



## REVISÃO SISTEMÁTICA

# Ecocardiografia transesofágica intraoperatória após plastia valvar mitral: uma revisão sistemática

Raffael Zamper\*, Agya Prempeh, Ivan Iglesias, Ashraf Fayad

Western University, Schulich School of Medicine and Dentistry, Department of Anesthesia and Perioperative Medicine, London, Canada

Recebido em 21 de junho de 2021; aceito em 7 de março de 2022  
Disponível online em 14 de março de 2022.

### PALAVRAS-CHAVE:

Idade;  
Idoso;  
Transplante de fígado;  
Complicações pós-operatórias.

### RESUMO:

**Objetivo:** Nosso objetivo foi examinar as evidências recentes e buscar novas avaliações sobre a ETE intraoperatória após o reparo da valva mitral que podem impactar os resultados a curto e longo prazo.

**Métodos:** As bases de dados Ovid MEDLINE, PubMed e EMBASE foram pesquisadas de 1º de janeiro de 2008 a 27 de janeiro de 2021, para estudos de pacientes com regurgitação mitral grave (RM) submetidos à cirurgia de reparo da valva mitral (VM) com ecocardiografia transesofágica intraoperatória (ETE) realizado após o reparo. Pesquisas adicionais foram realizadas usando o mecanismo de busca Google, Web of Science e Cochrane Library.

**Resultados:** Após revisão de 302 registros, 8 estudos retrospectivos e 22 estudos prospectivos foram incluídos (n = 30). Devido à diversidade clínica e metodológica, esses estudos não são comparáveis e os dados não foram passíveis de síntese quantitativa.

**Conclusão:** Embora os avanços tecnológicos tenham permitido a avaliação objetiva das alterações geométricas e dinâmicas da VM, não foi estudado o impacto do uso dessas tecnologias nos resultados a curto ou longo prazo. Há incerteza e evidências conflitantes sobre o método e as métricas ideais para avaliar a permeabilidade da VM após o reparo. Poucos estudos isolados validaram métodos para avaliar a superfície de coaptação e a função do VE pós-reparo.

### Autor correspondente:

E-mail: raffael.pereiracezarzamper@lhsc.on.ca (R. Zamper).

## Introdução

A regurgitação da valva mitral (RM) é descrita como o fluxo sanguíneo retrógrado do ventrículo esquerdo para o átrio esquerdo durante a sístole cardíaca, devido a um mau funcionamento em qualquer um dos componentes do aparelho da valva mitral. A classificação de Carpentier é usada para descrever o mecanismo da RM e é dividida em Valva Mitral (VM) com movimento normal do folheto (Classe I), movimento excessivo do folheto ou tecido redundante (Classe II) ou movimento restritivo do folheto devido à doença do folheto (Classe III -a) ou doença ventricular (Classe III-b).<sup>1</sup> As principais causas de RM são doenças cardíacas degenerativas, reumáticas e isquêmicas. A prevalência de doença cardíaca reumática está diminuindo em países de alta renda; no entanto, doenças cardíacas degenerativas e isquêmicas permanecem significativas.<sup>2</sup> A RM significativa está associada ao aumento da mortalidade e reinternação por insuficiência cardíaca.<sup>3</sup>

O reparo cirúrgico da VM é a abordagem preferida para a valva mitral regurgitante, pois traz resultados favoráveis em comparação com a substituição da valva.<sup>4</sup> No entanto, o reparo cirúrgico da RM pode ser desafiador, e muitos fatores precisam ser considerados para determinar a viabilidade do reparo.<sup>5</sup>

Se possível, os pacientes com insuficiência valvar mitral significativa geralmente passam por uma avaliação pré-operatória completa do aparelho valvar mitral para selecionar uma estratégia de reparo apropriada. Uma abordagem abrangente para o exame de ETE intraoperatório da VM antes da circulação extracorpórea (CEC) foi descrita anteriormente e considerada útil para determinar o mecanismo de RM.<sup>6</sup> O exame de ETE intraoperatório pós-CEC da valva mitral, por outro lado, é vital, pois oferece uma avaliação inicial da adequação do reparo cirúrgico. Estudos observacionais mostraram uma associação entre a avaliação pré-operatória da patologia da VM, achados ecocardiográficos intraoperatórios do reparo cirúrgico e resultados em longo prazo.<sup>7-9</sup>

Nosso objetivo foi realizar uma revisão sistemática que examinou as evidências recentes e buscou novas avaliações sobre ETE intraoperatório após o reparo da valva mitral que podem impactar positivamente os resultados a curto e longo prazo.

## Métodos

Seguimos os padrões Cochrane e PRISMA para conduzir e relatar revisões sistemáticas.<sup>10,11</sup>

### Fontes de dados

Uma busca sistemática foi realizada para estudos publicados de 1º de janeiro de 2008 a 27 de janeiro de 2021. Os mecanismos de busca iniciais consistiam em Ovid MEDLINE, PubMed e EMBASE. Pesquisas adicionais foram realizadas usando o mecanismo de busca Google, Web of Science e Cochrane Library. A busca foi limi-

tada a estudos humanos publicados na língua inglesa. Na etapa de gerenciamento de referência, duplicatas, cartas, editoriais e estudos pediátricos foram excluídos. A estratégia de busca completa é fornecida no material complementar.

### Seleção de estudos

Incluímos estudos que investigaram a avaliação intraoperatória do ETE do reparo da VM após a separação da CEC em cirurgias com esternotomia ou toracotomia. Um diagrama de fluxo PRISMA detalhando o processo de seleção do estudo pode ser encontrado na Figura 1.

Foram excluídos: Relatos de casos (n = 24) e artigos de revisão (n = 22); Estudos não relacionados ao reparo da VM (n = 50); Estudos investigando reparos não convencionais da valva mitral por IM (n = 59). Esses estudos incluíram o MitraICCp Percutâneo ou outras intervenções de ponta a ponta; Estudos em que o exame de ETE intraoperatório não foi utilizado para orientar o resultado após o reparo cirúrgico da valva mitral (n = 97); Estudos investigando preditores pré-CEC de complicações ou falha após o reparo da VM (n = 6); Estudos sem detalhes sobre a avaliação do ETE intraoperatório do reparo da VM (n = 13); e Estudos pediátricos (n = 1)

Um revisor (RZ) rastreou títulos e resumos e excluiu registros inelegíveis. Dois revisores (II e AF) confirmaram independentemente as exclusões. Os textos completos dos registros incluídos foram ainda avaliados quanto à elegibilidade por um Revisor (RZ) e confirmados pelos dois revisores independentes (II e AF). As discordâncias foram resolvidas por consenso. As características gerais do estudo e os dados dos resultados foram extraídos por dois revisores (RZ e AP) e verificados pelos revisores II e AF. Entre os revisores, tanto os métodos quanto a expertise de conteúdo foram representados.

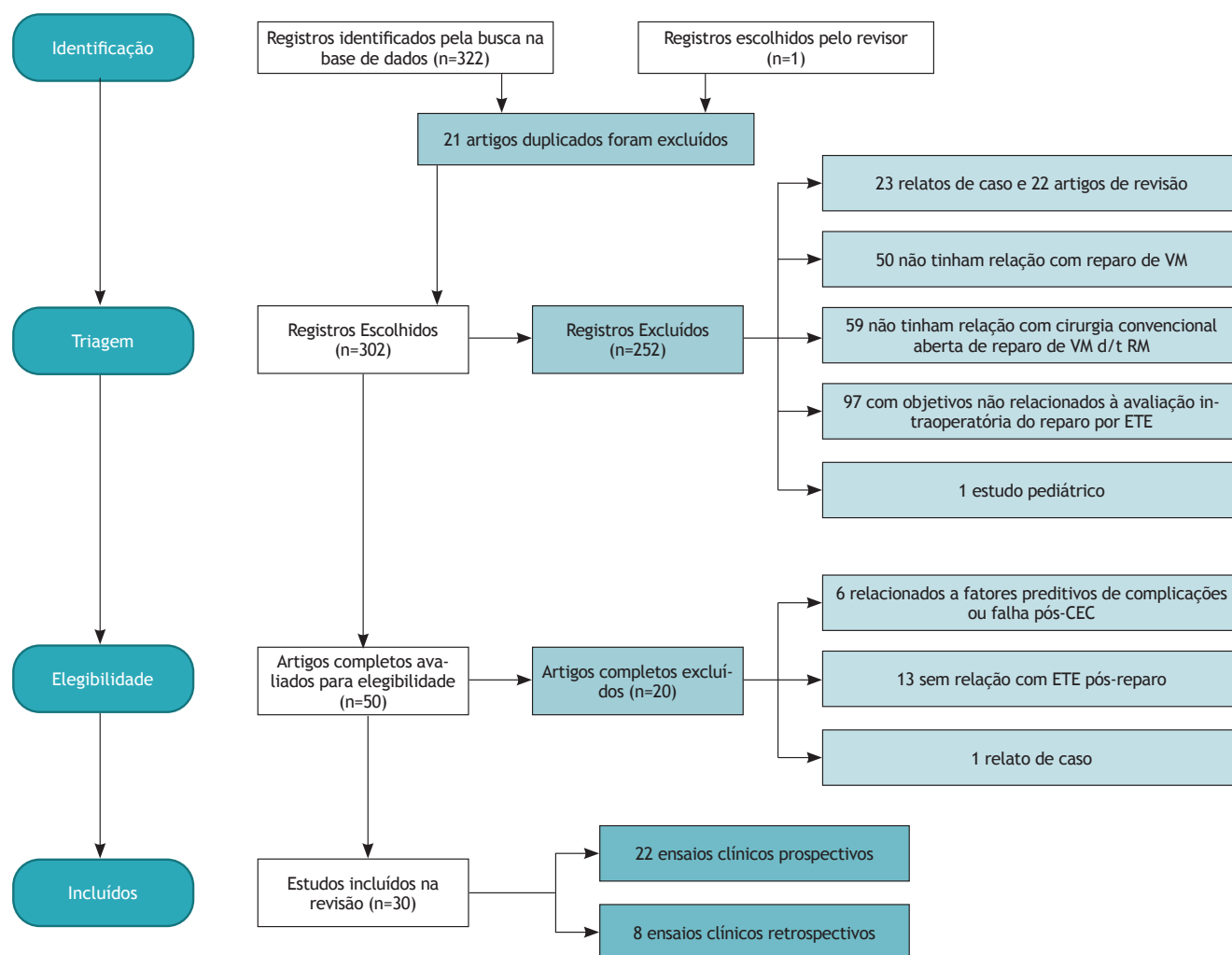
### Avaliação crítica e avaliação do risco de viés

Muitas publicações descrevem uma avaliação pré-reparo intraoperatória abrangente e detalhada da VM com ETE, mas uma avaliação pós-CEC resumida e genérica. Assim, empregamos uma avaliação genérica do reparo da VM ao avaliar criticamente os estudos (para diminuir o risco de viés em nossa avaliação) e não incluímos estudos sem informações relevantes sobre o exame ETE pós-reparo. Os artigos de revisão também foram excluídos.

