

Como Eu Faço o Método PISA EROA na Regurgitação Mitral: Uma Revisão Crítica

My Approach to PISA EROA in Mitral Regurgitation: A Critical Review

Nicolas Merke¹ 

Deutsches Herzzentrum der Charité, Medical Heart Center of Charité and German Heart Institute Berlin, Department of Cardiothoracic and Vascular Surgery,¹ Berlim – Alemanha

Figura Central: Como Eu Faço o Método PISA EROA na Regurgitação Mitral: Uma Revisão Crítica



3 componentes (RCF, VC, Jato)

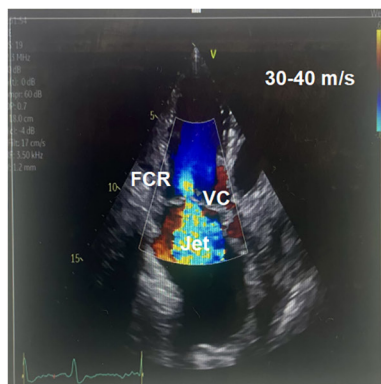


RCF circular
Sem variação (GE)

Limite de Nyquist 30-40 m/s, não abaixo
Raio em Vmáx. do jato

Raio desde o início da VC até a primeira alteração de cor
Traçado apenas da IVT visível

Verificação de plausibilidade do vol. de regurgitação
não confiar apenas no PISA EROA



RCF não circular
variação de licença (GE)

Limite de Nyquist abaixo de 30 cm/s
Maior raio não está na Vmáx. do jato

Raio abaixo da coaptação valvular
Traçado onde nenhum sinal de IVT é vazio

Tomando todos os valores como garantidos, especialmente se Vol. de Reg. - > 60 ml
Confiar apenas no PISA EROA

Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2024;37(3):e20240061

VC: veia estreitada; RCF: região de convergência de fluxo; IVT: integral de velocidade e tempo

Resumo

É importante se manter humilde na ecocardiografia, mas também confiante. A regurgitação da válvula mitral (RM) é a doença cardíaca valvular mais comum. Para orientar a terapia adequada, é fundamental seguir e aplicar as ferramentas ecocardiográficas recomendadas pelas diretrizes. O método de convergência de fluxo, que calcula a área efetiva do

orifício regurgitante e o volume regurgitante, desempenha um papel central na investigação diagnóstica, sendo amplamente utilizado por ecocardiografistas e ultrassonografistas. Somente mediante conhecimento da aplicação correta, e evitando seus riscos, podemos garantir valores abrangentes e plausíveis. Esta revisão crítica mostrará detalhadamente todos os momentos críticos da aplicação do método PISA EROA.

Palavras-chave

Insuficiência da Valva Mitral; Risco; Doenças das Valvas Cardíacas.

Correspondência: Nicolas Merke •

DHZC, Cardiac surgery, Augustenburger Platz, 1. CEP: 13353. Berlim – Alemanha.

E-mail: nicolas.merke@dhzc-charite.de

Artigo recebido em 21/06/2024; revisado em 11/07/2024; aceito em 11/07/2024.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Tavares

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240061>

Introdução

É importante se manter humilde na ecocardiografia,¹ mas também confiante. A medição do orifício regurgitante efetivo é recomendada pelas diretrizes ESC/EACTS, publicadas em 2021, para o tratamento de doenças valvulares cardíacas devido à evidência de que a área efetiva de abertura regurgitante (EROA) medida rotineiramente, pela área de superfície de isovelocidade proximal (PISA) está associada a todas as causas de mortalidade para EROA $\geq 20 \text{ cm}^2$.² Na prática clínica, encontramos diferentes formatos de zonas de convergência de fluxo com base em

diferentes patologias subjacentes da válvula mitral. Muitas vezes, a região de convergência de fluxo (RCF) não é hemisférica, portanto o método PISA EROA tende a subestimar a EROA. Além disso, precisamos conhecer os vários riscos associados ao usar o método de convergência de fluxo.

