parte, os resultados divergentes entre COAPT e MITRA-FR [16-19]. O COAPT demonstrou benefício clínico importante do TEER mitral em pacientes cuidadosamente selecionados, com insuficiência mitral secundária significativa, tratamento clínico otimizado e perfil anatômico adequado [16,19]. Em contraste, o MITRA-FR não demonstrou superioridade relevante do reparo transcater em relação ao tratamento clínico isolado [17,18]. Essa divergência sugere que a seleção dos pacientes é determinante para o sucesso do TEER mitral.

A análise crítica desses estudos reforça o conceito de que o benefício do reparo mitral transcater depende da relação entre a gravidade da regurgitação e o grau de dilatação ventricular. Quando a insuficiência mitral é desproporcional ao tamanho do ventrículo, sua correção pode reduzir de forma significativa a sobrecarga volumétrica e melhorar os desfechos. Por outro lado, quando a regurgitação é apenas expressão de um ventrículo amplamente dilatado e

funcionalmente comprometido, o reparo valvar pode ter efeito limitado sobre mortalidade, hospitalização e remodelamento reverso. Assim, o TEER mitral deve ser interpretado como uma terapia altamente dependente de fenótipo clínico, anatômico e ventricular.

Os estudos relacionados ao remodelamento após TEER mitral indicaram que a melhora estrutural e funcional do ventrículo esquerdo se associa a melhor evolução clínica [20,21]. Esse achado é relevante porque desloca o foco da avaliação do procedimento para além da redução imediata da regurgitação. A resposta ventricular após a intervenção passa a ser um marcador intermediário de efetividade terapêutica. Em termos práticos, pacientes que apresentam redução dos volumes ventriculares, estabilização da fração de ejeção, melhora sintomática e menor recorrência de insuficiência mitral tendem a representar o grupo de maior benefício clínico.

A substituição mitral transcater apresentou evidência mais limitada quando comparada à TAVI/TAVR e ao TEER mitral [22-24]. Os estudos incluídos demonstraram viabilidade técnica, redução da regurgitação e melhora sintomática em pacientes de alto

risco, mas ainda existem limitações importantes relacionadas ao tamanho amostral, ao seguimento, à seleção anatômica e à segurança de longo prazo. Além disso, o impacto da TMVR sobre remodelamento ventricular ainda não está tão bem estabelecido quanto nas terapias aórticas. Portanto, embora promissora, essa modalidade permanece em fase de consolidação científica.

No eixo tricúspide, os resultados demonstraram que as intervenções transcater representam uma alternativa relevante para uma população historicamente subtratada. A insuficiência tricúspide significativa está associada a congestão sistêmica, disfunção ventricular direita, piora da capacidade funcional e redução da qualidade de vida. Os estudos incluídos mostraram que o reparo tricúspide transcater pode reduzir a gravidade da regurgitação, melhorar classe funcional e promover ganhos percebidos pelo paciente [25-28].

A avaliação do remodelamento ventricular direito, contudo, é mais complexa do que a avaliação do ventrículo esquerdo. O ventrículo direito possui geometria irregular, elevada dependência das condições de carga e grande sensibilidade à hipertensão pulmonar. Após a redução da

insuficiência tricúspide, alterações em parâmetros como TAPSE, dimensões do ventrículo direito e strain podem refletir tanto melhora estrutural quanto mudanças hemodinâmicas relacionadas à nova condição de carga. Dessa forma, a interpretação da função ventricular direita após T-TEER exige análise multiparamétrica e contextualizada.

Os estudos mais recentes sugeriram que alterações no ventrículo direito após intervenções tricúspides estão associadas à evolução clínica [29,30]. Esse achado é particularmente importante porque indica que o benefício da intervenção não depende apenas da redução da regurgitação, mas também da capacidade do ventrículo direito de responder ao novo estado hemodinâmico. Pacientes com disfunção ventricular direita avançada, hipertensão pulmonar grave ou congestão sistêmica prolongada podem apresentar melhora sintomática, mas menor probabilidade de recuperação estrutural ampla. Assim, como ocorre nas valvopatias mitrales, o momento da intervenção parece ser decisivo.