Os estudos incluídos foram avaliados quanto ao viés de seleção (incluindo viés de atrito), confusão, viés de medição e viés de relatório de resultados óbvios. Estudos retrospectivos têm o risco potencial de relatar resultados seletivos. O viés de publicação também não pôde ser detectado porque os dados não eram passíveis de síntese quantitativa.

## Resultados

Revisamos um total de 323 registros, dos quais 21 eram duplicatas adicionais, e 302 registros foram submetidos



**Figura 1** Diagrama de fluxo PRISMA (Itens de relatório preferidos para revisões sistemáticas e meta-análises).

à triagem de títulos e resumos. Posteriormente, 50 registros foram selecionados e submetidos à triagem de texto completo. A revisão sistemática final incluiu 30 estudos de ETE intraoperatório pós-reparo de VM e as características do estudo são apresentadas na Tabela 1.

Dos 30 estudos incluídos, 22 eram estudos prospectivos e 8 eram estudos retrospectivos e um resumo do desenho e dos achados é apresentado na Tabela 2, incluindo a abordagem e o exame de ETE intraoperatório que foi usado em cada estudo, os achados de ETE intraoperatório e os resultados significativos. Embora a maioria dos ecocardiografistas tenha aderido às diretrizes intraoperatórias na avaliação da valva mitral, notamos que não foi utilizada nenhuma abordagem stepwise específica para a avaliação pós-CEC da VM.

#### Diversidade clínica e metodológica

Nenhum dos estudos incluídos pode ser considerado um Ensaio Clínico Randomizado (ECR), uma vez que

são todos observacionais, realizados de forma retrospectiva ou prospectiva. Embora esses estudos compartilhem a avaliação da VM reparada pelo ETE, há diferenças significativas entre eles. Dos 30 estudos incluídos, 8 estudos não são comparativos e descrevem achados em uma série de casos, e os 22 estudos comparativos restantes investigam um amplo espectro de variáveis e parâmetros, usando análise de software de diferentes fornecedores.

#### Patologia da válvula mitral

Todos os estudos incluíram pacientes com RM, no entanto, a patologia de VM basal para os pacientes incluídos não é homogênea, com alguns estudos incluindo pacientes apenas com doença degenerativa, outros incluindo pacientes apenas com doença isquêmica funcional e outros incluindo ambos. Também encontramos estudos sem documentação da patologia basal da VM e estudos incluindo qualquer causa de RM (degenerativa, isquêmica, reumática, endocardite, desconhecida).

Tabela 1 Características dos estudos incluídos.

Estudo	País	Patologia VM	Design	Tamanho da amostra	Análise
Bartels et al. (2014) <sup>24</sup>	EUA	Pacientes sem doença de VM, RM degenerativa e funcional.	Coorte, estudo caso-controle retrospectivo	80	Comparativo
Ben Zekry et al. (2016) <sup>30</sup>	EUA	Pacientes sem doença de VM, RM degenerativa e funcional.	Coorte, estudo observacional prospectivo	30	Comparativo
Grewal et al. (2009) <sup>25</sup>	EUA	Pacientes sem doença de VM, RM degenerativa e funcional.	Coorte, estudo observacional prospectivo	57	Comparativo
Ma et al. (2008) <sup>20</sup>	China	Pacientes com várias patologias de VM	Série de casos, estudo observacional prospectivo	24	Não-Comparativo
Ma et al. (2018) <sup>34</sup>	China	Pacientes sem doença de VM e pacientes com RM degenerativa.	Coorte, estudo retrospectivo	136	Comparativo
Maffessanti et al. (2011) <sup>21</sup>	Itália	Pacientes sem doença de VM e pacientes com RM degenerativa.	Coorte, estudo observacional prospectivo	74	Comparativo
Mahmood et al. (2010) <sup>36</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa e funcional da VM.	Coorte, estudo observacional prospectivo	36	Comparativo
Mahmood et al. (2008) <sup>26</sup>	EUA	Pacientes sem doença de MV e pacientes com doença de MV de várias patologias	Série de casos, estudo observacional prospectivo	102	Não-Comparativo
Mahmood et al. (2009) <sup>35</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa e funcional da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	75	Comparativo
Maslow et al. (2014) <sup>27</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa e funcional da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	50	Comparativo
Nishi et al. (2016) <sup>37</sup>	Japão	Pacientes sem doença de VM e pacientes com RM degenerativa.	Coorte, estudo observacional prospectivo	44	Comparativo
Owais et al. (2014) <sup>38</sup>	EUA	Pacientes sem doença de VM e pacientes com RM degenerativa.	Coorte, estudo observacional prospectivo	48	Comparativo
Pan et al. (2008) <sup>22</sup>	China	Pacientes com RM degenerativa.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	6	Comparativo
Tautz et al. (2020) <sup>23</sup>	Alemanha, Suíça	Pacientes com VM normal e anormal.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	10	Não-Comparativo
Veronesi et al. (2012) <sup>31</sup>	EUA, Itália	Pacientes sem doença de VM e pacientes com RM degenerativa.	Coorte, estudo observacional prospectivo	53	Comparativo
Wang et al. (2011) <sup>13</sup>	China	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	22	Comparativo
Ender et al. (2010) <sup>54</sup>	Alemanha	Pacientes com RM, patologia não divulgada.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	110	Não-Comparativo
Grapsa et al. (2015) <sup>39</sup>	EUA, Reino Unido	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	64	Não-Comparativo

Tabela 1 Continuação.

Estudo	País	Patologia VM	Design	Tamanho da amostra	Análise
Guo et al. (2018) <sup>52</sup>	China	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	48	Não-Comparativo
Kang et al. (2013) <sup>44</sup>	Coreia do Sul	Pacientes com RM (patologia não divulgada), Estenose Mitral (EM) ou RM combinada + EM.	Série de casos, estudo retrospectivo	26	Comparativo
Karamov et al. (2020) <sup>45</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo retrospectivo	20	Comparativo
Maslow et al. (2011) <sup>40</sup>	EUA	Pacientes com RM, patologias não divulgadas.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	25	Comparativo
Riegel et al. (2011) <sup>43</sup>	EUA, Alemanha	Pacientes com doença degenerativa, funcional e reumática da VM.	Série de casos, estudo retrospectivo	552	Não-Comparativo
Vernick et al. (2013) <sup>42</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa e funcional da VM.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	20	Comparativo
Mabrouk-Zerguini et al. (2008) <sup>53</sup>	Reino Unido, França	Pacientes com doença de VM degenerativa, funcional e desconhecida.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	25	Comparativo
Mabrouk-Zerguini et al. (2008) <sup>53</sup>	Reino Unido, França	Pacientes com doença de VM degenerativa, funcional e desconhecida.	Série de casos, estudo observacional prospectivo	25	Comparativo
Manabe et al. (2012) <sup>32</sup>	Japão	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo retrospectivo	179	Comparativo
Rosendal et al. (2012) <sup>33</sup>	Alemanha	Pacientes sem doença de VM, RM degenerativa e funcional.	Coorte, estudo retrospectivo	50	Comparativo
Vergnat et al. (2011) <sup>29</sup>	EUA	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Coorte, estudo observacional prospectivo	16	Comparativo
Vergnat et al. (2012) <sup>28</sup>	EUA	Pacientes com doença funcional da VM	Série de casos, estudo observacional prospectivo	21	Comparativo
Wei et al. (2017) <sup>51</sup>	China	Pacientes com doença degenerativa da VM.	Série de casos, estudo retrospectivo	20	Não-Comparativo

Tabela 2 Resumo do desenho do estudo e achados ecocardiográficos.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Bartels et al. (2014) <sup>24</sup>	Hipotetizou-se que a análise 3D quantitativa revelaria diferenças distintas entre VM doente, reparada e normal.	Estudo clínico observacional caso-controle. Analisamos retrospectivamente 80 pacientes submetidos à ETE intraoperatória: 20 pacientes com IM degenerativa foram avaliados antes e após a plastia mitral, 20 pacientes apresentaram IM funcional e 20 pacientes não apresentavam doença da VM.	A área do anel estava aumentada na RM degenerativa e funcional. A distância de deslocamento anular foi diminuída em RM funcional e valvas reparadas. A velocidade de deslocamento anular foi diminuída na RM funcional. A fração da área anular estava diminuída na RM funcional e nas valvas reparadas.	A VM normal, regurgitante funcional, degenerativa e reparada têm assinaturas dinâmicas de anatomia e função distintamente diferentes, conforme determinado de forma confiável pelo rastreamento ecocardiográfico perioperatório.
Ben Zekry et al. (2016) <sup>30</sup>	A investigação teve como objetivo derivar novos parâmetros intrínsecos da forma e função do AM regional e global, ou seja, curvatura e torção.	Estudo observacional prospectivo. Os índices foram avaliados em um grupo de 15 pacientes com VM normal e em um grupo de 15 pacientes com IM orgânica, antes e após o reparo da VM. Novos parâmetros de curvatura e torção do AM foram derivados de 3D TEE.	Os pacientes com RM orgânica apresentaram a menor curvatura global e torção; esta diminuição da curvatura e torção reflete uma perda de tonicidade do tecido do AM. Essas alterações foram corrigidas em grande parte com a cirurgia de reparo da VM, para valores mais elevados, em comparação com indivíduos normais. A análise regional revelou tendências semelhantes. A curvatura máxima do AM foi encontrada no 'chifre anterior' do AM, enquanto o 'chifre posterior' do AM apresentou os menores valores de curvatura.	Novos parâmetros de curvatura e torção do AM podem ser calculados a partir da ecocardiografia 3D e fornecem características quantitativas da geometria dinâmica do AM regional. Em pacientes com RM orgânica, as curvaturas regionais e globais reduzidas melhoram após o reparo cirúrgico da VM. Esses parâmetros quantitativos podem ajudar a refinar ainda mais a descrição quantitativa da geometria do AM em várias patologias da válvula mitral e após reparos da VM.
Grewal et al. (2010) <sup>25</sup>	Investigaram e compararam o tamanho, a forma e o movimento do anel mitral ao longo do ciclo cardíaco usando TRETRE 3D em pacientes com doença mixomatosa da VM antes e após o reparo, em controles normais e em pacientes com RM isquêmica.	Estudo observacional prospectivo. A TRETRE 3D da válvula mitral foi adquirida em 32 pacientes com DVM antes e após o reparo, 15 controles normais e 10 pacientes com RMI de área de superfície corporal idêntica.	O TRETRE 3D fornece informações sobre a função normal e dinâmica do AM com contração da área sistólica precoce e aprofundamento em forma de sela, contribuindo para a competência mitral. O anel com DVM também é dinâmico, mas consideravelmente diferente, com perda de contração da área sistólica precoce e aprofundamento em forma de sela, apesar de magnitude semelhante de contração ventricular-anular. O alargamento subsequente da área pode contribuir para a incompetência mitral. Após o reparo mitral, o anel DVM permanece dinâmico sem acentuação sistólica em forma de sela.	TRETRE 3D fornece novos insights que permitem refinar conceitos de fisiopatologia mitral e estratégias de reparo