O método PISA EROA calcula o volume regurgitante de acordo com o princípio da continuidade. O fluxo regurgitante pode ser calculado multiplicando a área da superfície hemisférica da região de convergência do fluxo pela velocidade que caracteriza a superfície hemisférica, sendo descrito pela primeira vez por G. Bargiggia et al. em 1991 em uma coorte de 52 pacientes com regurgitação mitral (RM) secundária, mas também primária.³

O fluxo através desta superfície de isovelocidade pode, então, ser calculado como a área da superfície ($2\pi r^2$) vezes a velocidade de aliasing.

Isto implica que o PISA EROA, ou método de convergência de fluxo, só pode ser usado com superfícies hemisféricas e, portanto, não pode ser aplicado em jatos elípticos ou planos ou na maioria dos jatos excêntricos sem uma zona de convergência de fluxo hemisférica clara.

$2\pi r^2$ refere-se a uma estrutura circular e apenas circular.

A velocidade de identificação a área superficial da isovelocidade hemisférica concêntrica foi obtida pela alteração de zero para 38 cm/s.¹

A primeira mensagem importante aqui é:

- Usar apenas RCF hemisférico (PISA shell = RCF)
- Usar alteração de zero para 36 cm/s (30-40 cm/s), não abaixo Lancellotti et al. recomendaram o limite de Nyquist para ~15–40 cm/s,⁴ embora todas as imagens na recomendação tenham sido feitas com Nyquist em torno de 30 cm/s

Em que momento o raio deve ser medido? O raio deve ser medido no momento do Vmáx da integral de velocidade e tempo (IVT) da RM; não em sua extensão máxima (Figura 1)!

O ponto principal é a interpretação cuidadosa dos valores medidos do volume regurgitante pelo método PISA. A

quantidade de volume de refluxo sistólico no átrio esquerdo não pode exceder o volume sistólico total do ventrículo esquerdo (volume diastólico final do ventrículo esquerdo [VDFVE] – volume sistólico final do ventrículo esquerdo [VSFVE] = volume sistólico total do ventrículo esquerdo [VSTVE]), pois é necessário para deixar volume sistólico anterior (VSa) suficiente saindo do ventrículo esquerdo através da via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE anterior) para manter o débito cardíaco adequado acima do parâmetro de choque cardíaco na RM crônica.

A segunda mensagem importante aqui é:

- Medição do raio em IVT Vmáx da RM (tempo)
- Volume de reg. do PISA, sempre em contexto com a volumetria do VE

A correta interpretação dos valores medidos do volume regurgitante pelo método de convergência de fluxo (PISA EROA) está estritamente ligada à verificação de plausibilidade volumétrica, utilizando os volumes do ventrículo esquerdo (VE) obtidos por Simpson 2D ou 3D, e o VSa obtido com ecodopplercardiografia via VSVE.

Ambas as medições são propensas a erros.

A volumetria correta do VE depende do traçado exato da borda interna do endocárdio, excluindo as trabéculas, com atenção ao traçado entre o miocárdio compactado e o miocárdio não compactado.⁵

A medida correta do diâmetro da VSVE (VSVEd) é fundamental para a obtenção do VS da VSVE. Outro ponto importante é o correto traçado da IVT com atenção para a velocidade modal. Pode ser útil reduzir o ajuste de ganho e observar artefatos de fechamento da válvula aórtica para garantir o posicionamento correto do volume da amostra na VSVE.

Pode ser útil posicionar o volume da amostra do Doppler de onda de pulso no nível da válvula aórtica, retirando cuidadosamente até a primeira queda de velocidade com um artefato claro da válvula de fechamento, sem qualquer clique de abertura da válvula visível.

