

Strain Atrial Esquerdo: Aplicações Clínicas e Implicações Prognósticas

Left Atrial Strain: Clinical Applications and Prognostic Implications

Fernanda de Azevedo Figueiredo,¹ Admilson Lemos da Costa Filho,¹ Flávio de Azevedo Figueiredo,¹ Luz Marina Tacuri Chavez,¹ Marcia Fabrícia Almeida Teixeira,¹ William Silva Barbosa,¹ Pedro Henrique Bronzatto,¹ Priscila Rabelo Cintra,² Maria Carmo Pereira Nunes¹

Universidade Federal de Minas Gerais,¹ Belo Horizonte, MG – Brasil

Universidade Federal de Lavras,² Lavras, MG – Brasil

Resumo

O *strain* do átrio esquerdo (AE), obtido por meio da técnica do *speckle-tracking* (ST) no ecocardiograma bidimensional, emerge como um método preciso para avaliação da função atrial esquerda. Recentemente, tem ganhado destaque na prática clínica devido ao seu significativo valor prognóstico em diversas doenças cardiovasculares, destacando-se por sua maior sensibilidade em comparação aos métodos tradicionais de análise volumétrica e parâmetros do Doppler.

Este artigo de revisão aborda a complexa função do AE e sua estreita interdependência com a função ventricular esquerda, ressaltando sua relevância no desempenho cardíaco. O AE desempenha três funções distintas, atuando como reservatório durante a sístole ventricular, como conduto na diástole precoce e como contrátil durante a fase de contração atrial.

Essa revisão analisa os padrões de normalidade do *strain* atrial esquerdo e sua aplicação em diversas condições clínicas, como fibrilação atrial (FA), insuficiência cardíaca, doença arterial coronariana, obesidade, diabetes mellitus, cardiomiopatia hipertrófica e amiloidose cardíaca. Destaca-se o papel crucial do *strain* atrial na estenose mitral (EM) reumática por sua capacidade em prever desfechos clínicos.

Função do AE

A função do AE mantém uma estreita interdependência com a função ventricular esquerda e tem um papel crucial na preservação de um desempenho cardíaco ideal.¹ A avaliação da função do AE, tanto em estados fisiológicos quanto patológicos é essencial para prever desfechos adversos em diversas condições cardiovasculares.² O AE desempenha três funções fundamentais: atua como reservatório, funciona como conduto e exerce uma função contrátil³ (Figura 1).

Palavras-chave

Deformação Longitudinal Global; Função do Átrio Esquerdo; Fibrilação Atrial; Ecocardiografia.

Correspondência: Maria do Carmo Pereira Nunes •

Universidade Federal de Minas Gerais. Professor Alfredo Balena, 190, Santa Efigênia. CEP: 30130-100. Belo Horizonte, MG – Brasil

E-mail: mcarmo@waymail.com.br

Artigo recebido em 25/01/2024; revisado em 30/01/2024; aceito em 08/02/2024.

Editor responsável pela revisão: Marcelo Dantas Tavares de Melo

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20240003>

1) Função de reservatório: O AE funciona como um reservatório recebendo o sangue das veias pulmonares. Inicia-se com o fechamento da valva mitral (VM) e engloba a sístole ventricular, o relaxamento isovolumétrico e o relaxamento do AE. Esta função atrial é modulada pela contração ventricular descida da base do ventrículo esquerdo (VE), pela pressão sistólica do ventrículo direito (VD) transmitida através da circulação pulmonar, e pelas propriedades do AE, como relaxamento e complacência da câmara.³

2) Função de conduto: Durante a diástole precoce o AE atua como um conduto. O fluxo ocorre de maneira passiva, originando-se nas veias pulmonares e dirigindo-se em direção ao VE. Essa função tem início imediatamente após a abertura da VM, abrangendo o período de relaxamento ventricular e diástase. Seu término ocorre pouco antes da contração atrial, antes da inscrição da onda P no eletrocardiograma (ECG). Essa função é especialmente modulada pelas propriedades diastólicas do VE em indivíduos saudáveis, considerando o relaxamento e a pressão diastólica do VE.³