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Ma et al. (2008) <sup>20</sup>	<p>Investigou a viabilidade, qualidade de imagem e precisão do ETE 3D ao vivo para avaliar a morfologia da VM para determinar se o ETE 3D ao vivo tem valor importante na cirurgia de VM.</p>	<p>Estudo observacional prospectivo. Vinte e quatro pacientes com doença de VM foram submetidos a ETE 3D e ETE 2D ao vivo antes e após a cirurgia de VM. As taxas de sensibilidade, especificidade e consistência total do ETE 3D ao vivo para o diagnóstico de cordas rompidas foram calculadas e comparadas com os achados do cirurgião. Também comparamos a acurácia diagnóstica da doença de VM entre ETE 3D ao vivo e ETE 2D.</p>	<p>O Live ETE 3D permitiu a visualização das estruturas anatômicas do coração online e identificou claramente o aparelho valvar e seus defeitos. A sensibilidade e especificidade para a detecção de cordas rompidas por ETE 3D ao vivo foram de 87,5% e 100%, respectivamente, e a taxa de consistência total foi de 95,8%. Defeitos adicionais não diagnosticados por ETE 2D foram encontrados em três casos (12,5%) no pré-operatório por ETE 3D ao vivo. O Live ETE 3D pode avaliar a função de próteses ou válvulas nativas imediatamente após a operação. Um caso foi re-reparado (4,2%) com orientação por ETE 3D ao vivo.</p>	<p>O Live ETE 3D permitiu a avaliação da função da VM e forneceu informações valiosas adequadas antes e após a cirurgia de VM. Concluímos que a ETE 3D ao vivo pode desempenhar um papel importante na cirurgia de VM.</p>
Ma et al. (2018) <sup>34</sup>	<p>Investigou o impacto de anéis de anuloplastia completos versus bandas em forma de C na geometria do anel mitral na presença de DFE avaliada por ETE 3D intraoperatória.</p>	<p>Estudo retrospectivo. 65 pacientes submetidos à correção da VM por IM grave causada por DFE usando anéis completos (grupo Anel, n = 30) e bandas em forma de C (grupo Banda, n = 35). 71 controles sem doença cardíaca valvar também foram incluídos. Inspeções 3D completas de ETE foram realizadas para toda a coorte para medir os parâmetros morfológicos da AM antes e após a cirurgia. A durabilidade do reparo a médio prazo e o diâmetro do átrio esquerdo foram acompanhados.</p>	<p>Os parâmetros pré-operatórios ETE 3D, incluindo diâmetros anulares, área, altura e ângulo aorto-mitral, foram significativamente maiores nos grupos DFE do que o normal, e foram comparáveis entre dois grupos usando diferentes dispositivos de anuloplastia. Após o reparo, o diâmetro ântero-posterior, circunferência do anel e área foram significativamente maiores no grupo Banda do que no grupo Anel. O ângulo aorto-mitral tornou-se comparável ao valor normal no grupo Ring, mas não no grupo Band. Os dados ecocardiográficos de acompanhamento mostraram uma correlação significativa entre o ângulo aorto-mitral pós-operatório e a redução do diâmetro do átrio esquerdo em 50,3 meses após a cirurgia.</p>	<p>Em comparação com as bandas em forma de C, os anéis completos podem impor menos estreitamento no ângulo aorto-mitral, o que se correlaciona bem com a remodelação reversa do átrio esquerdo a médio prazo.</p>

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Maffessanti et al. (2011) <sup>21</sup>	Quantificou os efeitos induzidos pelo prolapso na anatomia da VM na presença de DFEou doença de Barlow, avaliou o efeito da cirurgia no aparelho de VM e investigou o papel potencial da ETE 3D no planejamento cirúrgico.	Estudo observacional prospectivo. 56 pacientes (29 com FED, 27 com doença de Barlow) submetidos à correção da VM e anuloplastia foram estudados imediatamente antes e após a cirurgia. Além disso, 18 pacientes parados por idade com anatomia normal da VM, submetidos à revascularização do miocárdio, foram incluídos como grupo controle. Os conjuntos de dados 3D da ETE foram adquiridos e analisados para quantificar vários parâmetros do anel MV e do folheto usando software dedicado.	O prolapso e a regurgitação da VM foram associados a um anel e folhetos marcadamente aumentados em comparação com os controles, enquanto a altura do anel e o ângulo aórtico mitral foram semelhantes. Pacientes com doença de Barlow apresentaram valores maiores do que aqueles com FED. O reparo da VM e a anuloplastia levaram a um subdimensionamento significativo das áreas, diâmetros e altura dos folhetos e anulares em comparação com os controles. CCpermaneceu na faixa de normalidade. As diferenças entre a doença de Barlow e DFEforam reduzidas, mas ainda presentes após a cirurgia.	O ETE 3D intraoperatório permite a avaliação quantitativa do aparelho de VM na presença de DFEou doença de Barlow e pode ser útil para avaliação imediata do procedimento cirúrgico.
Mahmood et al. (2010) <sup>36</sup>	Investigou se, quando comparados aos anéis planos, os anéis em forma de sela diminuiriam o NPA após o reparo da VM para a doença da VM isquêmica e mixomatosa.	Estudo observacional prospectivo. Foram realizadas análises geométricas em 38 pacientes submetidos à correção da VM para RM mixomatosa e isquêmica com anéis planos completos (n = 18) e anéis em sela (n = 18). Os dados volumétricos 3D adquiridos foram analisados e o grau de alteração do ANP foi calculado e comparado antes e após o reparo para ambos os tipos de anéis.	Ambos os tipos de anéis de anuloplastia resultaram em mudanças significativas na estrutura geométrica da VM após o reparo. No entanto, anéis de sela levaram a uma diminuição do ANP, enquanto anéis planos aumentam o ANP.	O implante de anéis em forma de sela durante a cirurgia de reparo da VM está associado ao aumento da forma não plana da AM. Essa mudança favorável na geometria do anel mitral poderia conferir uma vantagem estrutural aos reparos de MV com os anéis de sela.
Mahmood et al. (2008) <sup>36</sup>	Estudou a viabilidade do uso de ETE 3D na sala de cirurgia para correção de VM ou cirurgia de substituição. Realizar a análise geométrica da valva mitral antes e após o reparo.	Estudo observacional prospectivo. Reconstrução intraoperatória de imagens 3D da valva mitral em 102 pacientes consecutivos agendados para cirurgia de VM.	A reconstrução de imagem bem-sucedida foi realizada em 94 pacientes - 8 pacientes apresentaram arritmias ou anel de VM dilatado, resultando em artefatos significativos. O tempo desde a aquisição até a reconstrução e análise foi inferior a 5 minutos. A identificação do cirurgião da anatomia da VM foi 100% precisa.	O estudo confirma a viabilidade da reconstrução 3D intraoperatória da VM. A incorporação de CFD nessas imagens 3D ajuda na identificação da localização comissural ou perivalvar do orifício regurgitante.
Mahmood et al. (2009) <sup>35</sup>	Avaliação por ETE intraoperatória 3D do anel da VM antes e imediatamente após o reparo	Estudo observacional prospectivo. Análise geométrica 3D em 75 pacientes submetidos à correção da VM durante cirurgia de revascularização do miocárdio por RM ou doença mixomatosa da VM. A análise geométrica da VM foi realizada antes e imediatamente após a plastia valvar com anéis completos e bandas de anuloplastia.	A avaliação ecocardiográfica completa da VM foi viável em 69 dos 75 pacientes (92%) dentro de 2 a 3 minutos após a aquisição. A colocação de anéis completos resultou em aumento no ANP ou uma forma menos sela do AM nativo. Por outro lado, o ANP não mudou significativamente após a colocação de anéis parciais.	A não planaridade do anel mitral pode ser avaliada na sala de cirurgia. A aplicação de anéis de anuloplastia completos fez com que o AM se tornasse mais plano. As bandas de anuloplastia parcial não alteraram significativamente o ângulo de não planaridade. Nenhum dos dois tipos de anéis restaurou a planaridade anular nativa.



Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Maslow et al. (2014) <sup>27</sup>	Examinaram as alterações geométricas da VM após o reparo usando ecocardiografia convencional e 3D.	Estudo observacional prospectivo. 50 pacientes consecutivos agendados para correção eletiva da VM por doença regurgitante. As avaliações intraoperatórias de ETE de AVM foram realizadas usando 2D-PLAN, PMT e 3D-PLAN. Além disso, a direção do fluxo ventricular foi avaliada a partir da imagem 3D.	Boas correlações e concordância foram observadas entre o AVM medido com o Plano 3D e o PMT e foram melhores do que qualquer um deles comparado ao Plano 2D. Os AVMs foram menores após o reparo da doença funcional reparado com anel de anuloplastia. Após o reparo, o influxo ventricular foi direcionado para a parede lateral do ventrículo. A análise de subgrupo mostrou que a mudança no ângulo de entrada não foi diferente após o reparo da doença funcional em comparação com aqueles que apresentavam doença degenerativa.	A imagem 3D oferece aos profissionais de saúde uma capacidade única de avaliar as alterações na função da válvula após o reparo da VM.
Nishi et al. (2016) <sup>37</sup>	Avaliaram os efeitos de diferentes tipos de anéis protéticos na dinâmica do anel mitral usando TRETTE 3D.	Estudo observacional prospectivo. 44 pacientes, incluindo pacientes submetidos à anuloplastia mitral usando a banda flexível Cosgrove-Edwards (Grupo A, n = 10), o anel semi-rígido Sorin Memo 3D (Grupo B, n = 17), o anel semi-rígido Edwards Physio II (Grupo C, n = 7) e dez controles. Vários diâmetros anulares foram medidos ao longo do ciclo cardíaco.	Movimento do anel anterior flexível em todos os grupos, exceto no Grupo C. Um anel posterior flexível foi observado apenas no Grupo B e no grupo Controle. A AAM mudou durante o ciclo cardíaco em $8,4 \pm 3,2$ , $6,3 \pm 2,0$ , $3,2 \pm 1,3$ e $11,6 \pm 5,0$ % no Grupo A, Grupo B, Grupo C e Grupo Controle, respectivamente. A mudança dinâmica diastólica para sistólica nos diâmetros do anel mitral foi perdida no Grupo C, enquanto se manteve no Grupo A, e em boa medida no Grupo B. Em comparação com o Grupo Controle, o formato MA foi mais elipsoide no Grupo B e Grupo C, e mais circular no Grupo A.	Embora a RM tenha sido bem controlada por todos os tipos de anéis utilizados no presente estudo, demonstramos que o movimento do anel e a forma do anel diferem de acordo com o tipo de anel protético utilizado, o que pode fornecer informações importantes para a seleção do anel protético adequado.
Owais et al. (2014) <sup>38</sup>	Anéis seletivamente flexíveis são usados para anuloplastia durante o reparo da VM para facilitar o movimento anular dinâmico, evitando a dilatação anular. Este estudo avaliou a extensão e a natureza da flexibilidade de 2 anéis in vivo.	Estudo observacional prospectivo. ETE 3D foi usado no intraoperatório para adquirir dados sobre o movimento dinâmico dos anéis mitrais e anéis de anuloplastia em 33 pacientes submetidos à correção mitral e em 15 pacientes controles. Os dados foram analisados para avaliar as mudanças dinâmicas na geometria anular após o implante de anéis seletivamente flexíveis.	Após a anuloplastia, houve diminuição imediata e significativa do deslocamento anular e da velocidade de deslocamento anular. A mudança dinâmica em múltiplas variáveis, incluindo diâmetro anteroposterior e área anular, também foi significativamente deprimida. Em comparação com a VM normal, os anéis parcialmente flexíveis permitiram movimento dinâmico limitado: as alterações percentuais no diâmetro anteroposterior, diâmetro AL, diâmetro PM e circunferência total foram significativamente menores. Comparados entre si, os dois anéis resultaram em mudanças semelhantes no comprimento do anel anterior, comprimento do anel posterior e área do anel.	A dinâmica do anel mitral foi deprimida uniformemente após o implante desses anéis. A flexibilidade seletiva não pôde ser demonstrada in vivo usando dados ecocardiográficos.

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Pan et al. (2008) <sup>22</sup>	Investigou o valor do RT-E TE 3D no reparo da VM.	Estudo observacional prospectivo. RT-E TE 3D foi realizado em 6 pacientes com prolapso de VM. Os estudos pré-operatórios RT-E TE 3D foram comparados com os achados cirúrgicos em pacientes submetidos ao reparo cirúrgico da VM, e a avaliação quantitativa foi realizada antes e após o reparo cirúrgico da VM.	O RT-E TE 3D pode exibir a morfologia dinâmica da VM, a localização do prolapso e a relação espacial com o tecido circundante. Poderia fornecer vistas cirúrgicas das válvulas e do aparelho valvar. Esses resultados foram consistentes com os achados cirúrgicos. A avaliação quantitativa antes e após o reparo cirúrgico da VM indicou que o diâmetro AL a PM do anel, diâmetro anterior a posterior do anel, perímetro do anel e área do anel no plano de projeção foram significativamente menores após a operação em comparação com aqueles antes da operação. O comprimento do folheto posterior, a área do folheto anterior e posterior, a altura máxima do prolapso, o volume do prolapso do folheto e o comprimento da coaptação no plano de projeção foram significativamente reduzidos após a operação.	O RT-E TE 3D é uma nova modalidade de exclusiva para avaliação rápida e precisa do prolapso da VM e reparo da VM.
Tautz et al. (2020) <sup>23</sup>	Fornecer um novo método de segmentação 4D para permitir uma avaliação quantitativa da geometria da válvula e propriedades patológicas em todas as fases do reparo, bem como as alterações a ACFnçadas através da cirurgia.	Estudo observacional prospectivo. Abordagem baseada em rastreamento combinando FVG e DBP. Um modelo de superfície de estado aberto da válvula é propagado ao longo do tempo para o estado fechado, atraído pelo campo FVG da área do folheto. O método DBP garante consistência topológica durante a deformação. Para avaliação, um especialista em cirurgia cardíaca anotou os folhetos de estado fechado em 10 seqüências de ETE de pacientes com VM normal e anormal e definiu os modelos de estado aberto correspondentes.	A distância ponto-superfície média entre as anotações manuais e o modelo final rastreado foi de $1,00 \pm 1,08$ mm. Qualitativamente, quatro casos foram satisfatórios, cinco aceitáveis e um insatisfatório. Cada seqüência pode ser segmentada em 2-6 min.	Nossa abordagem permite segmentar a válvula mitral em dados de imagem ETE 4D com comportamento normal e patológico de fechamento da válvula. Com este método, além da quantificação da área do orifício remanescente, a forma e as dimensões da zona de coaptação podem ser analisadas e consideradas para planejamento e avaliação do resultado cirúrgico.
Veronesi et al. (2012) <sup>31</sup>	Caracterizar o AMA no espaço 3D antes e após o reparo da VM e identificar os efeitos indesejáveis dos anéis de anuloplastia no AMA em comparação com a função valvar normal.	Estudo observacional prospectivo. O RT-E TE 3D foi realizado em 28 pacientes consecutivos com doença degenerativa da VM e RM grave antes e após o reparo da VM e em 25 indivíduos controlares pareados por idade. Um software personalizado foi usado para identificar semiautomaticamente os anéis mitral e aórtico ao longo do ciclo cardíaco e para medir os parâmetros que descrevem a dinâmica valvar.	Os pacientes com RM antes do reparo da VM foram caracterizados por morfologia e função alteradas da VM, mas preservaram a CAM devido à capacidade mantida do AM de mudar de tamanho e posição. A correção da VM associada ao implante de anel de anuloplastia forçou a MA a ser menor e menos pulsátil, com capacidade de deslocamento diminuída em relação aos anéis mitrais normais. Por causa dessa alteração na CAM, o anel aórtico "não afetado" tornou-se menos pulsátil e menos móvel.	Este estudo mostra alterações indesejadas e inesperadas na função do anel aórtico secundárias ao reparo da VM com anel de anuloplastia devido a mecanismos da CAM alterados. Essas alterações podem alterar o mecanismo dinâmico da raiz aórtica que facilita a ejeção do sangue, por isso a CAM deve ser considerado e avaliado desde o diagnóstico até o tratamento na doença da VM.

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Wang et al. (2011) <sup>13</sup>	Delineou a utilidade do ETE intraoperatório no reparo robótico da VM.	Estudo observacional prospectivo. A ETE intraoperatória foi realizada em 22 pacientes consecutivos submetidos ao reparo robótico da VM para RM degenerativa grave durante um período de 2 anos. Antes da CEC, o ETE foi utilizado para definir as lesões da RM degenerativa e a localização dos folhetos prolapso, e para avaliar a gravidade da RM. Durante o estabelecimento da CEC periférica, o ETE foi usado para orientar a colocação da cânula na VCI, VCS e AOA. Após o desmame da CEC, o ETE foi utilizado para avaliar imediatamente a competência do reparo cirúrgico.	A concordância entre o ETE e os achados cirúrgicos foi de 92,3% para as lesões de RM degenerativas e de 98,5% para a localização dos folhetos prolapso. Sob orientação do ETE, todas as cânulas da VCS, VCI e AOA foram colocadas corretamente. O ETE demonstrou que todos os pacientes tiveram reparos robóticos de VM bem-sucedidos.	O ETE intraoperatório é um complemento valioso na avaliação do reparo robótico da VM.
Ender et al. (2010) <sup>54</sup>	Avaliaram um método ecocardiográfico para visualizar o trajeto e fluxo da artéria circunflexa, detectar lesão iatrogênica a essa estrutura no intraoperatório, bem como prever o padrão de dominância coronariana em pacientes submetidos à VM.	Estudo prospectivo. 110 pacientes submetidos ao reparo minimamente invasivo da VM. O ETE intraoperatório foi usado para visualizar a artéria circunflexa usando uma combinação de imagem em modo B e Doppler colorido com diferentes limites de Nyquist. O trajeto da artéria circunflexa e do seio coronário e seus diâmetros correspondentes foram documentados em ambas as extremidades proximal e distal de ambos os vasos. Dados angiográficos pré-operatórios foram usados para determinar o tipo de dominância coronariana.	O trajeto da artéria circunflexa pôde ser detectado proximalmente em 109 pacientes (99%), até o ponto de intersecção com o seio coronário em 99 pacientes (90%) e distal a esta intersecção em 95 pacientes (86%). Três pacientes apresentaram evidência de aliasing iatrogênico (estenose circunflexa) ou "sem fluxo" (oclusão circunflexa) no exame de ETE após o reparo e, portanto, foram submetidos à correção cirúrgica ou percutânea.	O reconhecimento precoce da lesão iatrogênica da artéria circunflexa é viável com o exame de ETE intraoperatório e pode levar ao tratamento antes que ocorra um infarto do miocárdio extenso.
Grapsa et al. (2015) <sup>39</sup>	Avaliaram a tensão do músculo papilar como contribuinte para IM recorrente após o reparo da VM para FED.	Estudo prospectivo. 64 pacientes com prolapso isolado da VM posterior e IM grave encaminhados para cirurgia. 2D, ETE 3D e speckle tracking foram realizados em todos os pacientes. O strain longitudinal dos músculos papilares AL e PM foi calculado individualmente, assim como o strain longitudinal global de ambos os músculos papilares foi medido antes e após o reparo mitral e normalizado para o volume diastólico final do ventrículo esquerdo.	Oito pacientes (12,5%) apresentaram RM pelo menos moderada 6 meses após o reparo mitral. A tensão longitudinal dos músculos papilares AL e PM, bem como a tensão global de ambos os músculos papilares, foram todos reduzidos após o reparo cirúrgico. A tensão longitudinal do músculo papilar PM foi o mais forte preditor de RM recorrente. O strain global do músculo papilar pré-operatório também foi determinante de RM recorrente quando o strain global foi maior que 29,05.	Pacientes com prolapso do folheto mitral posterior isolado são menos propensos a ter qualquer RM residual pós-reparo quando a tensão global do músculo papilar de ambos os músculos papilares é próxima ou igual a zero. A tensão dos músculos papilares pode ser um determinante importante na previsão de RM residual em pacientes submetidos à plastia da valva mitral.