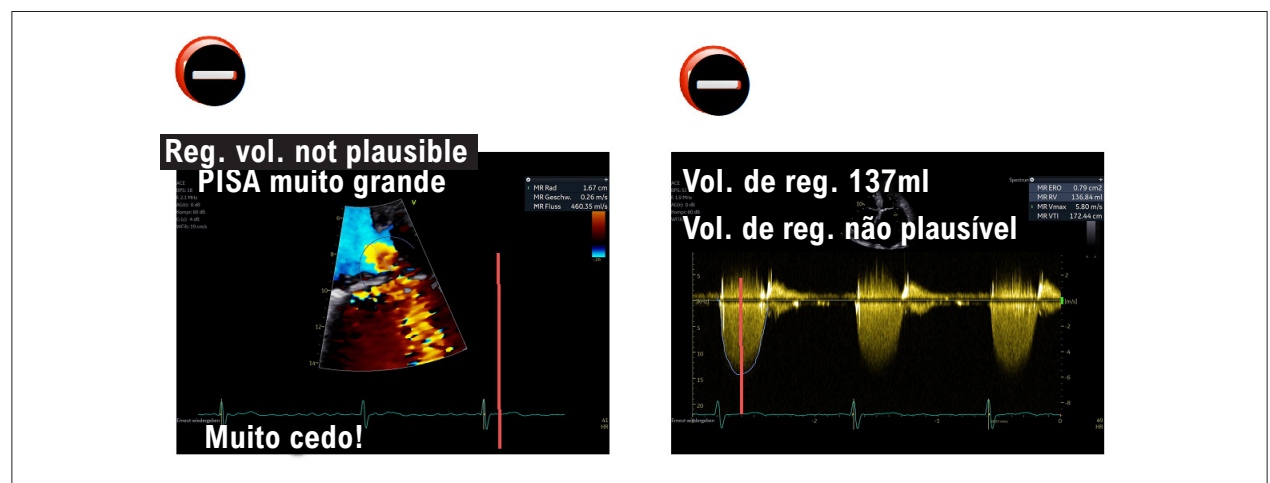


Figura 1 - Tempo de medição do raio RCF. PISA: área de superfície de isovelocidade proximal.

Artigo de Revisão

A terceira mensagem importante aqui é:

- Traçado da borda endocárdica do VE entre miocárdio compactado e não compactado
- Traçado da IVT da VSVE com ganho reduzido (melhor visualização da velocidade modal)
- Traçado da IVT da VSVE sem clique de abertura da válvula aórtica

Há dois métodos principais conhecidos para contextualizar o volume regurgitante do PISA EROA com a volumetria do VE. Primeiramente, o método Doppler volumétrico usando medição 2D do anel da válvula mitral e do diâmetro da VSVE, com medições consecutivas do respectivo fluxo de entrada da IVT usando o doppler de onda de pulso; o uso exclusivo do método Doppler volumétrico não é recomendado por ser demorado³ e, portanto, recomendamos o segundo método: o método volumétrico combinado com a ecocardiografia Doppler para cálculo da VSVE.⁶

A avaliação da fração de ejeção (FE) do VE por meio da regra de Simpson ou 3D é parte integrante de toda ecocardiografia abrangente padronizada. Esta combinação é recomendada como parte da ecocardiografia abrangente padronizada; como a medida da função do VE pelo método Simpson 2D ou 3D são solicitadas informações do exame ecocardiográfico. Juntamente com a função do VE, obtemos também os volumes diastólico final e sistólico final e, portanto, o volume sistólico total do VE (VDFVE – VSFVE = VS total). Este parâmetro é importante na tomada de decisão orientada por diretrizes em muitas patologias como valor de corte para intervenção.

O cálculo da VSVE também é uma parte importante do exame ecocardiográfico, uma vez que as informações sobre o volume sistólico direto efetivo são necessárias para determinar o status do fluxo e fazem parte do cálculo da área valvular aórtica.

Como nos baseamos nestes parâmetros acima mencionados em determinadas patologias, devemos ser capazes de utilizar e confiar nestes parâmetros também no contexto das lesões regurgitantes para verificar o volume regurgitante do PISA EROA.