3) Função contrátil: Esta fase ocorre no final da diástole ventricular. Durante a contração atrial, há um esvaziamento ativo do átrio, contribuindo com 20% a 30% do débito cardíaco na ausência de cardiopatias. A eficácia dessa função está diretamente relacionada ao retorno venoso (pré-carga atrial), à pressão diastólica final do VE (pós-carga atrial) e à contratilidade intrínseca do miocárdio atrial.³

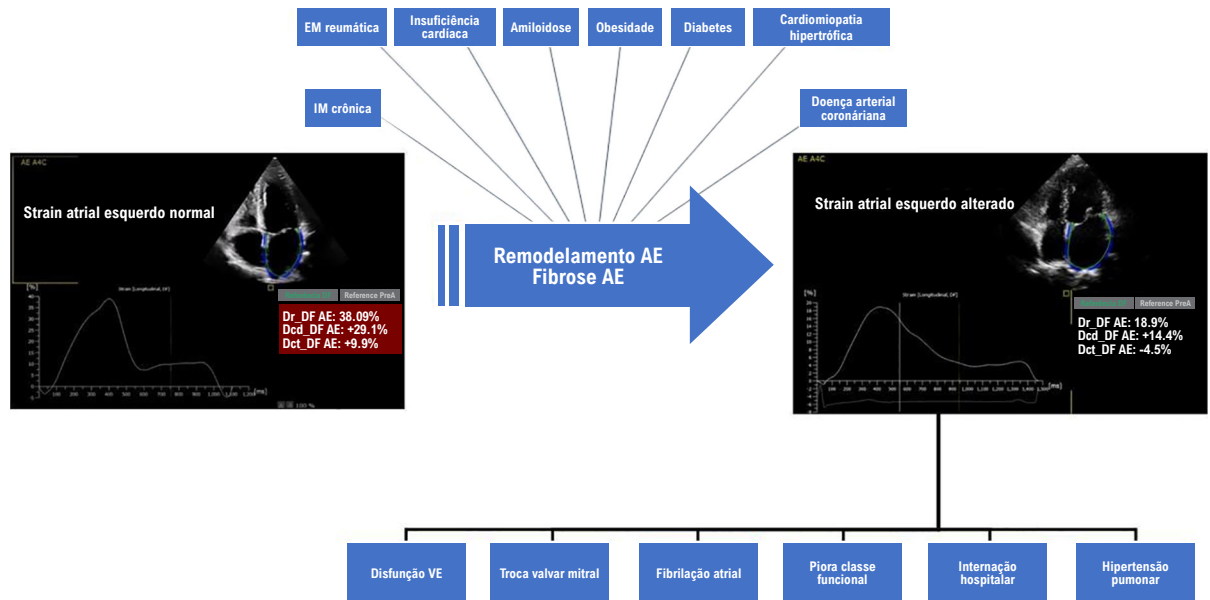
Avaliação ecocardiográfica da função atrial esquerda

A avaliação não invasiva da função do AE evoluiu consideravelmente, superando análises volumétricas e parâmetros do Doppler. Modalidades como a tomografia computadorizada e a ressonância nuclear magnética (RMN) foram historicamente empregadas, mas recentemente, técnicas ecocardiográficas avançadas têm proporcionado uma avaliação mais acurada.

As análises do diâmetro e do volume atrial nem sempre refletem a função do AE, especialmente em fases mais tardias de condições patológicas, durante as quais podem sofrer alterações. Assim, parâmetros que expressem mais precisamente a função do AE revelam informações complementares e incrementais em relação às medidas tradicionais.¹

O advento de técnicas ecocardiográficas avançadas possibilitou uma melhor avaliação da função do AE. O *strain* medido pela técnica de ST bidimensional (2DSTE) é um método não invasivo que permite o rastreamento automático de pontos no miocárdio, quadro a quadro, ao longo do ciclo cardíaco.^{4,5}

Figura Central: Strain Atrial Esquerdo: Aplicações Clínicas e Implicações Prognósticas



Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2024;37(1):e20240003

AE: átrio esquerdo; Dcd_DF AE: strain atrial esquerdo na fase de conduto na diástole final; Dct_DF AE: strain atrial esquerdo na fase contrátil na diástole final; Dr_DF AE: strain atrial esquerdo na fase de reservatório na diástole final; EM: estenose mitral; IM: insuficiência mitral; VE: ventrículo esquerdo.

