

Como Eu Faço o Strain Atrial por Ressonância Magnética Cardíaca

My Approach to Atrial Strain by Cardiac Magnetic Resonance

Isabela Bispo Santos da Silva Costa,¹ Rafael Almeida Fonseca,² Carlos Eduardo Rochitte²

Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo,¹ São Paulo, SP – Brasil

Instituto do Coração,² São Paulo, SP – Brasil

Resumo

O strain do átrio esquerdo (AE), avaliado por ressonância magnética cardíaca (RMC), é um parâmetro emergente de interesse na cardiologia que mede a deformação do AE durante o ciclo cardíaco. Tradicionalmente, a função do AE era avaliada indiretamente por meio da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (VE) e do volume do AE. No entanto, estudos recentes têm destacado o valor prognóstico da análise direta da função atrial, especialmente em condições como fibrilação atrial (FA), insuficiência cardíaca e hipertensão arterial. A RMC oferece uma avaliação detalhada da anatomia e função cardíaca, incluindo a capacidade de medir a deformação tecidual atrial com alta precisão e reprodutibilidade.

Introdução

O desempenho do átrio esquerdo (AE) tem crescente importância nos últimos anos no diagnóstico e prognóstico de diversas patologias.¹ Classicamente, os parâmetros de avaliação limitavam-se as análises morfológicas dos diâmetros e volumes e da ecocardiografia com *speckle tracking*.² De modo mais recente, a avaliação do grau de deformação do AE pela ressonância magnética cardíaca (RMC) vem ganhando destaque, com boa correlação os dados ecocardiográficos e fornecendo informações prognósticas em diferentes cenários clínicos.^{3,4}

O *strain* atrial esquerdo (SAE), especificamente, refere-se à capacidade de alongamento e encurtamento das paredes do AE, um indicador da função de bomba atrial, crucial para o enchimento ventricular adequado e, conseqüentemente, para a função cardíaca global. A aplicação do estudo do SAE é recomendada para pacientes com necessidade de avaliação de disfunção diastólica e para pacientes com amiloidose cardíaca, fibrilação atrial (FA), hipertensão arterial, insuficiência cardíaca, dentre

outras comorbidades.^{5,6} A técnica mais conhecida para avaliação pela RMC é conhecida por *feature tracking imaging* (FTI) e será pormenorizada neste artigo.

Como Eu Faço

Para avaliar o SAE, é necessário adquirir imagens de cineressonância 2D *steady-state free precession* (SSFP) nos eixos longitudinais. O eixo longitudinal é utilizado como parâmetro quantitativo do grau da deformação atrial. Há duas formas diferentes, descritas na literatura, para a análise do *strain* longitudinal atrial esquerdo (SLAE):

- Análise de **12 segmentos**: 4 e 2 câmaras (mais utilizada);
- Análise de **15 segmentos**: 4, 2 e 3 câmaras.

Uma das opções de software disponíveis para a análise é o CVI42® (Circle Cardiovascular Imaging Inc., Calgary, AB, Canadá, Versão 5.13.5), e o utilizamos neste artigo. Nesta análise são adicionadas as imagens de cineressonância no software e realizados o delineamento dos contornos do endocárdio e epicárdio do AE de forma manual nos eixos longitudinais selecionados (Figura 1). A propagação dos contornos acontece de modo automatizado pelo software e ajustes manuais podem ser necessários para a correção do traçado. Pontos de atenção no delineamento dos contornos incluem a exclusão do apêndice atrial esquerdo e das veias pulmonares. No plano três câmaras, deve-se excluir a raiz da aorta da análise (Figura 2). Após a realização do traçado e ajustes, o software faz o cálculo automático do SLAE, *strain* radial atrial esquerdo (Figura 3) e da taxa de deformação. O *strain* e o *strain rate* traduzem a magnitude e a taxa de deformação atrial esquerdo, respectivamente.