Como aplicar o método PISA

- Aplicar somente se todos os três componentes da RM estiverem visíveis (PISA shell, VC, jato)
- Sem variação (GE)
- Modo ampliado melhor no modo simultâneo (2D e doppler colorido)
- Color Doppler FPS 31 (setor: pequeno e alto)
- Melhor Nyquist 30-40 cm/s (não abaixo); o limite de Nyquist para ~15–40 cm/s (4) parece muito baixo!
- Vena contracta em Nyquist 50-60 cm/s
- Não é o maior raio, mas no momento Vmáx da IVT da RM
- Raio da primeira alteração de cor até o início do VC (geralmente no nível das pontas das válvulas ou logo abaixo)⁵

Traçado da IVT apenas da parte visível sem extrapolação (tempo sistólico) (Figura 3)

O traçado da IVT com aliasing acima da linha de base não pode ser usado (Figura 3)

- Sempre verifique novamente o volume de regurgitação calculado do PISA EROA

Observe sempre o volume sistólico do VE e da VSVE (matemática não é questão de opinião) (Figura 4)

Vol. Reg. PISA + VSVE = volume sistólico do VE

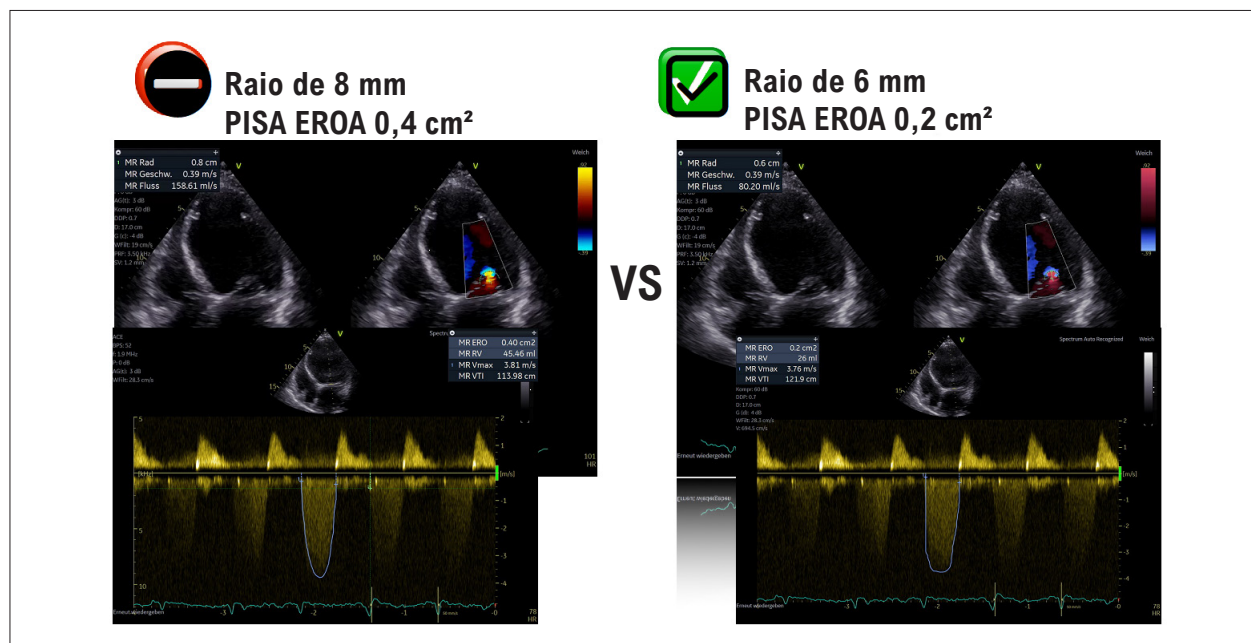


Figura 2 – Medição do raio e sua influência sobre a EROA e o volume regurgitante. PISA: área de superfície de isovelocidade proximal; EROA: área efetiva de abertura regurgitante.