A síntese por subgrupos também evidenciou diferenças importantes na força da evidência entre as intervenções. A TAVI/TAVR apresentou o conjunto mais robusto de estudos, com maior

presença de ensaios randomizados, seguimentos prolongados e resultados consistentes. O TEER mitral apresentou evidência moderada, fortemente influenciada pela seleção dos pacientes e pelos critérios anatômicos e funcionais. A TMVR apresentou evidência baixa a moderada, por se tratar de tecnologia ainda em amadurecimento. As terapias tricúspides demonstraram evidência crescente, especialmente para melhora funcional e qualidade de vida, mas ainda com necessidade de maior confirmação para desfechos duros.

Esse padrão de evidência tem implicações diretas para a prática clínica. Nas valvopatias aórticas, a decisão terapêutica já pode ser fortemente sustentada por evidências consolidadas em diferentes perfis de risco. Nas doenças mitrales, a decisão deve ser mais seletiva, exigindo integração entre gravidade da regurgitação, dimensão ventricular, fração de ejeção, anatomia valvar, resposta ao tratamento clínico e risco cirúrgico. Nas doenças tricúspides, a decisão deve considerar não apenas a gravidade da regurgitação, mas também a reserva funcional do ventrículo direito, a presença de hipertensão pulmonar, o grau de congestão sistêmica e a expectativa de melhora funcional.

Outro ponto relevante é que o remodelamento ventricular emerge como variável central para a avaliação das terapias transcater. Em estudos cardiovasculares, desfechos como mortalidade e hospitalização são fundamentais, mas nem sempre capturam precocemente a resposta estrutural ao tratamento. O remodelamento ventricular permite compreender se a correção valvar resultou em melhora fisiológica efetiva, estabilização da progressão da doença ou apenas em correção anatômica sem repercussão funcional significativa. Assim, a incorporação sistemática de parâmetros como fração de ejeção, volumes ventriculares, massa ventricular, TAPSE, strain e dimensões das câmaras cardíacas pode aprimorar a avaliação de resposta e prognóstico.

A heterogeneidade observada entre os estudos também reforça a importância de evitar conclusões generalizadas. Combinar indiscriminadamente TAVI/TAVR, TEER mitral, TMVR e T-TEER em uma única estimativa global poderia produzir interpretação artificial, pois cada intervenção atua sobre uma fisiopatologia distinta. A estenose aórtica envolve predominantemente sobrecarga pressórica do ventrículo esquerdo. A insuficiência mitral envolve sobrecarga volumétrica e interação complexa entre

ventrículo e aparato valvar. A insuficiência tricúspide envolve o ventrículo direito, a circulação pulmonar e a congestão sistêmica. Portanto, a síntese por subgrupos foi a estratégia mais adequada para preservar a validade clínica dos achados.

Entre as limitações da evidência analisada, destaca-se a variabilidade dos desenhos metodológicos, dos tempos de seguimento, dos dispositivos utilizados e dos parâmetros de imagem relatados. Muitos estudos priorizaram segurança, mortalidade, hospitalização ou qualidade de vida, enquanto os parâmetros de remodelamento ventricular foram avaliados de forma heterogênea. Essa limitação dificulta comparações diretas entre estudos e reduz a possibilidade de uma estimativa quantitativa global uniforme. Além disso, parte das evidências sobre TMVR e intervenções tricúspides ainda deriva de estudos de viabilidade, registros ou coortes com menor poder estatístico.

Apesar dessas limitações, a presente síntese demonstra que as terapias transcater modificaram substancialmente o tratamento das doenças valvares. Seus efeitos vão além da correção anatômica da lesão valvar, envolvendo alívio de sobrecarga

hemodinâmica, melhora da interação ventrículo-valvar, potencial remodelamento reverso e impacto sobre sintomas, hospitalizações e qualidade de vida. A magnitude desse benefício, entretanto, depende de seleção adequada dos pacientes, momento oportuno da intervenção e capacidade de recuperação miocárdica.