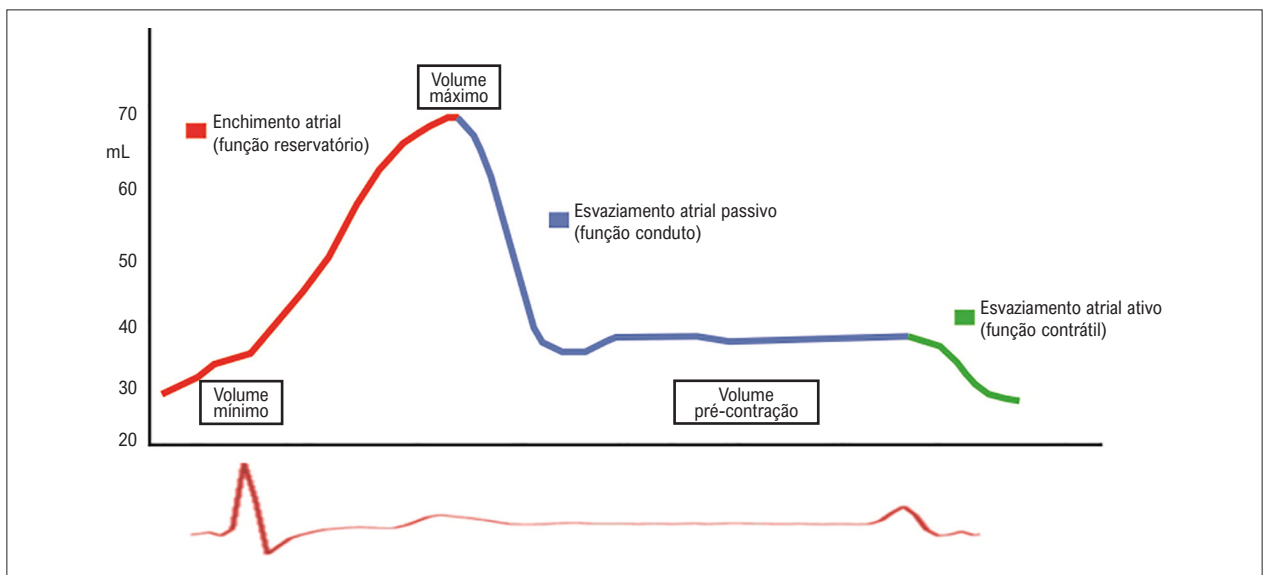


Figura 1 – Função atrial esquerda: variação do volume do AE durante o ciclo cardíaco em condições fisiológicas

As vantagens da avaliação da função do AE por meio do *strain* são notáveis. Destaca-se a capacidade de discriminação entre movimento passivo e ativo do tecido miocárdico. Além disso, os parâmetros de *strain* apresentam relativa independência dos efeitos de *tethering* e menor dependência da carga, permitindo a

avaliação das diferentes fases da função atrial ao longo do ciclo cardíaco.⁶

Esses avanços representam uma contribuição significativa para uma compreensão mais abrangente da função atrial esquerda, oferecendo insights valiosos para a prática clínica.

Artigo de Revisão

Avaliação da função atrial pelo strain

Durante a fase de reservatório, observa-se a expansão do AE à medida que se enche com o sangue proveniente das veias pulmonares. Nesse cenário, o *strain* atrial longitudinal aumenta, atingindo um pico positivo no final do enchimento atrial. Após a abertura da VM, ocorre um rápido esvaziamento do AE, resultando em uma diminuição do *strain* atrial longitudinal até atingir um platô, correspondente ao período de diástase atrial. Na fase de contração atrial, observa-se uma redução adicional nos valores do *strain* devido ao encurtamento da parede desta câmara.⁷

A contribuição das funções de reservatório, conduto e contrátil do AE para o enchimento do VE são, aproximadamente 50%, 30% e 20%, respectivamente, em indivíduos saudáveis.² Existem diferenças na nomenclatura usada para descrever o *strain* atrial, as quais dependem de qual ciclo (atrial ou ventricular) está sendo usado como ponto de referência, ou seja, como linha de base zero.⁸ Se o ciclo ventricular é utilizado, o complexo QRS é a referência zero. Dessa forma, o pico positivo longitudinal corresponde à função de reservatório atrial (LASr), ocorrendo durante a contração e relaxamento isovolumétrico do VE. Os períodos de enchimento rápido e de contração atrial correspondem, respectivamente, à função atrial de conduto (LAScd) e à bomba ou contração (LASct)⁸ (Figuras 2 e 3).