A quarta mensagem importante aqui é:

- Sempre sem variação (GE)
- Medição do raio não abaixo da Vena contracta
- Nunca é o maior raio a ser medido, mas no momento correto

Devido aos diferentes fenótipos da RM, determinar a representação correta do início da convergência do fluxo da isovelocidade para o raio correto é um desafio.

Na RM atrial secundária (RMSa), os folhetos estão distanciados devido ao alargamento do anel mitral; na RM ventricular secundária (RMSv), os folhetos são configurados como um funil devido à amarração assimétrica ou simétrica.

Na RMSa, parece ser mais fácil detectar o início correto da convergência do fluxo de isovelocidade, enquanto na RMSv é mais difícil detectar o início correto da vena contracta como ponto de partida para o raio.

Uretsky et al.⁷ verificaram que apenas 52% dos pacientes com RM definitivamente grave, seguindo o algoritmo ASE por ecocardiografia, apresentavam RM grave por ressonância magnética cardíaca (RMC).

A percepção de que “A ecocardiografia superestima a RM” apoia a justificativa para usar a RMC para uma quantificação exata.

É amplamente aceito que a RMC quase sempre reduz a gravidade da RM.

No entanto, é preciso observar que a ecocardiografia, enquanto método, não superestima a RM; o problema está na ferramenta de eco utilizada. O método de convergência de fluxo apresenta diversos riscos e deve ser integrado aos volumes do VE e ao VSA da VSVE para demonstrar débito cardíaco adequado.

Na RM crônica, calculamos frequentemente valores de débito cardíaco e índice cardíaco abaixo de 2,2 litros/min/m²,

o que define choque cardiogênico. Uma possível explicação poderia ser a consecutiva extração adaptativa otimizada de oxigênio para manter o suprimento adequado no VSA reduzido crônico, devido à RM crônica.

O PISA EROA nunca deve ser usado como um método independente para avaliar a gravidade da RM crônica, apesar do foco no método PISA EROA observado nas diretrizes atuais e de sua adaptação no uso clínico ao quantificar a gravidade da RM crônica na tomada de decisões.

Precisamos cruzar as medidas obtidas com o método volumétrico.

Além disso, precisamos avaliar todas as alterações consecutivas devido à regurgitação crônica.

A RM crônica resulta em remodelamento do ventrículo esquerdo e do átrio esquerdo, além de alterações hemodinâmicas. Essas alterações estão bem descritas nas diretrizes ESC/EACTS de 2021 para definir a gravidade e o momento da intervenção valvular.^{8,9}

Portanto, estes parâmetros devem ser integrados ao relatório ecográfico mais abrangente, visando sublinhar o grau de gravidade da RM crônica.

Dilatação do VE	LVEDS ≥ 40 mm
FE do VE	≤ 60%
Dilatação do AE	Índice de volume atrial esquerdo ≥ 60 ml/m ²
Onda E de entrada	Onda E > 1,2 m/s
Índice de velocidade adimensional	IVT MV/IVT da VSVE > 1,4
Pressão sistólica da artéria pulmonar	> 50 mmHg em repouso
Vena contracta	≥ 7 (≥ 8 mm para biplano)
Influxo das veias pulmonares	embotado ou revertido



Figura 3 – Traçado correto da IVT da RM. PISA: área de superfície de isovelocidade proximal; EROA: área efetiva de abertura regurgitante.

Artigo de Revisão

A quinta mensagem importante aqui é:

- A RM crônica requer uma abordagem multiparamétrica
- A remodelação é vista e deve ser relatada
- Torne seu exame plausível
- Observe IC reduzido na RM crônica

A tomada de decisão clínica na RM crônica, em relação à intervenção cirúrgica ou intervencionista, deve ser baseada na ecocardiografia multiparamétrica abrangente e padronizada como ferramenta diagnóstica de primeira linha.