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Guo et al. (2018) <sup>32</sup>	Avaliar a utilidade de 2D e ETE 3D para avaliar a coaptação da VM antes e após o reparo da VM.	Estudo prospectivo. Foram estudados 48 pacientes submetidos à correção da VM para RM. Avaliaram a utilidade de 2D e ETE 3D para avaliar a coaptação da VM antes e após o reparo da VM. Foram realizados estudos convencionais completos 2D e ETE 3D, e o grau do defeito de coaptação da VM antes e após a cirurgia foi avaliado pela medição do MV Cce ICC com ETE 2D, eACeIACcom ETE 3D.	Comparado com pré-operatório, Ccpós-operatório, ICC,ACeIACforam significativamente aumentados. A análise de correlação revelou que o ICC e oIACtiveram uma correlação negativa significativa com o grau de RM. Além disso, a análise de correlação revelou que o ICC foi significativamente correlacionado com oIACtanto no pré-operatório quanto no pós-operatório.	As variáveis de coaptação aumentaram significativamente nos pacientes submetidos ao reparo da VM. O ICC e oIACcorrelacionaram-se significativamente com a gravidade da RM. O Cce o ICC determinados com o TEE 2D são mais viáveis do que oACe oIACdeterminados com o ETE 3D. Ambas as variáveis 2D e 3D podem se complementar para auxiliar o reparo da VM. O 2D ICC é uma alternativa ao 3DIACdevido à sua simplicidade.
Kang et al. (2013) <sup>44</sup>	Hipotetizou-se que a AVM com ecocardiografia, usando a técnica 3D-PLAN (medida em um ponto na abertura máxima da VM) versus PMT (medida durante toda a fase diastólica) na cirurgia de reparo da VM seria diferente.	Estudo retrospectivo. 26 pacientes submetidos ao reparo da VM foram revisados retrospectivamente e dois observadores diferentes mediram os AVMs usando PMT e técnica 3D-PLAN. Os AVMs derivados de dados médicos registrados, usando a técnica PMT e 3D-PLAN foram abreviados para AVM-PMT1 e AVM-3D1, e os dados das técnicas PMT e 3D-PLAN pelo observador A e observador B foram determinados como AVM-PMT2 e AVM - 3D2 e AVM-PMT3 e AVM-3D3, respectivamente. O AVM derivado pelo ETT pós-operatório usando a técnica PMT foi determinado como AVM-TTE.	Os coeficientes de correlação intraclasse foram de 0,90 para a técnica PMT intraoperatória e 0,78 para a técnica 3D-PLAN intraoperatória. AVM-3D1, AVM-3D2 e AVM-3D3 foram significativamente maiores que AVM-TTE, mas AVMs-PMT intra-operatórios não foram.	A AVM medida pela técnica 3D-PLAN com ETE no período intraoperatório de reparo pós-VM pareceu ser maior do que a medida pela técnica PMT com ETT no período pós-operatório. No entanto, isso não significa que a técnica 3D-PLAN foi imprecisa, mas precisa de cautela na determinação do AVM usando diferentes técnicas.
Karamov et al. (2020) <sup>45</sup>	Comparou os AVM reparados obtidos com métodos ecocardiográficos 2D e 3D comumente usados para um A03D, que é uma nova medida ecocardiográfica e independente de suposições geométricas	Estudo retrospectivo. Imagens intraoperatórias de ETE 2D e 3D de 20 pacientes submetidos ao reparo da VM para RM obtidas imediatamente após o reparo foram revisadas retrospectivamente. Os AVMs obtidos por PMT, 2D-PLAN e 3D-PLAN foram comparados aos obtidos por A03D.	Os AVMs obtidos pelo método A03D foram significativamente menores em comparação aos obtidos por PMT, 2DP e 3DP. Além disso, a AVM definida como área $\leq 1,5$ cm <sup>2</sup> foi identificada por A03D em 2 pacientes e por 3DP em 1 paciente.	Após o reparo da VM, as AVMs obtidas pelo novo método A03D foram significativamente menores do que aquelas obtidas pelos métodos ecocardiográficos convencionais e podem ser consistentes com uma maior incidência de redução da AVM quando comparadas às técnicas 2D.

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Maslow et al. (2011) <sup>40</sup>	Foram estudados 3 métodos diferentes para medir a AVM após o reparo da VM. Os dados obtidos imediatamente após o reparo foram comparados com os dados pós-operatórios. O objetivo foi determinar a viabilidade e correlação entre os dados de AMIU intra e pós-operatório.	Estudo prospectivo. 25 pacientes agendados para cirurgia de correção de VM. Os dados ecocardiográficos incluíram os AMVs obtidos usando o PMT, 2D-PLAN e CE. Esses dados foram obtidos imediatamente após a CEC e comparados com dados obtidos antes da alta hospitalar (ecocardiograma transtorácico 1) e 6 a 12 meses após a cirurgia (ecocardiograma transtorácico 2). Os cuidados intraoperatórios foram orientados por metas hemodinâmicas destinadas a otimizar a função cardíaca.	Os dados mostram boa concordância e correlação entre o AVM obtido com PMT e 2D-PLAN dentro e entre cada período de tempo. Os dados de AVM obtidos com o EC no pós-operatório foram menores e não se correlacionaram ou concordaram tão bem com outros dados de AVM.	A AVM registrada imediatamente após a plástica valvar, utilizando PMT, correlacionou e concordou com os dados da AVM obtidos no pós-operatório.
Riegel et al. (2011) <sup>43</sup>	Hipoteizou-se que a ecocardiografia intraoperatória pode ser utilizado para diagnosticar EM iatrogênica imediatamente após o reparo da VM.	Estudo retrospectivo. Foram revisados dados de 552 pacientes consecutivos submetidos à correção de VM em uma única instituição. O pico pós-CEC e o GPTM médio e PMT foram obtidos a partir de exames de ETE intraoperatórios em cada paciente.	Nove pacientes foram reoperados por EM primária, antes da alta hospitalar. Todos esses pacientes já apresentavam média e pico de GPTMs pós-CEC no intraoperatório que foram significativamente maiores em comparação com os valores para aqueles que não apresentaram capacidade de discriminação para gradientes médios e gradientes de pico, mas baixo desempenho para PMT. Um valor de 7 mmHg para média e 17 mmHg para GPTM de pico, melhor separou os pacientes que necessitaram de reoperação por EM daqueles que não o fizeram.	O diagnóstico de ETE intraoperatório de um pico de GPTM 17 mmHg ou GPTM médio de 7 mmHg imediatamente após a CEC é sugestivo de SM ICCnicamente relevante após o reparo da VM.
Vernick et al. (2013) <sup>42</sup>	Avaliaram a precisão dos gradientes da válvula transmitral derivados do Doppler imediatamente após o reparo da VM, comparando-os com gradientes diretos de cateter obtidos quase simultaneamente.	Estudo prospectivo. 20 pacientes apresentando-se para cirurgia de reparo da VM. Após a conclusão do reparo da VM e posterior remoção de ar cardíaco, o paciente foi desmamado da CEC. Imediatamente após a separação, gradientes de Doppler transmitral quase simultâneos foram obtidos com gradientes de cateter medidos diretamente através do cateter de ventilação.	Enquanto a diferença média do gradiente de pico de 1,1 mmHg foi pequena, a correlação entre as medidas do gradiente do Doppler e do cateter so se aproximou da significância estatística devido à grande variância associada ao pequeno tamanho da amostra. Em todos os pacientes com gradiente de pico maior que 10 mmHg (4 dos 20 pacientes), ocorreu superestimação dos gradientes do cateter pelo Doppler, com dois apresentando discrepância de 62% a 73%. Nesses dois casos, também houve evidência de PDFVE elevado juntamente com altas velocidades de fluxo sanguíneo transmitral.	Os gradientes transmitral derivados do Doppler fornecem uma medida simples, segura e confiável do verdadeiro gradiente fisiológico da válvula transmitral. Ao mesmo tempo, é importante reconhecer que pode ocorrer uma superestimação significativa dos gradientes do cateter pelo Doppler em pacientes com velocidades de transmissão do Doppler elevadas.