No caso do ciclo atrial como referência, o início da onda P do ECG é a referência zero. O primeiro pico negativo representa a função de bomba, o pico positivo corresponde à função de conduto, e sua soma representa a função de reservatório⁸ (Figuras 2 e 4).

A adoção da diástole final como ponto de referência apresenta vantagens, como a viabilidade de obtenção de medidas em todos os pacientes, independentemente do ritmo cardíaco. Destaca-se a facilidade na obtenção da medida do *strain* de reservatório, clinicamente relevante, pois representa o parâmetro de *strain* atrial com maior respaldo de evidências quanto à sua utilidade prognóstica.^{9,10}

Em relação aos valores normais do *strain* do AE, uma metanálise compreendendo 40 estudos e abrangendo 2.542 indivíduos saudáveis, estabeleceu os seguintes valores de referência:⁴ LASr: 39% (intervalo de confiança de 95%, 38% a 41%), LAScd: 23% (intervalo de confiança de 95%, 21% a 25%) e LASct: 17% (intervalo de confiança de 95%, 16% a 19%).

Strain atrial esquerdo no contexto clínico

Strain atrial esquerdo como preditor de FA

A disfunção atrial associa-se à presença de fibrose, particularmente em casos de FA.^{7,11} Embora a RNM seja considerada padrão ouro para avaliação da fibrose atrial, sua limitação de custo e disponibilidade motivou a busca por alternativas. A medida do *strain* do AE pelo 2DSTE revelou correlação inversa com a extensão da fibrose, apresentando-se como alternativa viável.¹² Correlações

entre *strain* do AE e fibrose histológica foram estabelecidas em pacientes com doença valvar mitral, destacando uma relação negativa entre a extensão da fibrose e os valores do *strain*.⁸ Estudo recente também mostrou que o *strain* do AE de reservatório correlacionou-se com a ocorrência de FA paroxística, precedendo a dilatação atrial.¹³

Em pacientes com FA submetidos à ablação por cateter, o *strain* do AE de pico sistólico demonstrou relação com a recorrência da FA após o procedimento. Essas descobertas ressaltam o potencial do *strain* do AE como preditor de FA e sua utilidade clínica em diferentes contextos cardiovasculares.^{14,15}

Hauser et al.¹⁶ conduziram um estudo prospectivo com 4.466 participantes com o objetivo primário de avaliar a incidência de FA ao longo de um seguimento médio de 5 anos. Durante esse período, 154 (4,3%) participantes desenvolveram FA. Nas análises univariadas, observou-se que o *strain* do AE longitudinal (PALS), o *strain* de pico contrátil (PACS) e o *strain* na fase de conduto estavam significativamente associados ao desenvolvimento de FA. Os resultados das análises multivariadas indicaram que tanto PALS quanto PACS permaneceram como preditores independentes de FA. Além disso, PALS e PACS mantiveram associação significativa com o desenvolvimento de FA, mesmo em participantes com tamanho normal do AE e função sistólica do VE preservada. Pacientes com um *strain* atrial inferior a 23% apresentaram um risco 6,8 vezes maior de desenvolver FA em comparação com aqueles que tinham um *strain* igual ou superior a 23%.

Em outro estudo, Candan et al.¹⁷ incluíram 53 pacientes com regurgitação mitral significativa em ritmo sinusal, submetidos à cirurgia valvar mitral. Durante o pós-operatório, 15 pacientes (28,3%) apresentaram FA. Os resultados revelaram que tanto o *strain* atrial esquerdo de pico sistólico quanto o *strain* longitudinal de contração atrial foram significativamente mais baixos no grupo de pacientes que desenvolveram FA.