Sendo assim, defendemos relatar não apenas o PISA EROA, mas todos os parâmetros que mostram a adaptação clínica do coração em termos de alterações estruturais.

Todos os parâmetros medidos ou calculados devem ser tão plausíveis quanto possível; na ecocardiografia clínica podemos aceitar um erro de 10% em nossos parâmetros.

A tomada de decisão clínica na RM crônica baseia-se nas Diretrizes ESC/EACTS de 2021 para o tratamento da doença valvular cardíaca.⁷ A classificação da gravidade da RM segue, portanto, as recomendações para avaliação ecocardiográfica da regurgitação valvular nativa publicadas pela European Association of Cardiovascular Imaging em 2013.²

É de extrema importância na avaliação e quantificação da gravidade da RM crônica considerar os sintomas clínicos dos pacientes, bem como o desenvolvimento recente de fibrilação atrial.

A recorrência de descompensação cardíaca devido à RM grave, com ou sem fibrilação atrial, deve ser cuidadosamente avaliada no processo de decisão para intervenção, especialmente se a RM for apenas moderada no momento do exame ecocardiográfico. Nesse contexto, a ecocardiografia de esforço pode ser útil para identificar RM grave. Dados recentemente publicados sugerem que a

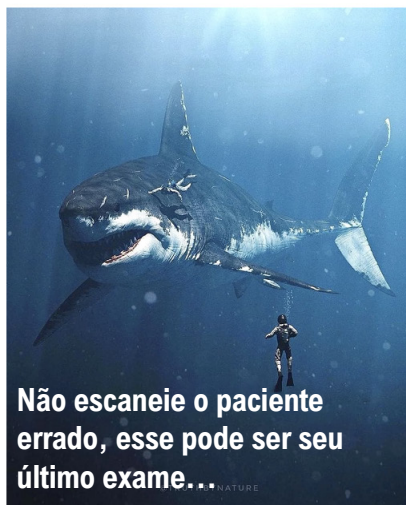
aplicação de esforço manual durante a ecocardiografia pode ser útil na identificação da RM grave como uma causa subjacente dos sintomas.

É fundamental considerar a terapia médica, focada nas diretrizes ideais (GDMT), assim como o estado hemodinâmico durante o exame ecocardiográfico (com atenção especial à pressão arterial como determinante da pós-carga, e à frequência e ritmo cardíaco).

Conclusão

- Use apenas zona de convergência hemisférica (PISA shell = zona de convergência de fluxo)
- Usar alteração de zero para 36 cm/s (30-40 cm/s), não abaixo Lancelotti et al. recomendaram o limite de Nyquist para ~15–40 cm/s (2),⁴ embora todas as imagens na recomendação tenham sido feitas com Nyquist em torno de 30 cm/s
- Medição do raio em IVT $V_{máx}$ da RM (tempo)
- Volume de reg. do PISA, sempre em contexto com a volumetria do VE
- Traçado da borda endocárdica do VE entre miocárdio compactado e não compactado
- Traçado da IVT da VSVE com ganho reduzido (melhor visualização da velocidade modal)
- Traçado da IVT da VSVE sem clique de abertura da válvula aórtica
- Sempre sem variação (GE)
- Medição do raio não abaixo da Vena contracta
- Nunca é o maior raio a ser medido, mas no momento correto
- A RM crônica requer uma abordagem multiparamétrica
- A remodelação é vista e deve ser relatada

Certifique-se de que seus números reflitam a realidade...



MR VTI	
$V_{máx}$	491 cm/s
V_m	332 cm/s
Max PG	97 mmHg
MPG	54 mmHg
VTI	130 cm
MR ERO	2.32 cm ²
MR Volumen	302 ml ^s

Volumes regurgitantes fora da escala devem fazer você reconsiderar seu exame, a menos que você não avalie o sub...