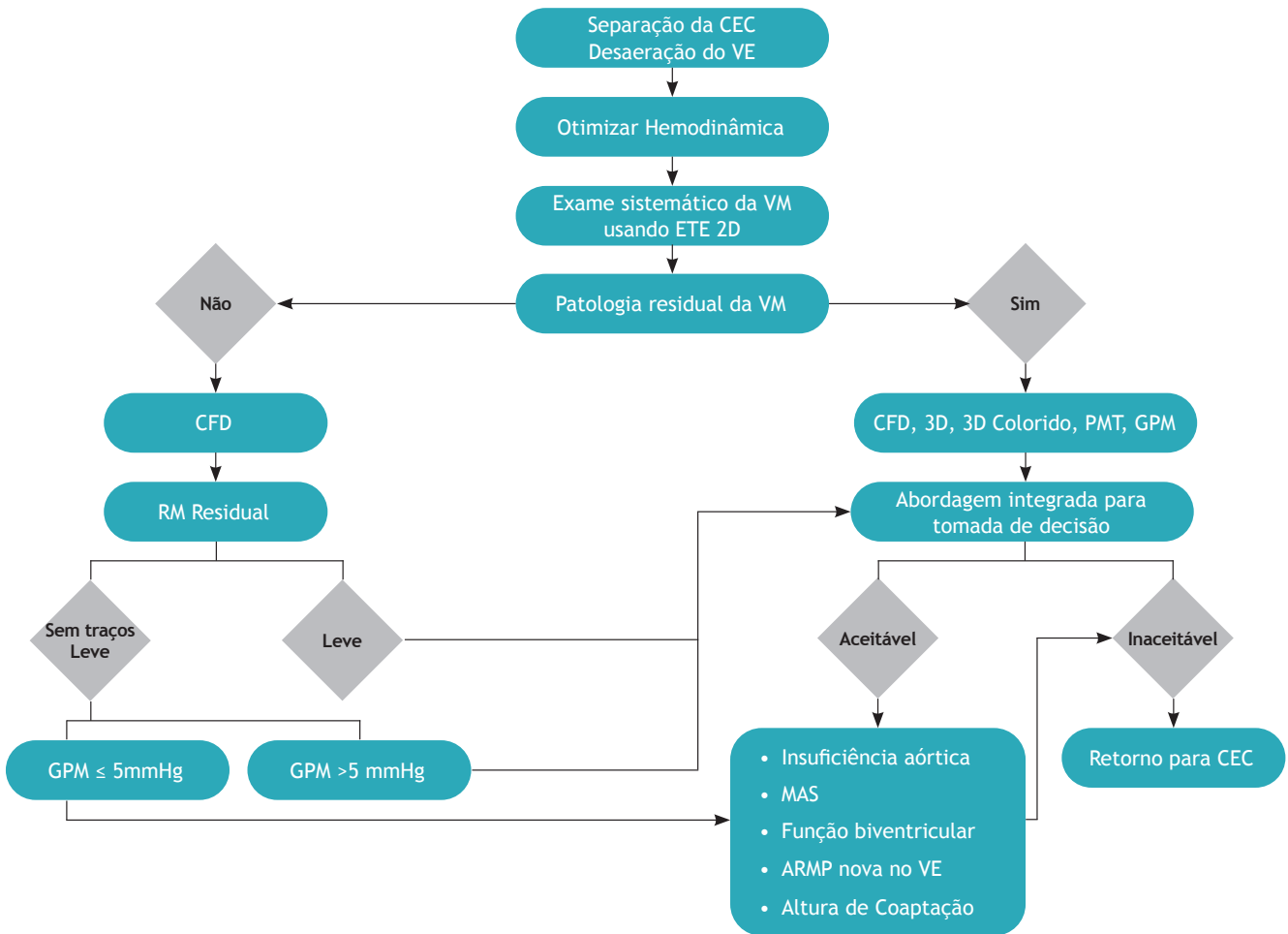
Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Mabrouk-Zerguini et al. (2008) <sup>33</sup>	Testaram a hipótese de que o índice Tei poderia ser útil na avaliação da função cardíaca perioperatória em pacientes submetidos à correção da VM.	Estudo retrospectivo. 25 pacientes foram inscritos. A ETE foi realizada no perioperatório antes e após a correção da RM. Comparamos o impacto do reparo da VM na MAF do ventrículo esquerdo e no índice de Tei. O MAF foi calculado a partir do corte transgástrico em eixo curto e o índice de Tei foi determinado a partir das quatro câmaras e cortes transgástricos profundos.	FAC diminuiu significativamente após MVR de 53% para 42%, enquanto o índice Tei não foi afetado. Foi encontrada uma relação significativa entre o índice de Tei pré-operatório e o MAF pós-operatório. Além disso, uma relação significativa e IC clinicamente relevante foi determinada entre o predito (usando o índice Tei pré-operatório) e o MAF pós-operatório medido.	O FAC, mas não o índice Tei, é influenciado pelo MVR. A determinação pré-operatória do índice de Tei permite prever CAF pós-operatório e oferece a oportunidade de identificar pacientes nos quais uma disfunção sistólica grave insuspeita pode dificultar o desmame da CEC.
Manabe et al. (2012) <sup>32</sup>	Investigou a MAS do mecanismo da VM analisando a mudança na morfologia da VM associada aos procedimentos operatórios.	Estudo retrospectivo. Os componentes da VM foram medidos antes e após procedimentos operatórios por ETE em 179 pacientes submetidos ao reparo da VM. As comparações foram feitas entre 15 pacientes com MAS (grupo MAS) e 164 pacientes sem MAS (grupo não MAS).	Os procedimentos cirúrgicos deslocaram o ponto de coaptação em direção ao VSVE em 6,9 mm e aumentaram a porção extra do folheto anterior que se estendia além do ponto de coaptação em 5,4 mm. Essas mudanças foram apri-moradas no grupo MAS. A comparação intergrupos revelou que não houve diferenças nas morfologias pré-operatórias da VM entre os dois grupos. Após os procedimentos cirúrgicos, no entanto, o grupo MAS apresentou menor diâmetro anular e menor relação comprimento coaptado anterior/posterior em comparação com o grupo não MAS.	Os resultados deste estudo mostram que os procedimentos operatórios podem modificar a morfologia da VM suscetível ao desenvolvimento de MAS. O diâmetro anular menor no pós-operatório e o deslocamento anterior do ponto de coaptação foram considerados como contribuintes para o desenvolvimento da MAS.
Rosendal et al. (2012) <sup>33</sup>	O RT-ETE 3D permite uma excelente visualização do VSVE e pode melhorar as medições 2D padrão. Neste estudo, a área e a forma do VSVE foram avaliadas antes e após a cirurgia de VM.	Estudo retrospectivo. 35 pacientes submetidos à correção ou substituição da VM foram comparados com 15 pacientes submetidos à cirurgia de revascularização do miocárdio. A área do VSVE foi medida por planimetria. Foram calculados os erros metodológicos máximos possíveis assumindo um VSVE circular e um índice de excentricidade. O diâmetro da VSVE em uma visão do eixo médio do esôfago serviu para calcular o erro para a VSVE circular determinada na prática intraoperatória comum.	As medições 2D intraoperatórias comuns subestimaram a área real do VSVE em 21%. A cirurgia de VM levou a uma redução significativa da área de VSVE em 7%. Embora a altura da VSVE tenha permanecido inalterada, a largura diminuiu, resultando em uma forma mais circular da VSVE. Esse efeito foi mais pronunciado quanto menor o tamanho do anel ou prótese de anuloplastia implantado. A cirurgia de revascularização do miocárdio não afetou a VSVE. A FEVE foi significativamente correlacionada com a excentricidade da VSVE. Função ventricular prejudicada e volumes sistólicos finais mais elevados foram associados a uma forma mais arredondada.	A forma excêntrica do VSVE leva a uma subestimação distinta de sua área com medidas 2D. A excentricidade da VSVE é menos distinta em pacientes com baixas frações de ejeção e maiores volumes sistólicos finais. A largura da VSVE é diminuída através de anéis e próteses de anuloplastia, e quanto menor o dispositivo implantado, mais profunda é a redução.

Tabela 2 Continuação.

Estudo	Objetivos do estudo	Design do estudo	Resultados	Conclusão do autor
Vergnat et al. (2011) <sup>29</sup>	Hipotetizou-se que a anuloplastia em forma de sela melhoraria a coaptação do folheto em casos de reparo da VM para segmentos do folheto posterior instável.	Estudo prospectivo. 16 com segmento posterior flácido e IM grave fizeram reparo da VM com técnicas padrão. 8 pacientes receberam anuloplastia em forma de sela e 8 pacientes receberam anuloplastia plana. O RT-E TE 3D foi realizado antes e após o reparo. As imagens foram analisadas usando software personalizado para calcular AAM, DSL, LIC, ATF e ACF.	Pós-reparo AAM e ATF foram semelhantes em ambos os grupos. O ACF pós-reparo foi significativamente maior no grupo sela do que no grupo plano.	Quando comparada com a anuloplastia plana, a anuloplastia em forma de sela melhorou o ACF após o reparo da VM para IM grave secundária ao segmento do folheto posterior instável. O uso de dispositivos de anuloplastia em forma de sela pode aumentar a durabilidade do reparo.
Vergnat et al. (2012) <sup>28</sup>	Usou RT-E TE 3D para avaliar a influência do formato do anel na curvatura do folheto em pacientes com RMI.	Estudo prospectivo. O RT-E TE 3D foi realizado em 21 pacientes com RMI após a colocação de um anel de anuloplastia plano ou em forma de sela. Uma combinação de software comercialmente disponível e personalizado foi usada para medir vários parâmetros de curvatura do folheto em todas as regiões da VM.	Independentemente do formato do anel de anuloplastia, todos os pacientes foram submetidos ao mesmo grau de subdimensionamento anular. Os pacientes que receberam anéis de anuloplastia em forma de sela apresentaram maior curvatura do folheto em todas as seis regiões do folheto da VM em comparação com os pacientes que receberam anéis de anuloplastia planos. Essas diferenças foram estatisticamente significativas em todas as regiões, exceto na região P1.	Anéis de anuloplastia em forma de sela aumentam a curvatura do folheto em comparação com anéis planos em pacientes com RMI. Como resultado, a anuloplastia em forma de sela pode diminuir o estresse do folheto e potencialmente aumentar a durabilidade do reparo em pacientes com RMI.
Wei et al. (2017) <sup>51</sup>	Investigou a associação entre o HC da VM e RM após o reparo da VM.	Estudo retrospectivo com seguimento prospectivo. Foram incluídos 20 pacientes submetidos à anuloplastia VM por RM. A anuloplastia em anel foi realizada em todos os casos. Vmd, CH, FEVE foram medidos pelo ETE antes da operação na sala de operação e 3 meses e 12 meses após a operação pelo ETE. Um grau de 0 a 4 foi usado para medir o grau de RM.	Havia 14 pacientes com 0,3 pacientes com 1,3 pacientes com 2 de RM 12 meses após a operação. Aumentou significativamente em 3 meses e 12 meses após a operação. A Vmd e FEVE não foram alteradas significativamente após o reparo da VM. Além disso, o HC após a ressuscitação tem correlação negativa estatisticamente significativa com o grau de RM 12 meses após a operação.	O reparo de MV com anel de MV induz a alteração morfológica da estrutura de MV. O aumento do HC após o reparo da VM pode ser um dos principais fatores na regulação da RM.

2D, Bidimensional; 3D, Tridimensional; MV, Valva Mitral; ETE, Ecocardiografia Transesofágica; RM, Regurgitação Mitral; AM, Anel Mitral; AVM, Área da Valva Mitral; DVM, Doença Valvular Mixomatosa; DFE, Deficiência Fibroelástica; ANP, Ângulo de Não Planaridade; CFD, Color-Flow Doppler; 2D-PLAN, 2D Planimetria; PMT, Pressão Meio Tempo; 3D-PLAN, Planimetria 3D; TR, Tempo Real; 4D, 4-Dimensional; FVG, Fluxo Vetorial Gradiente; DBP, Dinâmica Baseada em Posição; AMA, Acoplamento Mitral-Aórtico; CEC, Circulação Extracorpórea; VCI, Veia Cava Inferior; VCS, Veia Cava Superior; AOA, Aorta Ascendente; AL, Anterolateral; PM, Posteromedial; CC, Comprimento de Coaptação; ICC, Índice de Comprimento de Coaptação; AC, Área de Coaptação; IAC, Índice de Área de Coaptação; AO3D, Área de Orifício 3D; EC, Equação de Continuidade; EM, Estenose Mitral; GPTM, Gradientes de Pressão Transmitral; MAF, Mudança de Área Fracionada; PDFVE, Pressão Diastólica Final do Ventriculo Esquerdo; MAS, Movimento Anterior Sistólico; VSVE, Via de Saída do Ventriculo Esquerdo; AAM, Área Anular Mitral; DSL, Dimensão Septolateral; LIC, Largura Intercomissural; ATF, Área Total do Folheto; ACF, Área de Coaptação de Folhetos; RMI, Regurgitação Mitral Isquêmica; DVM, dimensão do eixo curto MV; CH, Altura de Coaptação; FEVE: Fração de Ejeção do Ventriculo Esquerdo; ETT, Ecocardiografia Transtorácica.