Em um estudo conduzido por Park et al.,¹⁸ que analisou 2.461 pacientes com insuficiência cardíaca aguda ao longo de 5 anos de seguimento, foi observado que 397 pacientes (16,1%) desenvolveram FA de início recente. A incidência de FA foi significativamente maior em pacientes com valores reduzidos de *strain* atrial esquerdo longitudinal em comparação àqueles com valores normais de *strain*. Esses achados sugerem uma associação entre a disfunção atrial, medida pelo *strain*, e o desenvolvimento de FA em pacientes com insuficiência cardíaca aguda.

Na avaliação de acidente vascular cerebral isquêmico criptogênico, Pathan et al.¹⁹ incluíram 538 pacientes submetidos a ecocardiograma transtorácico com realização do *strain* do AE. Ao longo do seguimento, 61 (11%) desenvolveram FA. Esses pacientes apresentaram valores de *strain* atrial significativamente menores em comparação àqueles que não desenvolveram FA durante o acompanhamento.

Os índices de *strain*, especialmente o LASr com um ponto de corte de $\leq 21,4\%$ e o LASct com um ponto de corte de $> 10,4\%$, foram identificados como marcadores

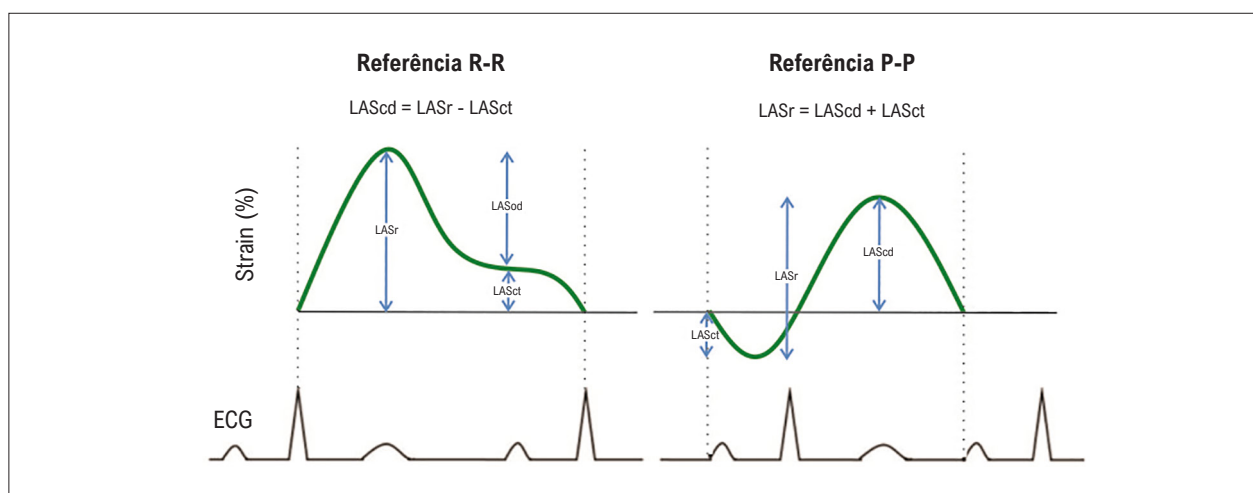


Figura 2 – Nomenclatura do strain baseada na escolha do ponto de referência zero. ECG: eletrocardiograma; LAScd: strain atrial esquerdo na fase de condução; LASct: strain atrial esquerdo na fase contrátil; LASr: strain atrial esquerdo na fase de reservatório.