A partir das imagens gráficas do SLAE é possível extrair a análise de três aspectos da deformação do AE: função de reservatório (correspondendo à deformação total), função contrátil (correspondendo à deformação ativa) e função de conduto (correspondendo à deformação passiva). Essas funções representam as diferentes etapas do ciclo cardíaco na qual o AE tem a função de reservatório para a drenagem das veias pulmonares, servindo de conduto para a passagem do fluxo até o ventrículo esquerdo (VE) por diferença de pressão causada pela abertura das cúspides mitrais e por fim de função contrátil, com a sístole atrial ocorrendo no final da diástole do VE.⁷

Adicionalmente, recomenda-se a avaliação da função atrial esquerda que pode ser de modo automatizado pelo mesmo software a partir do cálculo da fração de ejeção no modo biplanar em quatro câmaras. São necessários para o cálculo traçar os contornos atriais e deste serão extraídos os

Palavras-chave

Átrio Esquerdo; Átrio Direito; Ressonância Magnética Cardíaca; Imagem Stran

Correspondência: Isabela Bispo Santos da Silva Costa •
Universidade de São Paulo, Instituto do Câncer do Estado de São Paulo.
Av. Dr. Arnaldo, 251. CEP: 01246-000. São Paulo, SP – Brasil
E-mail: isabelabispo@yahoo.com.br
Artigo recebido em 08/04/2024; revisado em 09/04/2024;
aceito em 09/04/2024.
Editor responsável pela revisão: Marcelo Dantas Tavares de Melo

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240020>

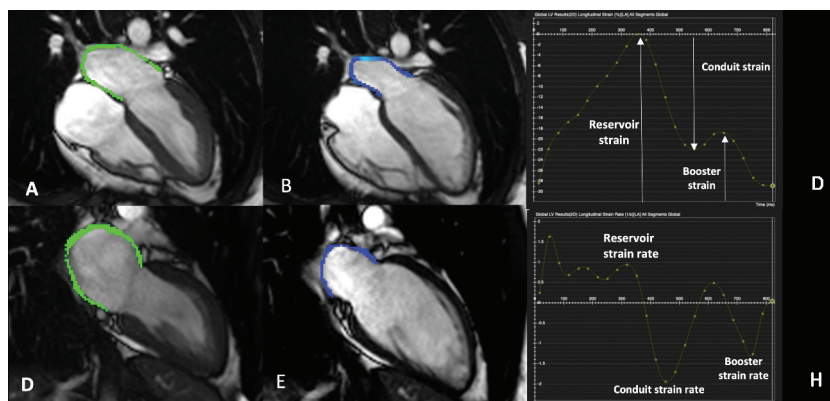


Figura 1 – Análises do strain longitudinal do AE por FTI. (A;B) plano quatro câmaras, (A) diástole e (B) sístole. (C) análise gráfica do strain longitudinal do plano quatro câmaras. (D;E) plano duas câmaras, (D) diástole e (E) sístole. (F) análise gráfica do strain longitudinal rate.

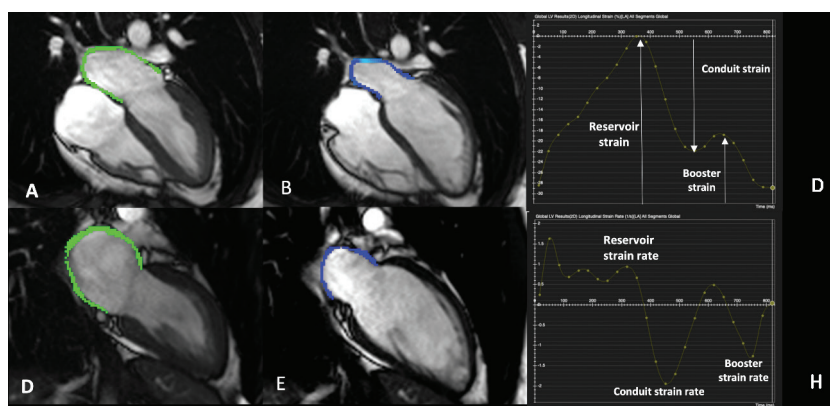


Figura 2 – Análises de strain longitudinal do AE em plano três câmaras por FTI. (A) diástole e (B) sístole. (C) análise gráfica do strain longitudinal do plano três câmaras. (D) análise gráfica do strain rate longitudinal do plano três câmaras.