Dessa forma, os resultados desta revisão sustentam que o remodelamento ventricular deve ser considerado um marcador essencial de resposta

CONCLUSÃO

Esta revisão sistemática com metanálise estruturada por subgrupos demonstrou que as terapias transcaterter em doenças valvares cardíacas estão associadas a benefícios clínicos e estruturais relevantes, especialmente quando analisadas de acordo com o tipo de valvopatia, intervenção realizada e ventrículo predominantemente afetado. A síntese quantitativa tabular permitiu organizar as evidências disponíveis de forma estratificada, preservando a coerência fisiopatológica entre estenose aórtica, insuficiência mitral e insuficiência tricúspide, sem produzir uma estimativa global única que poderia

terapêutica após intervenções valvares transcaterter. A avaliação integrada entre desfechos clínicos e parâmetros estruturais pode contribuir para melhor estratificação de risco, acompanhamento pós-procedimento e definição de candidatos ideais para cada modalidade terapêutica. Futuras pesquisas devem priorizar padronização dos desfechos de imagem, seguimento prolongado, análise comparativa entre dispositivos e identificação de limiares objetivos de remodelamento reverso associados a benefício clínico sustentado.

ser metodologicamente inadequada diante da elevada heterogeneidade dos estudos.

Nos estudos envolvendo TAVI/TAVR, observou-se a evidência mais consolidada entre as terapias avaliadas. A correção transcaterter da estenose aórtica esteve associada à redução da sobrecarga pressórica, melhora hemodinâmica e remodelamento reverso do ventrículo esquerdo, com benefícios clínicos consistentes em diferentes perfis de risco cirúrgico. Esses achados reforçam a TAVI/TAVR como estratégia terapêutica robusta e consolidada no tratamento da valvopatia aórtica grave.

Nas terapias mitrais transcater, especialmente no reparo mitral borda a borda, os resultados indicaram benefício mais dependente da seleção adequada dos pacientes. A resposta clínica esteve relacionada ao grau de remodelamento ventricular basal, à proporcionalidade da insuficiência mitral, à anatomia valvar e à otimização do tratamento clínico. Assim, o remodelamento ventricular esquerdo mostrou-se variável central para compreender a efetividade do TEER mitral, sobretudo em pacientes com insuficiência mitral secundária e insuficiência cardíaca.

A substituição mitral transcater apresentou resultados promissores, principalmente quanto à viabilidade técnica, redução da regurgitação e melhora sintomática em pacientes de alto risco. Contudo, a evidência ainda foi menos consolidada, exigindo estudos comparativos com maior número de pacientes, seguimento prolongado e avaliação padronizada de remodelamento ventricular e desfechos clínicos.

Nas intervenções tricúspides transcater, os achados demonstraram melhora da regurgitação, da classe funcional e da qualidade de vida em pacientes selecionados. O remodelamento do ventrículo direito e das câmaras

direitas emergiu como componente essencial na interpretação da resposta terapêutica. Entretanto, os efeitos dessas intervenções sobre mortalidade e hospitalização ainda permanecem em consolidação, demandando estudos com maior poder estatístico e acompanhamento de longo prazo.

De forma geral, os resultados desta revisão reforçam que o remodelamento ventricular deve ser interpretado como marcador central de resposta terapêutica após intervenções valvares transcater. A regressão da hipertrofia ventricular, a redução ou estabilização dos volumes ventriculares, a melhora da função sistólica, a recuperação funcional do ventrículo direito e a melhora da geometria cardíaca podem indicar maior probabilidade de benefício clínico sustentado.

Conclui-se que as terapias transcater em doenças valvares promovem impacto favorável sobre o remodelamento ventricular e os desfechos clínicos em subgrupos selecionados de pacientes. A magnitude desse benefício varia conforme a valvopatia, o tipo de dispositivo, o estágio da doença, a função miocárdica basal, o tempo de intervenção e a reserva funcional ventricular. A análise por subgrupos mostrou-se a

estratégia mais adequada para interpretar essas evidências, especialmente diante da diversidade fisiopatológica e metodológica dos estudos disponíveis.

Futuras pesquisas devem priorizar a padronização dos parâmetros de imagem, a definição de limiares objetivos de remodelamento reverso, o seguimento

prolongado, a comparação entre dispositivos e a incorporação sistemática de desfechos estruturais e clínicos. Essa abordagem poderá aprimorar a seleção de pacientes, orientar o acompanhamento pós-procedimento e fortalecer a tomada de decisão baseada em evidências na cardiologia intervencionista estrutural.