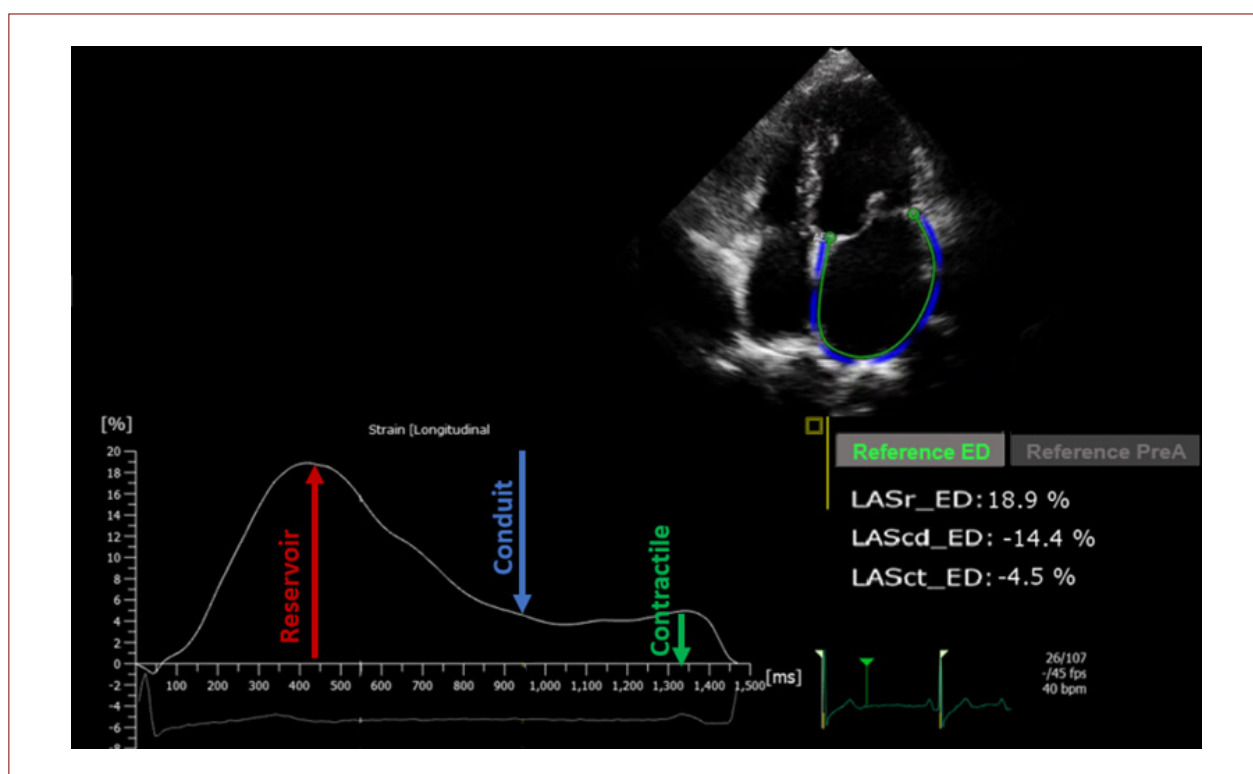


Figura 3 – Análise do strain atrial esquerdo usando o QRS como referência. Conduit: fase de condução; Contractile: fase contrátil ou de bomba; LAScd_ED: strain atrial esquerdo na fase de condução _ diástole final; LASct_ED: strain atrial esquerdo na fase contrátil _ diástole final; LASr_ED: strain atrial esquerdo na fase de reservatório _ diástole final; Reservoir: fase de reservatório.

de risco elevado. A análise isolada desses índices revelou um subgrupo de pacientes com risco consideravelmente elevado, tornando-os candidatos à anticoagulação empírica. Isso se deve ao valor incremental e independente do *strain* atrial na predição do risco de eventos tromboembólicos, superior ao escore de CHA2DS2-VASc.²⁰

Strain atrial esquerdo na EM reumática

A função atrial esquerda desempenha um papel crucial na EM reumática, influenciando o fluxo sanguíneo através da valva estenosada.^{21,22}

Na EM, a função de reservatório do AE, essencial para o enchimento ventricular na diástole, é comprometida devido