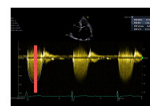
Figura 4 – Plausibilidade do valor

Riscos do PISA EROA

1. Raio correto



2. Correct Radius timing



no quadro de $v_{máx}$.

3. Correct VTI tracing



nunca trace o vazio

4. Volume de reg. da EROA sempre em relação ao volume sistólico do VE (Simpson/3D)

5. Lembre-se de que o paciente ainda precisa de algum VSa (VSVE)

Figura 5 – Resumo. PISA: área de superfície de isovelocidade proximal; EROA: área efetiva de abertura regurgitante; IVT: integral de velocidade e tempo; VE: ventrículo esquerdo; VSa: volume sistólico anterior; VSVE: via de saída do ventrículo esquerdo.

- Torne seu exame plausível
- Observe IC reduzido na RM crônica

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, análise e interpretação dos dados, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Merke N.

Vinculação Acadêmica

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

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

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

Referências

1. Timmermanns F. Private Conversation During Faculty Dinner. Leipzig: Deutscher Echokardiographie-Kongress; 2024.
2. Antoine C, Benfari G, Michelena HI, Maalouf JF, Nkomo VT, Thapa P, et al. Clinical Outcome of Degenerative Mitral Regurgitation: Critical Importance of Echocardiographic Quantitative Assessment in Routine Practice. *Circulation*. 2018;138(13):1317-26. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.033173.
3. Bargiggia GS, Tronconi L, Sahn DJ, Recusani F, Raisaro A, De Servi S, et al. A New Method for Quantitation of Mitral Regurgitation Based on Color Flow Doppler Imaging of Flow Convergence Proximal to Regurgitant Orifice. *Circulation*. 1991;84(4):1481-9. doi: 10.1161/01.cir.84.4.1481.
4. Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Popescu BA, Edvardsen T, Pierard LA, et al. Recommendations for the Echocardiographic Assessment of Native Valvular Regurgitation: An Executive Summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14(7):611-44. doi: 10.1093/ehjci/jet105.
5. Hagendorff A, Kandels J, Metze M, Tayal B, Stöbe S. Valid and Reproducible Quantitative Assessment of Cardiac Volumes by Echocardiography in Patients with Valvular Heart Diseases-Possible or Wishful Thinking? *Diagnostics*. 2023;13(7):1-16. doi: 10.3390/diagnostics13071359.
4. Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, La Canna G, Pepi M, Dulgheru R, et al. Multi-modality Imaging Assessment of Native Valvular Regurgitation: An EACVI and ESC Council of Valvular Heart Disease Position Paper. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2022;23(5):171-232. doi: 10.1093/ehjci/jeab253.
6. Hagendorff A, Knebel F, Helfen A, Stöbe S, Haghi D, Ruf T, et al. Echocardiographic Assessment of Mitral Regurgitation: Discussion of Practical and Methodologic Aspects of Severity Quantification to Improve Diagnostic Conclusiveness. *Clin Res Cardiol*. 2021;110(11):1704-33. doi: 10.1007/s00392-021-01841-y.
7. Uretsky S, Animashaun IB, Sakul S, Aldaia L, Marcoff L, Koulogiannis K, et al. American Society of Echocardiography Algorithm for Degenerative Mitral Regurgitation: Comparison With CMR. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(5):747-60. doi: 10.1016/j.jcmg.2021.10.006.

Artigo de Revisão

8. Vahanian A, Beyersdorf F, Praz F, Milojevic M, Baldus S, Bauersachs J, et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2022;43(7):561-632. doi: 10.1093/eurheartj/ehab395.
9. Spieker M, Lagarden H, Sidabras J, Veulemans V, Christian L, Bejinariu A, et al. Prevalence, Mechanisms, and Prognostic Impact of Dynamic Mitral Regurgitation Assessed by Isometric Handgrip Exercise. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2024;25(2):240-8. doi: 10.1093/ehjci/jead230.



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