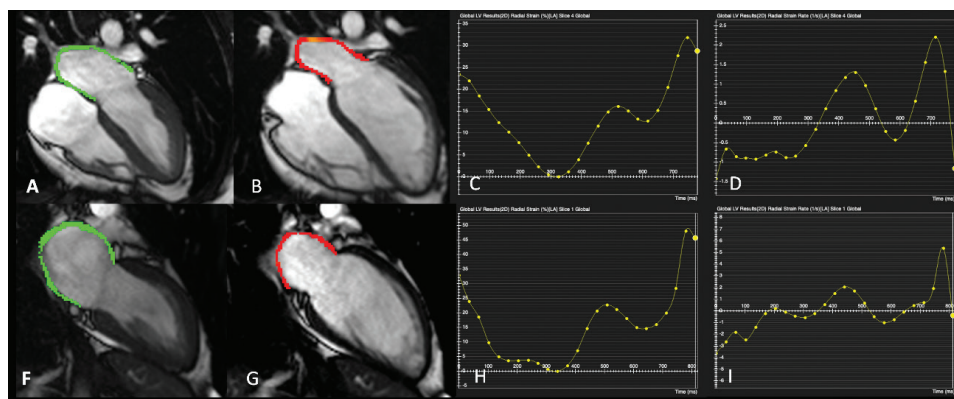


Figura 3 – Análises de strain radial do AE por FTI. (A;B) plano quatro câmaras, (A) diástole e (B) sístole. (C) análise gráfica do strain radial do plano quatro câmaras e (D) análise gráfica do strain radial rate do plano quatro câmaras. (F;G) plano duas câmaras, (F) diástole e (G) sístole. (H) análise gráfica do strain radial do plano duas câmaras e (I) análise gráfica do strain radial rate do plano duas câmaras.

valores: volume máximo do AE no fim da sístole ventricular e o volume mínimo do AE. A partir dessas informações, o software fornecerá os valores da fração de ejeção atrial.

Com o mesmo software é possível ainda a avaliação do *strain* do átrio direito por meio da realização dos contornos no plano longitudinal em quatro câmaras. De modo automatizado o software fornece os valores do *strain* longitudinal e radial (Figura 4).

Análise e Interpretação

O desempenho do AE deve ser interpretado levando-se em consideração tanto as variáveis anatômicas quanto as funcionais. Deve-se ter cautela na análise quantitativa desses parâmetros uma vez que há dados limitados na literatura sobre valores correspondente em diferentes modalidade e software utilizados para este fim.⁴

Um estudo avaliou 43 pacientes e 11 voluntários que foram submetidos a RMC e ecocardiografia para comparação de valores do *strain* do AE utilizando diferentes softwares de pós-processamento (*Medis* e *CVI* pela RMC), os valores médios encontrados foram:⁴

- Função de reservatório: RMC – Medis $34,7\% \pm 11,9\%$; RMC – CVI $43,8 \pm 16,7\%$; ecocardiografia: $35,0 \pm 10,5\%$;
- Função contrátil: RMC – Medis $14,4 \pm 5,0\%$; RMC – CVI: $17,7 \pm 5,3\%$; ecocardiografia: $15,3 \pm 4,5\%$;
- Função de conduto: RMC – Medis $20,3 \pm 8,8\%$; RMC – CVI: $26,1 \pm 13,3\%$; ecocardiografia: $19,7 \pm 8,1\%$.

Esse estudo mostrou boa correlação entre diferentes RMCs e ecocardiografia, bem como boa correlação entre os diferentes softwares analisados pela RMC.⁴ Entretanto, as variações existentes entre eles ainda nos fazem recomendar que avaliações sequenciais de um mesmo paciente sejam feitas da mesma forma (modalidade e software).

Estudo com 114 voluntários saudáveis, utilizando o CVI pela técnica de *feature tracking* para quantificação

dos valores normais do *strain* do AE, mostrou valores médios da função de reservatório de $39,13 \pm 9,27\%$, de conduto $25,15 \pm 8,34\%$ e contrátil $13,99 \pm 4,11\%$. Neste estudo, não se observaram diferenças significativas quando comparados ambos os gêneros e notou-se valores reduzidos dos componentes de conduto e contrátil com a idade avançada.⁸

Estudos nas diferentes patologias mostram:

Insuficiência cardíaca: Pacientes com insuficiência cardíaca e fração de ejeção do VE preservada apresentaram redução significativa do SLAE durante o enchimento diastólico precoce e tardio. Estes resultados indicam alteração nas fibras do subendocárdio, uma vez que, na anatomia do AE, estas fibras estão dispostas principalmente no eixo longitudinal. A redução no SLAE e a alteração do volume indexado mínimo do AE mostram-se como fatores preditores independentes para a instalação de insuficiência cardíaca.⁹ Estudo recente publicado, avaliou o SLAE em pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida (ICFEr), isquêmica e não isquêmica, e sem FA e observou que os pacientes apresentaram índices de SLAE reduzidos. A função de reservatório, fração de ejeção e a extensão realce tardio foram preditores independentes de eventos adversos cardiovasculares maiores.⁶ As funções de reservatório e de conduto mostraram-se como preditores independentes de desfecho em pacientes com cardiomiopatia dilatada, mesmo após o ajuste para variáveis clínicas, laboratoriais e da RMC (incluindo o realce tardio).^{6,10}

Cardiomiopatia hipertrófica: Pacientes com diagnósticos de cardiomiopatia hipertrófica foram avaliados com RMC, ecocardiograma e teste cardiopulmonar, e nesta população observou-se que a função de reservatório e de conduto foram significativamente maiores em pacientes que alcançaram mais de 80% do VO₂ máximo. As funções de reservatório, de conduto e contrátil foram

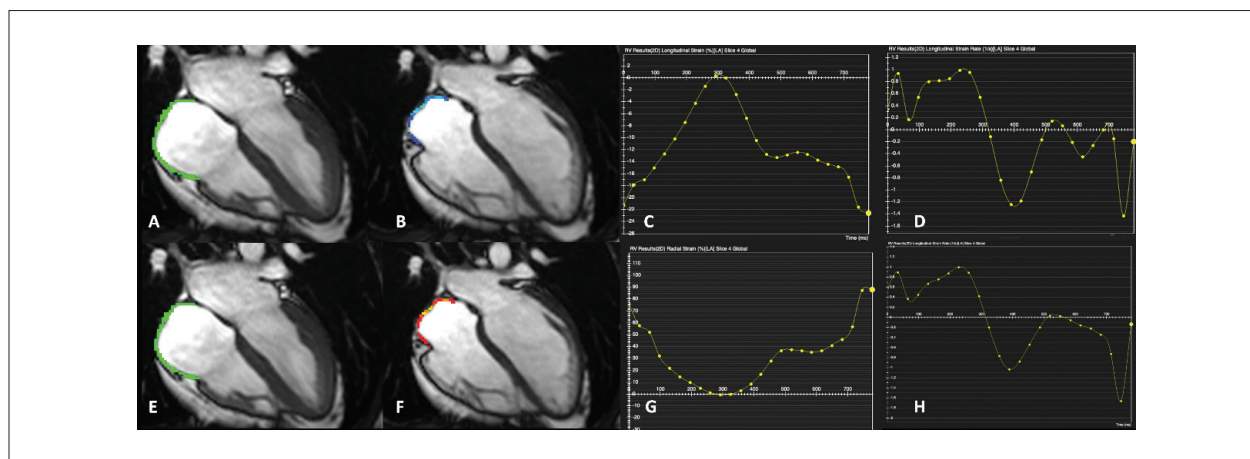


Figura 4 – Análises de *strain* radial e longitudinal do átrio direito por FTI. (A;B) *strain* longitudinal no plano quatro câmaras, (A) diástole e (B) sístole. (C) análise gráfica do *strain* longitudinal do plano quatro câmaras e (D) análise gráfica do *strain* longitudinal rate do plano quatro câmaras. (E;F) *strain* radial no plano quatro câmaras, (E) diástole e (F) sístole. (G) análise gráfica do *strain* radial do plano quatro câmaras e (H) análise gráfica do *strain* radial rate do plano quatro câmaras.

significativamente associadas à ocorrência de FA nesses pacientes ($P < 0,05$).¹¹

Amiloidose Cardíaca: Pacientes com amiloidose cardíaca apresentam valores reduzidos de *strain* do AE quando comparados a valores de pacientes saudáveis ou pacientes com cardiomiopatia hipertrófica. Os valores de SLAE não foram diferentes entre os subtipos de amiloidose.¹² Em publicação recente, Tan et al. Observaram que, com pacientes com amiloidose de cadeias leves (AL), o comprometimento da função de reservatório atrial avaliada por RMC é um fator independente e adicional para mortalidade por todas as causas, mesmo quando comparados a outros achados clássicos da RMC (como realce tardio).⁵