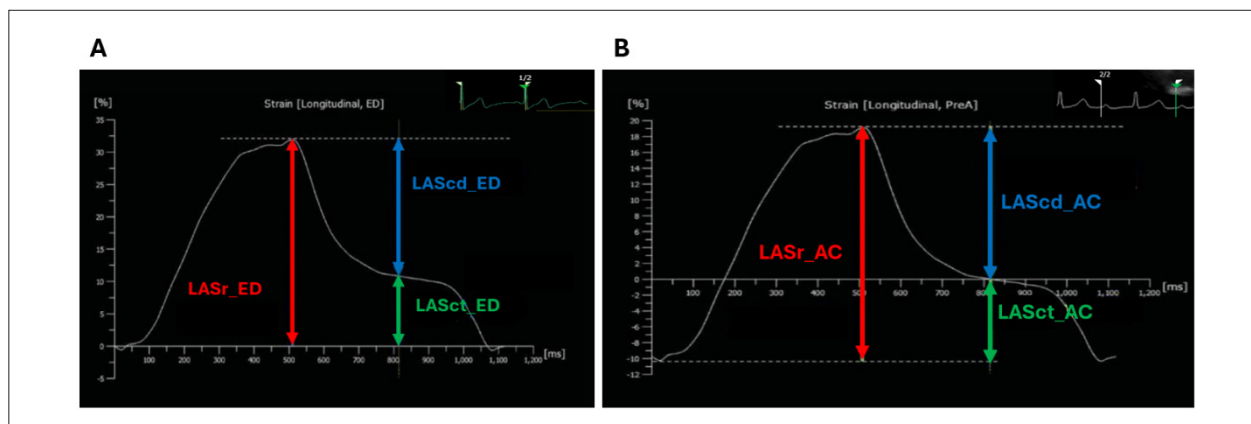


Figura 4 – A) Medições do strain do AE usando o QRS como referência; B) Medições do strain do AE usando a onda P como referência. LAScd_AC: strain atrial esquerdo na fase de conduto _ pré-contracção atrial; LAScd_ED: strain atrial esquerdo na fase de conduto _ diástole final; LASct_AC: strain atrial esquerdo na fase contrátil _ pré-contracção atrial; LASct_ED: strain atrial esquerdo na fase contrátil _ diástole final; LASr_AC: strain atrial esquerdo na fase de reservatório _ pré-contracção atrial; LASr_ED: Strain atrial esquerdo na fase de reservatório _ diástole final.

à elevação compensatória na pressão atrial, fibrose e dilatação. A função de conduto, responsável pelo enchimento passivo do VE, também é afetada devido à redução na duração da diástole ventricular. Em pacientes com EM, observa-se um aumento inicial na função contrátil do AE como resposta compensatória, porém, essa função diminui com a progressão da doença.²³ Estudos mostram que, mesmo na EM leve, as funções de *strain* de reservatório e conduto do AE podem estar diminuídas.²⁴⁻²⁶

A avaliação do *strain* atrial esquerdo revela-se valiosa na predição de eventos adversos em pacientes com EM, como hospitalizações, FA, tromboembolismo, sintomas de insuficiência cardíaca e necessidade de intervenção valvar mitral.²⁶ O LASr (*strain* na fase de reservatório) emerge como um indicador prognóstico significativo, sendo reduzido mesmo em estágios iniciais da EM leve.²⁶ Em estudos de seguimento, o LASr mostrou-se um preditor consistente de FA e outros desfechos adversos.²⁷

A Tabela 1 apresenta uma visão geral dos principais estudos que empregaram o *strain* atrial esquerdo para avaliação da EM reumática, destacando seu papel na estratificação de risco e prognóstico desses pacientes.

Strain atrial esquerdo na insuficiência cardíaca

O aumento das pressões de enchimento representa uma condição crucial na fisiopatologia da insuficiência cardíaca. Neste contexto, o *strain* do AE pode ser usado como ferramenta diagnóstica e prognóstica, especialmente na insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida.³³

Um LASr (*strain* atrial esquerdo na fase de reservatório) reduzido associa-se a uma maior disfunção sistólica do VE, bem como a disfunção sistólica e diastólica do VD, risco de FA, níveis elevados do peptídeo natriurético cerebral, e a uma piora da classe funcional New York Heart Association (NYHA), além de ser um importante preditor de morte e hospitalização por IC.³³⁻³⁵

Além dessas associações prognósticas, o *strain* do AE pode ser usado na avaliação da resposta terapêutica. A terapia otimizada reduz a pré e a pós-carga, além de diminuir a demanda metabólica do miócito, reduzindo o trabalho miocárdico. Esses efeitos levam à redução da sobrecarga do AE, melhorando os parâmetros do *strain*.²

O *strain* do AE também se mostra promissor como marcador prognóstico na insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada. Pacientes com insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada apresentam redução dos valores do LASr e do LASct, com forte associação ao aumento da pressão e resistência na artéria pulmonar, à redução do débito cardíaco e à baixa tolerância ao exercício.³⁶