REFERÊNCIAS

1. Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med.* 2010;363(17):1597-607. doi:10.1056/NEJMoa1008232.
2. Smith CR, Leon MB, Mack MJ, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve replacement in high-risk patients. *N Engl J Med.* 2011;364(23):2187-98. doi:10.1056/NEJMoa1103510.
3. Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med.* 2012;366(18):1686-95. doi:10.1056/NEJMoa1200384.
4. Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, Yakubov SJ, Coselli JS, Deeb GM, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med.* 2014;370(19):1790-8. doi:10.1056/NEJMoa1400590.
5. Popma JJ, Adams DH, Reardon MJ, Yakubov SJ, Kleiman NS, Heimansohn D, et al. Transcatheter aortic valve replacement using a self-expanding bioprosthesis in patients with severe aortic stenosis at extreme risk for surgery. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(19):1972-81. doi:10.1016/j.jacc.2014.02.556.
6. Leon MB, Smith CR, Mack MJ, Makkar RR, Svensson LG, Kodali SK, et al. Transcatheter or surgical aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med.* 2016;374(17):1609-20. doi:10.1056/NEJMoa1514616.
7. Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, Kleiman NS, Søndergaard L, Mumtaz M, et al. Surgical or transcatheter aortic-valve replacement in intermediate-risk patients. *N Engl J Med.* 2017;376(14):1321-31. doi:10.1056/NEJMoa1700456.
8. Mack MJ, Leon MB, Thourani VH, Makkar R, Kodali SK, Russo M, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a balloon-expandable valve in low-risk patients. *N Engl J Med.* 2019;380(18):1695-705. doi:10.1056/NEJMoa1814052.
9. Popma JJ, Deeb GM, Yakubov SJ, Mumtaz M, Gada H, O'Hair D, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding valve in low-risk patients. *N Engl J Med.* 2019;380(18):1706-15. doi:10.1056/NEJMoa1816885.
10. Forrest JK, Deeb GM, Yakubov SJ, Rovin JD, Mumtaz M, Gada H, et al.

- 2-year outcomes after transcatheter versus surgical aortic valve replacement in low-risk patients. *J Am Coll Cardiol.* 2022;79(9):882-96. doi:10.1016/j.jacc.2021.12.027.
11. Sato K, Kumar A, Jones BM, Mick SL, Krishnaswamy A, Grimm RA, et al. Reversibility of cardiac function predicts outcome after transcatheter aortic valve replacement in patients with severe aortic stenosis. *J Am Heart Assoc.* 2017;6(7):e005798. doi:10.1161/JAHA.117.005798.
 12. Huang L, Lai X, Xu L, Zeng Z, Xia H. Left ventricular reverse remodeling after transcatheter aortic valve replacement for predominant aortic stenosis and mixed aortic valve disease. *J Clin Ultrasound.* 2023;51(9):1453-60. doi:10.1002/jcu.23585.
 13. Saijo Y, Kusunose K, Takahashi T, Takamura T, Fukuda D, Yamada H, et al. Impact of transcatheter aortic valve replacement on cardiac reverse remodeling and prognosis in mixed aortic valve disease. *J Am Heart Assoc.* 2024;13(5):e033289. doi:10.1161/JAHA.123.033289.
 14. Feldman T, Foster E, Glower DD, Kar S, Rinaldi MJ, Fail PS, et al. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2011;364(15):1395-406. doi:10.1056/NEJMoa1009355.
 15. Feldman T, Kar S, Elmariah S, Smart SC, Trento A, Siegel RJ, et al. Randomized comparison of percutaneous repair and surgery for mitral regurgitation: 5-year results of EVEREST II. *J Am Coll Cardiol.* 2015;66(25):2844-54. doi:10.1016/j.jacc.2015.10.018.
 16. Stone GW, Lindenfeld J, Abraham WT, Kar S, Lim DS, Mishell JM, et al. Transcatheter mitral-valve repair in patients with heart failure. *N Engl J Med.* 2018;379(24):2307-18. doi:10.1056/NEJMoa1806640.
 17. Obadia JF, Messika-Zeitoun D, Leurent G, Lung B, Bonnet G, Piriou N, et al. Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2018;379(24):2297-306. doi:10.1056/NEJMoa1805374.
 18. Lung B, Armoiry X, Vahanian A, Boutitie F, Mewton N, Trochu JN, et al. Percutaneous repair or medical treatment for secondary mitral regurgitation: outcomes at 2 years. *Eur J Heart Fail.* 2019;21(12):1619-27. doi:10.1002/ejhf.1616.
 19. Stone GW, Lindenfeld J, Abraham WT, Kar S, Lim DS, Mishell JM, et al. Five-year follow-up after transcatheter repair of secondary mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2023;388(22):2037-48. doi:10.1056/NEJMoa2300213.
 20. Lindman BR, McAndrew TC, Maniar HS, Lerakis S, Mack MJ, Kar S, et al. Ventricular remodeling and outcomes after mitral transcatheter edge-to-edge repair in heart failure: the COAPT trial. *JACC Cardiovasc Interv.* 2023;16(10):1167-76. doi:10.1016/j.jcin.2023.03.025.
 21. Yoon SH, Makar M, Kar S, Chakravarty T, Nakamura M, Murdoch DJ, et al. Outcomes after transcatheter edge-to-edge mitral valve repair according to etiology and cardiac remodeling. *JACC Cardiovasc Interv.* 2022;15(17):1711-22. doi:10.1016/j.jcin.2022.06.032.
 22. Muller DWM, Farivar RS, Jansz P, Bae R, Walters D, Clarke A, et al. Transcatheter mitral valve replacement for patients with symptomatic mitral regurgitation: a global feasibility trial. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69(4):381-91. doi:10.1016/j.jacc.2016.10.068.
 23. Muller DWM, Sorajja P, Duncan A, Bethea B, Dahle G, Grayburn P, et al. 2-year outcomes of transcatheter mitral valve replacement in patients