Fibrilação atrial: A avaliação do AE em pacientes com FA é de extrema importância, sendo classicamente relacionada à recorrência a volumes aumentados do AE. Benjamin et al. avaliaram um total de 80 pacientes que foram submetidos a ablação de FA, dos quais 26% apresentaram recorrência após a ablação. Nesta população, a função de reservatório avaliada pela RMC foi um dos preditores independentes de recorrência.¹³ Pacientes com FA ou disfunção diastólica apresentam redução do SAE, e a análise por FT-RMC possibilitou a discriminação de pacientes com disfunção diastólica em estágio inicial, antes da presença de frações de ejeção atrial e ventricular reduzidas, daqueles pacientes com disfunção diastólica em estágio avançado ou com FA, sendo um marcador precoce nestes pacientes.¹⁴

Doença arterial coronária: Estudos iniciais em pacientes avaliaram o papel do *strain* do AE em pacientes com doença coronária. Nayyar et al. estudaram pacientes com diagnósticos de síndrome coronariana aguda que foram submetidos a RMC com média de 4 dias após o evento e observaram que a função de reservatório e a função contrátil foram associadas a pior evolução clínica. Houve um aumento significativo de eventos cardiovasculares maiores naqueles pacientes com valores de função de reservatório menor que 19,2% e contrátil menor 9,7%.¹⁵

Hipertensão arterial: Pacientes com hipertensão arterial com ou sem hipertrofia do ventrículo esquerdo (HVE) quando comparados com voluntários saudáveis, a função de reservatório e função de conduto do AE mostraram-se significativamente reduzidas. O mesmo achado não se observou com a função contrátil, auxiliar do AE, que se manteve preservada em pacientes sem HVE, o que pode sugerir que seja um estágio intermediário entre o grupo com HVE e controles.¹⁶

O strain do AE foi avaliado ainda em outras patologias como miocardite, diabetes mellitus, apneia obstrutiva do sono, dentre outras populações, mais ainda com poucos dados em literatura. Do mesmo modo, a avaliação do *strain* do átrio direito apesar de se mostrar uma ferramenta com grande potencial de fornecer informações diagnósticas e prognósticas, especialmente na população pediátrica, ainda carece de mais estudos de validação uma vez que a maioria dos dados disponíveis na literatura são oriundos de estudos são observacionais, com número pequeno de pacientes estudados.

Conclusões

A função atrial esquerda avaliada pela RMC é uma ferramenta promissora que pode incorporar informações prognósticas em pacientes com insuficiência cardíaca, FA, cardiomiopatia hipertrófica, hipertensão arterial e amiloidose cardíaca. Sua aplicabilidade é crescente, sendo necessários mais estudos de validação desta metodologia para sua utilização na prática diária. A baixa disponibilidade dos softwares que permitem a análise é uma barreira a ser vencida para seu uso em larga escala.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Costa IBSS; redação do manuscrito: Costa IBSS, Fonseca RA; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Rochitte CE.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

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

Aprovação Ética e Consentimento Informado

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

Referências

1. Medeiros MA. Left atrial Function Using Speckle Tracking: Beyond Volumetric Evaluation. *Arq Bras Cardiol.* 2019;32(1):34-42. doi: 10.5935/2318-8219.20190009.
2. Almeida ALC, Melo MDT, Bihan DCSL, Vieira MLC, Pena JLB, Del Castillo JM, et al. Position Statement on the Use of Myocardial Strain in Cardiology Routines by the Brazilian Society of Cardiology's Department Of Cardiovascular Imaging - 2023. *Arq Bras Cardiol.* 2023;120(12):e20230646. doi: 10.36660/abc.20230646.
3. Benjamin MM, Munir MS, Shah P, Kinno M, Rabbat M, Sanagala T, Syed MA. Comparison of Left Atrial Strain by Feature-tracking Cardiac Magnetic Resonance with Speckle-tracking Transthoracic Echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2021;38(12):1383-9. doi: 10.1007/s10554-021-02499-3.
4. Pathan F, Abidin HAZ, Vo QH, Zhou H, D'Angelo T, Elen E, et al. Left Atrial Strain: a Multi-modality, Multi-vendor Comparison Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2021;22(1):102-10. doi: 10.1093/ehjci/jez303.