**Figura 2** Fluxograma representando uma abordagem escalonada intraoperatória para avaliação da Valva Mitral (VM) imediatamente após o reparo. A Ecocardiografia Transesofágica (ETE) é utilizada para orientar a separação da circulação extracorpórea (CEC) e assegurar que o coração não tenha ar residual; após a otimização hemodinâmica, um exame sistemático da VM com ETE 2D é usado para identificar se há algum mecanismo residual de Regurgitação da Valva Mitral (RM) e, se não estiver presente, o Color Flow Doppler (CFD) confirmará se há RM residual. Qualquer RM menor ou igual a leve é aceitável e uma interrogação adicional com Doppler de Onda Contínua (DOC) calculando o Gradiente de Pressão Média (MPG) excluirá estenose da válvula mitral (EM) significativa após o reparo. Patologia residual da VM, qualquer RM residual maior que leve e alto GPM deve passar por uma abordagem integrada pelo cirurgião para decidir se o reparo é aceitável ou não. Se não for aceitável, a CEC é retomada e reparos ou substituições adicionais são realizados. Uma vez que o resultado é aceitável, um exame de ETE abrangente é realizado, incluindo avaliação da função biventricular, novas Anormalidades Regionais de Movimento da Parede (ARMP) do Ventrículo Esquerdo (VE), Insuficiência da Valva Aórtica nova ou agravada, Movimento Anterior Sistólico da VM e medição da Altura de Coaptação da VM (AC).

### Síntese de evidências

A maioria dos estudos foi não-comparativa ou descritiva em design, em vez de analítica, a partir da qual nenhuma estimativa de efeitos pode ser gerada. Além disso, conforme apresentado acima, encontramos diversidade clínica e metodológica entre os estudos, e eles incluíram diferentes patologias basais da VM. Portanto, esses estudos não são comparáveis e, infelizmente, a meta-análise dos dados não foi viável. Adotamos uma abordagem qualitativa para síntese de evidências e apresentamos uma revisão narrativa de nossos achados.

### Discussão

A ETE intraoperatória fornece uma fonte indiscutível e importante de informações para cirurgiões e anestesiolistas em cirurgias de reparo da valva mitral.<sup>6,12,13</sup> Diretrizes sobre avaliação de RM e artigos de revisão sobre ETE intraoperatória para cirurgia de reparo de VM foram publicados, enfatizando o efeito da pós-carga sobre a avaliação ecocardiográfica da RM e a importância de avaliar a valva em condições hemodinâmicas otimizadas semelhantes aos sinais vitais basais do paciente. Esses estudos também demonstram excelente correlação



entre ETE e achados cirúrgicos em patologias simples<sup>14</sup> e complexas,<sup>15</sup> fornecendo uma abordagem abrangente estruturada sobre como realizar um exame pós-CEC que aborda a separação da CEC, avaliação da VM (competência, permeabilidade e restauração da coaptação do folheto), função global e regional do Ventrículo Esquerdo (VE), avaliação da Via de Saída do Ventrículo Esquerdo (VSVE) para movimento anterior sistólico da VM e presença de nova insuficiência aórtica.<sup>6,16-21</sup>

Esta revisão sistemática teve como objetivo examinar as evidências recentes e buscar novas avaliações de ETE intraoperatórias pós-reparo que possam impactar os resultados de curto e longo prazo após a cirurgia. A estratégia de busca utilizada incluiu todos os estudos envolvendo a utilização do ETE no intraoperatório de cirurgias na VM, e notamos heterogeneidade entre os centros na utilização do ETE pós-CEC para tomada de decisão. A Figura 2 apresenta um fluxograma com uma abordagem passo a passo proposta para avaliação intraoperatória do reparo da VM pós-CEC que pode ser usado para avaliar a qualidade do reparo e orientar as decisões.

## Avanços tecnológicos

Dos 30 estudos incluídos nesta revisão, 19 usaram um novo software analítico ETE 3D com diferentes medidas derivadas de objetivos para avaliar<sup>22-25</sup> e investigar múltiplas alterações geométricas e dinâmicas da válvula mitral reparada<sup>26-31</sup> e da válvula mitral<sup>30,32-35</sup>. Essa tecnologia também foi usada para comparar mudanças geométricas e dinâmicas usando anéis de anuloplastia total versus parcial<sup>36,37</sup> e anéis completos de diferentes formas<sup>38</sup> e características diferentes.<sup>39,40</sup> (Tabela 1) Embora esses estudos tenham utilizado software analítico e oferecido avaliação objetiva da VM pós-reparo, todos são de natureza descritiva, sendo necessários mais ensaios clínicos randomizados para investigar a associação entre os dados derivados do objetivo e os desfechos em longo prazo.

Grapsa et al. usaram a análise do software speckle tracking do aparelho de VM para calcular a tensão dos músculos papilares e mostraram que os pacientes com prolapso do folheto mitral posterior isolado são menos propensos a ter qualquer RM residual pós-reparo quando a tensão global do músculo papilar de ambos os músculos papilares é próxima ou igual para zero.<sup>41</sup> Embora promissor, este é um estudo isolado e mais ensaios são necessários para delinear o papel do *speckle tracking* e determinar as métricas de deformação associadas à qualidade ou duração do reparo.

## Estenose mitral iatrogênica

Uma anuloplastia restritiva ou ressecção extensa do tecido do folheto pode diminuir a área efetiva da válvula mitral (AVM) durante a diástole, por sua vez, levando à estenose mitral (EM) após o reparo.<sup>42</sup> A influência da CEC na complacência ventricular imediatamente após

a cirurgia pode ser um fator importante que limita a utilidade da pressão de meio tempo (PMT) para avaliar a permeabilidade da VM pós-reparo,<sup>43</sup> e atualmente há uma demanda por diretrizes para avaliar a SM em uma VM reparada, uma vez que há dados conflitantes sobre qual método deve ser usado para determinar a AVM imediatamente após o reparo (PMT, planimetria bidimensional 2D-PLAN ou planimetria tridimensional 3D-PLAN).<sup>44</sup>

Nossa revisão encontrou 5 estudos sobre esse tópico específico. Vernick et al. mostraram que os gradientes transmitral derivados do Doppler fornecem uma medida simples, segura e confiável do verdadeiro gradiente valvar transmitral fisiológico.<sup>45</sup> Embora um gradiente médio de menos de 5 mmHg através da valva seja característico de um reparo adequado,<sup>19</sup> Riegel et al. apontaram que gradientes médios maiores até 7 mmHg imediatamente após a CEC podem estar presentes em situações de aumento da Pressão Atrial Esquerda (PAE), ou seja, débito cardíaco elevado, taquicardia e fibrilação atrial (AFib), e isso pode não causar EM clínica pós-operatória que precisa ser tratado cirurgicamente.<sup>46</sup> Três estudos observacionais tentaram comparar métodos diferentes, e nenhum deles mostrou forte evidência de um método superior<sup>42,47,48</sup> (Tabela 1).

## Superfície de coaptação

Um dos principais objetivos do reparo cirúrgico da valva é restaurar a maior superfície de coaptação do folheto possível.<sup>49-52</sup> Existe uma associação de HC > 8 mm pós-reparo com melhores resultados, embora a Altura de Coaptação (CH) normal em uma VM nativa varie de 3 a 6 mm.<sup>53</sup> Wei et al. demonstraram que uma altura de coaptação mais alta após o reparo está associada a menos RM residual em 12 meses após o reparo,<sup>54</sup> e Guo et al. mostraram que tanto o 2D quanto o ETE 3D podem ser usados para avaliar a coaptação de folhetos pós-reparo, sendo o 2D um método mais simples e rápido.<sup>55</sup>

## Avaliação do ventrículo esquerdo

Prever o risco de disfunção do VE após o reparo da VM é um desafio devido à superestimação da fração de ejeção do VE em pacientes com IM grave. Mabrouk-Zerguini et al. mostraram que o Índice de Desempenho do Miocárdio (Tei-index) não é afetado pelo reparo da VM. Esse índice pode ser usado para prever a alteração de área fracionada (AAF) pós-reparo e, conseqüentemente, prever pacientes em risco de disfunção do VE pós-CEC.<sup>56</sup>

Nova anormalidade de movimento regional da parede lateral do VE após reparo deve levantar a suspeita de lesão da artéria circunflexa.<sup>6,15-18</sup> Ender et al. propuseram e validaram um método para interrogar a artéria circunflexa com Doppler de fluxo colorido (CFD) e Doppler de onda de pulso (PWD) em seus segmentos proximal, intermediário e distal, útil para diagnosticar fluxo diminuído ou oclusão.<sup>57</sup>

## Limitações

Algumas limitações podem ser apreciadas neste estudo. Em primeiro lugar, em termos cronológicos, nossa avaliação se limita a estudos publicados de janeiro de 2008 a janeiro de 2021. No entanto, a maioria das tecnologias avançadas relacionadas ao ultrassom e ETE 3D foram introduzidas na prática após 2008. Em segundo lugar, não encontramos estudos comparáveis e nenhuma análise de dados foi realizada. Uma descrição narrativa dos principais achados foi usada como uma opção viável. Em terceiro lugar, todos os estudos incluídos são de natureza observacional e, idealmente, ensaios controlados randomizados adequadamente prospectivos são mais adequados para estudar os resultados com maior poder de evidência. Finalmente, nenhum dos estudos incluídos teve como objetivo investigar o impacto nos resultados a longo prazo, e nenhum impacto na duração do reparo ou na sobrevida do paciente pôde ser demonstrado.

## Conclusão

Esta revisão sistemática avaliou a literatura recente sobre ETE intraoperatório para correção de VM realizada imediatamente após a CEC. Embora os avanços tecnológicos tenham permitido a avaliação objetiva das alterações geométricas e dinâmicas da VM, o impacto do uso dessas tecnologias nos desfechos de curto ou longo prazo ainda não foi estudado, sendo necessários mais estudos prospectivos randomizados para abordar esse ponto. Além disso, encontramos incerteza e evidências conflitantes sobre o método e as métricas ideais para avaliar a permeabilidade da VM após o reparo, e poucos estudos isolados validando métodos para avaliar a superfície de coaptação e a função do VE após o reparo.

## Conflitos de interesse

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

## Agradecimentos

Gostaríamos de agradecer a Brie-Anne Falchetto, Bibliotecária, Biblioteca, Hospital Universitário, London Health Science Centre, e Darren Hamilton, ICCnical Librarian Specialist, Health Sciences Library, London Health Sciences Centre.

## Materiais complementares

O material complementar associado a este artigo pode ser encontrado, na versão online, em doi:10.1016/j.bjane.2022.03.002.