- with severe symptomatic mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2021;78(19):1847-59. doi:10.1016/j.jacc.2021.08.060.
24. Sorajja P, Moat N, Badhwar V, Walters D, Paone G, Bethea B, et al. Initial feasibility study of a new transcatheter mitral prosthesis: the first 100 patients. *J Am Coll Cardiol.* 2019;73(11):1250-60. doi:10.1016/j.jacc.2018.12.066.
25. Lurz P, Stephan von Bardeleben R, Weber M, Sitges M, Sorajja P, Hausleiter J, et al. Transcatheter edge-to-edge repair for treatment of tricuspid regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2021;77(3):229-39. doi:10.1016/j.jacc.2020.11.038.
26. Sorajja P, Whisenant B, Hamid N, Naik H, Makkar R, Tadros P, et al. Transcatheter repair for patients with tricuspid regurgitation. *N Engl J Med.* 2023;388(20):1833-42. doi:10.1056/NEJMoa2300525.
27. von Bardeleben RS, Lurz P, Weber M, Sitges M, Sorajja P, Hausleiter J, et al. Two-year outcomes for tricuspid repair with a transcatheter edge-to-edge valve repair from the transatlantic TRILUMINATE trial. *Circ Cardiovasc Interv.* 2023;16(8):e012888. doi:10.1161/CIRCINTERVENTION.S.122.012888.
28. Nickenig G, Lurz P, Sorajja P, Hausleiter J, Denti P, Trochu JN, et al. Percutaneous edge-to-edge repair for tricuspid regurgitation: 3-year outcomes from the TRILUMINATE study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2024;17(18):2131-42. doi:10.1016/j.jcin.2024.07.013.
29. Tanaka T, Kavsur R, Sugiura A, Vogelhuber J, Kresoja KP, Öztürk C, et al. Changes in right ventricular function and clinical outcomes following tricuspid transcatheter edge-to-edge repair. *Eur J Heart Fail.* 2024;26(3):694-704. doi:10.1002/ejhf.3147.
30. Dershowitz L, Khalique O, Ng V, Kurlansky P, Leon M, Hahn R, et al. Right ventricular remodeling and clinical outcomes following transcatheter tricuspid valve intervention. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2024;103(2):367-75. doi:10.1002/ccd.30850.