5. Tan Z, Yang Y, Wu X, Li S, Li L, Zhong L, et al. Left Atrial Remodeling and the Prognostic Value of Feature Tracking Derived Left Atrial Strain in Patients with Light-chain Amyloidosis: a Cardiovascular Magnetic Resonance Study. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2022;38(2):1519-32. doi: 10.1007/s10554-022-02534-x.
6. Bo K, Gao Y, Zhou Z, Gao X, Liu T, Zhang H, et al. Incremental Prognostic Value of Left Atrial Strain in Patients with Heart Failure. *ESC Heart Fail*. 2022;9(6):3942-53. doi: 10.1002/ehf2.14106.
7. Scatteia A, Baritussio A, Bucciarelli-Ducci C. Strain Imaging Using Cardiac Magnetic Resonance. *Heart Fail Rev*. 2017;22(4):465-76. doi: 10.1007/s10741-017-9621-8.
8. Truong VT, Palmer C, Wolking S, Sheets B, Young M, Ngo TNM, Taylor M, Nagueh SF, Zareba KM, Raman S, Mazur W. Normal Left Atrial Strain and Strain Rate Using Cardiac Magnetic Resonance Feature Tracking in Healthy Volunteers. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2020;21(4):446-53. doi: 10.1093/ehjci/jez157.
9. Habibi M, Chahal H, Opdahl A, Gjesdal O, Helle-Valle TM, Heckbert SR, et al. Association of CMR-measured LA Function with Heart Failure Development: Results from the MESA Study. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7(6):570-9. doi: 10.1016/j.jcmg.2014.01.016.
10. Raafs AG, Vos JL, Henkens MTHM, Slurink BO, Verdonchot JAJ, Bossers D, et al. Left Atrial Strain Has Superior Prognostic Value to Ventricular Function and Delayed-Enhancement in Dilated Cardiomyopathy. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2022;15(6):1015-26. doi: 10.1016/j.jcmg.2022.01.016.
11. Tayal B, Malahfi M, Buergler JM, Shah DJ, Nagueh SF. Hemodynamic Determinants of Left Atrial Strain in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy: A Combined Echocardiography and CMR Study. *PLoS One*. 2021;16(2):e0245934. doi: 10.1371/journal.pone.0245934.
12. Sciacca V, Eckstein J, Körperich H, Fink T, Bergau L, El Hamriti M, et al. Magnetic-Resonance-Imaging-Based Left Atrial Strain and Left Atrial Strain Rate as Diagnostic Parameters in Cardiac Amyloidosis. *J Clin Med*. 2022;11(11):3150. doi: 10.3390/jcm11113150.
13. Benjamin MM, Moulki N, Waqar A, Ravipati H, Schoenecker N, Wilber D, et al. Association of Left Atrial Strain by Cardiovascular Magnetic Resonance with Recurrence of Atrial Fibrillation Following Catheter Ablation. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2022;24(1):3. doi: 10.1186/s12968-021-00831-3.
14. Guensch DP, Kuganathan S, Utz CD, Neuenschwander MD, Grob L, Becker P, et al. Analysis of Bi-atrial Function Using CMR Feature Tracking and Long-axis Shortening Approaches in Patients with Diastolic Dysfunction and Atrial Fibrillation. *Eur Radiol*. 2023;33(10):7226-37. doi: 10.1007/s00330-023-09663-4.
15. Nayyar D, Nguyen T, Pathan F, Vo G, Richards D, Thomas L, et al. Cardiac Magnetic Resonance Derived Left Atrial Strain After ST-elevation Myocardial Infarction: An Independent Prognostic Indicator. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2021;11(2):383-93. doi: 10.21037/cdt-20-879.
16. Li L, Chen X, Yin G, Yan W, Cui C, Cheng H, et al. Early Detection of Left Atrial Dysfunction Assessed by CMR Feature Tracking in Hypertensive Patients. *Eur Radiol*. 2020;30(2):702-11. doi: 10.1007/s00330-019-06397-0.



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