## Referências

- Carroll, D., Weerakkody, Y. Carpentier classification of mitral valve regurgitation. Reference article, Radiopaedia.org. <https://doi.org/10.53347/rID-63316>.
- Enriquez-Sarano M, Akins LIC, Vahanian A. Mitral regurgitation. *Lancet*. 2009;373:1382-94.
- Prakash R, Horsfall M, Markwick A, et al. Prognostic impact of moderate or severe mitral regurgitation (MR) irrespective of concomitant comorbidities: a retrospective matched cohort study. *BMJ Open*. 2014;4:e004984.
- Gammie JS, Sheng S, Griffith BP, et al. Trends in mitral valve surgery in the United States: results from the Society of Thoracic Surgeons Adult Cardiac Surgery Database. *Ann Thorac Surg*. 2009;87:1431-7; discussion 7-9.
- Shernan SK. Perioperative transesophageal echocardiographic evaluation of the native mitral valve. *Crit Care Med*. 2007;35(8 Suppl):S372-83.
- Sidebotham DA, Allen SJ, Gerber IL, et al. Intraoperative transesophageal echocardiography for surgical repair of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27:345-66.
- David TE, Ivanov J, Armstrong S, et al. A comparison of outcomes of mitral valve repair for degenerative disease with posterior, anterior, and bileaflet prolapse. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2005;130:1242-9.
- Lorusso R, De Bonis M, De Cicco G, et al. Mitral insufficiency and its different aetiologies: old and new insights for appropriate surgical indications and treatment. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)*. 2007;8:108-13.
- Suri RM, Schaff HV, Dearani JA, et al. Survival advantage and improved durability of mitral repair for leaflet prolapse subsets in the current era. *Ann Thorac Surg*. 2006;82:819-26.
- Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA Statement. *Open Med*. 2009;3:e123-30.
- Higgins JPT, Thomas J, Chandler J, et al. *Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions*. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester (UK): John Wiley & Sons; 2019.
- Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. PaTR2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:307-32.
- Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, et al. 2014 AHA/ACC guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2438-88.
- Wang Y, Gao CQ, Wang JL, et al. The role of intraoperative transesophageal echocardiography in robotic mitral valve repair. *Echocardiography*. 2011;28:85-91.
- Grewal J, Mankad S, Freeman WK, et al. Real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in the intraoperative assessment of mitral valve disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22:34-41.
- Mahmood F, Matyal R. A quantitative approach to the intraoperative echocardiographic assessment of the mitral valve for repair. *Anesth Analg*. 2015;121:34-58.
- Iglesias I. Intraoperative TEE assessment during mitral valve repair for degenerative and ischemic mitral valve regurgitation. *Semin Cardiothorac Vasc Anesth*. 2007;11:301-5.
- Banakal SC. Intraoperative transesophageal echocardiographic assessment of the mitral valve repair. *Ann Card Anaesth*. 2010;13:79-84.
- Maslow A. Mitral valve repair: an echocardiographic review: PaTR2. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29:439-71.

20. Ender J, Sgouropoulou S. Value of transesophageal echocardiography (TEE) guidance in minimally invasive mitral valve surgery. *Ann Cardiothorac Surg.* 2013;2:796-802.
21. Reshmi JL, Gopan G, Varma PK, et al. Transesophageal Echocardiographic Assessment of the Repaired Mitral Valve: A Proposed Decision Pathway. *Seminars in Cardiothoracic and Vascular Anesthesia.* September 2021.
22. Ma N, Li ZA, Meng X, et al. Live three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve surgery. *Chin Med J.* 2008;121:2037-41.
23. Maffessanti F, Marsan NA, Tamborini G, et al. Quantitative analysis of mitral valve apparatus in mitral valve prolapse before and after annuloplasty: a three-dimensional intraoperative transesophageal study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:405-13.
24. Pan C, Shu XH, Cao Q, et al. Role of real-time three-dimensional transesophageal echocardiography in mitral valve repair. *J Geriatr Cardiol.* 2008;5:137-41.
25. Tautz L, Walczak L, Georgii J, et al. Combining position-based dynamics and gradient vector flow for 4D mitral valve segmentation in TEE sequences. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2020;15:119-28.
26. Bartels K, Thiele RH, Phillips-Bute B, et al. Dynamic indices of mitral valve function using perioperative three-dimensional transesophageal echocardiography. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28:18-24.
27. Grewal J, Suri R, Mankad S, et al. Mitral annular dynamics in myxomatous valve disease: new insights with real-time 3-dimensional echocardiography. *Circulation.* 2010;121:1423-31.
28. Mahmood F, Karthik S, Subramaniam B, et al. Intraoperative application of geometric three-dimensional mitral valve assessment package: a feasibility study. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008;22:292-8.
29. Maslow A, Mahmood F, Poppas A, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of the repaired mitral valve. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2014;28:11-7.
30. Vergnat M, Levack MM, Jassar AS, et al. The influence of saddle-shaped annuloplasty on leaflet curvature in patients with ischaemic mitral regurgitation. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;42:493-9.
31. Vergnat M, Jackson BM, Cheung AT, et al. Saddle-shaped annuloplasty increases mitral leaflet coaptation after repair for flail posterior leaflet. *Ann Thorac Surg.* 2011;92:797-803.
32. Ben Zekry S, Jain S, Alexander SK, et al. Novel parameters of global and regional mitral annulus geometry in man: comparison between normals and organic mitral regurgitation, before and after mitral valve repair. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016;17:447-57.
33. Veronesi F, Caiani EG, Sugeng L, et al. Effect of mitral valve repair on mitral-aortic coupling: a real-time three-dimensional transesophageal echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:524-31.
34. Manabe S, Kasegawa H, Fukui T, et al. Morphological analysis of systolic anterior motion after mitral valve repair. *Interact Cardiovasc Thorac Surg.* 2012;15:235-9.
35. Rosendal C, Hien MD, Bruckner T, et al. Left ventricular outflow tract: intraoperative measurement and changes caused by mitral valve surgery. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:166-72.
36. Ma W, Ye W, Zhang J, et al. Impact of different annuloplasty rings on geometry of the mitral annulus with fibroelastic deficiency: the significance of aorto-mitral angle. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2018;34:1707-13.
37. Mahmood F, Subramaniam B, Gorman JH, 3rd, et al. Three-dimensional echocardiographic assessment of changes in mitral valve geometry after valve repair. *Ann Thorac Surg.* 2009;88:1838-44.
38. Mahmood F, Gorman JH, 3rd, Subramaniam B, et al. Changes in mitral valve annular geometry after repair: saddle-shaped versus flat annuloplasty rings. *Ann Thorac Surg.* 2010;90:1212-20.
39. Nishi H, Toda K, Miyagawa S, et al. Annular dynamics after mitral valve repair with different prosthetic rings: A real-time three-dimensional transesophageal echocardiography study. *Surg Today.* 2016;46:1083-90.
40. Owais K, Kim H, Khabbaz KR, et al. In-vivo analysis of selectively flexible mitral annuloplasty rings using three-dimensional echocardiography. *Ann Thorac Surg.* 2014;97:2005-10.
41. Grapsa J, Zimbarra Cabrita I, Jakaj G, et al. Strain balance of papillary muscles as a prerequisite for successful mitral valve repair in patients with mitral valve prolapse due to fibroelastic deficiency. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16:53-61.
42. Maslow A, Gemignani A, Singh A, et al. Intraoperative assessment of mitral valve area after mitral valve repair: comparison of different methods. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2011;25:221-8.
43. A. Nicoara, N. Skubas, N. Ad, A. Finley, R. T. Hahn, F. Mahmood, et al. Guidelines for the use of transesophageal echocardiography to assist with surgical decision-making in the operating room: a surgery-based approach: from the american society of echocardiography in collaboration with the Society of Cardiovascular Anesthesiologists and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Soc Echocardiogr* 2020;33:692-734.
44. Essandoh M. Intraoperative echocardiographic assessment of mitral valve area after degenerative mitral valve repair: a call for guidelines or recommendations. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2016;30:1364-8.
45. Vernick WJ, Ochroch EA, Horak J, et al. Validation study of Doppler-derived transmitral valve gradients compared to near simultaneously obtained directly measured catheter gradients immediately after mitral valve repair surgery. *J Card Surg.* 2013;28:329-35.
46. Riegel AK, Busch R, Segal S, et al. Evaluation of transmitral pressure gradients in the intraoperative echocardiographic diagnosis of mitral stenosis after mitral valve repair. *PLoS ONE [Electronic Resource].* 2011;6(11):e26559.
47. Kang WS, Choi JW, Kang JE, et al. Determination of mitral valve area with echocardiography, using intraoperative 3-dimensional versus intra- & post-operative pressure half-time technique in mitral valve repair surgery. *J Cardiothorac Surg.* 2013;8:98.
48. Karamnov S, Burbano-Vera N, Shook DC, et al. A novel 3-dimensional approach for the echocardiographic evaluation of mitral valve area after repair for degenerative disease. *Anesth Analg.* 2020;130:300-6.
49. Padala M, Powell SN, Croft LR, et al. Mitral valve hemodynamics after repair of acute posterior leaflet prolapse: quadrangular resection versus triangular resection versus neochordoplasty. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2009;138:309-15.
50. Gillinov AM, Cosgrove DM, Blackstone EH, et al. Durability of mitral valve repair for degenerative disease. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1998;116:734-43.
51. Greenhouse DG, Dellis SL, Schwartz CF, et al. Regional changes in coaptation geometry after reduction annuloplasty for functional mitral regurgitation. *Ann Thorac Surg.* 2012;93:1876-80.
52. Bax JJ, Braun J, Somer ST, et al. Restrictive annuloplasty and coronary revascularization in ischemic mitral regur-

- gitation results in reverse left ventricular remodeling. *Circulation*. 2004;110(11 Suppl 1):II103-8.
53. Adams DH, Rosenhek R, Falk V. Degenerative mitral valve regurgitation: best practice revolution. *Eur Heart J*. 2010;31:1958-66.
54. Wei D, Han J, Zhang H, et al. The correlation between the coaptation height of mitral valve and mitral regurgitation after mitral valve repair. *J Cardiothorac Surg*. 2017;12:120.
55. Guo Y, He Y, Zhang Y, et al. Assessment of the mitral valve coaptation zone with 2D and 3D transesophageal echocardiography before and after mitral valve repair. *J Thorac Dis*. 2018;10:283-90.
56. Mabrouk-Zerguini N, Leger P, AubeTRs, et al. Tei index to assess perioperative left ventricular systolic function in patients undergoing mitral valve repair. *Br J Anaesth*. 2008;101:479-85.
57. Ender J, Selbach M, Borger MA, et al. Echocardiographic identification of iatrogenic injury of the circumflex artery during minimally invasive mitral valve repair. *Ann Thorac Surg*. 2010;89:1866-72.