Apesar das evidências supracitadas, o valor do *strain* do AE como preditor de hospitalização e morte na insuficiência cardíaca, independentemente do *strain* do VE, permanece incerto.^{37,38}

Strain atrial esquerdo em diversas condições cardiovasculares

A disfunção atrial esquerda no contexto da doença arterial coronariana, apesar de inicialmente ser discreta, pode ser identificada por meio da análise do *strain* do AE.³⁹ Observou-se que o *strain* atrial da fase de reservatório (LASr) está significativamente diminuído em pacientes com acometimento da artéria descendente anterior, e valores reduzidos estão correlacionados a uma maior gravidade da lesão coronariana. Essa evidência sustenta a visão de que o *strain* atrial esquerdo não apenas desempenha um papel diagnóstico, mas também oferece informações prognósticas cruciais. Portanto, ao ponderar entre abordagens de tratamento conservadoras e intervencionistas, a inclusão da análise do *strain* do AE pode contribuir para tomada de decisões clínicas.⁴⁰

A obesidade leva a aumento do débito cardíaco e do volume sistólico, aumento da pós-carga, inflamação

Tabela 1 – Principais estudos empregando o strain atrial no contexto da EM reumática

Estudo	População	Objetivos	Principais achados
Ancona et al., 2013 ²⁷	101 pacientes assintomáticos com EM 70 controles	Avaliar a função do AE na EM pelo strain do AE e seu valor em prever FA em 4 anos de seguimento.	As dimensões e volumes do AE e a PSAP foram significativamente aumentados, e o LAS foi significativamente diminuído nos pacientes com EM. Pacientes que evoluíram para FA (20%) eram mais velhos, sem diferença nas dimensões ou volumes do AE. O melhor preditor de FA em 4 anos de seguimento foi o strain de pico sistólico do AE, com valor de corte de 17,4%.
Pourafkari et al., 2015 ²⁸	603 pacientes com EM (33% com FA)	O objetivo foi estabelecer um modelo matemático para predição de risco de FA em pacientes com EM.	Os fatores independentemente associados à FA foram o strain do AE, pressão do átrio direito, idade e fração de ejeção.
Chien et al., 2018 ²⁹	69 pacientes com EM estáveis	Identificar os determinantes da classe funcional NYHA em pacientes com EM e avaliar a relação entre o strain atrial e sintomas de IC.	Em análises multivariadas, ajustadas para o uso de diuréticos, LASr foi preditor independente da classe funcional NYHA.
Mahfouz et al., 2020 ²⁴	75 pacientes com EM leve em ritmo sinusal 40 controles saudáveis	Avaliar o strain atrial em pacientes com EM leve e correlacionar com a tolerância ao exercício.	Pacientes com EM leve tiveram valores significativamente menores de LASr e LAScd. Pacientes com intolerância ao exercício (MET < 8) tiveram valores menores de LASr, LAScd e LASct. LASr ≤ 26,5% foi preditor independente de baixa capacidade de exercício em pacientes com EM leve.
Vriz et al., 2021 ³⁰	101 pacientes com EM grave	Determinar a correlação entre o strain atrial e a PSAP e outros parâmetros de função do VD. Verificar se o strain atrial é preditor do desenvolvimento de FA.	Com o aumento do LASr houve queda na PSAP e na RVP. A função do VD aumentou significativamente com o aumento do LASr. LASr foi um dos melhores preditores de FA.
Kaur V et al., 2021 ³¹	83 pacientes com EM submetidos à PTMC	Avaliar a associação entre a razão do strain do AE pelo strain do AD com aumento da RVP medida pela hemodinâmica.	LA-RAs baixo correlacionou com EM mais grave, mais alta pressão média da artéria pulmonar e pressão de cunha capilar pulmonar quando comparados com pacientes com LA-RAs alto. LA-RAs mostrou forte correlação com HP. LA-RAs aumentou significativamente após PTMC.
Stassen et al., 2022 ³²	125 pacientes com EM sem história de FA	Avaliar a associação do strain atrial com o desenvolvimento de FA no seguimento dos pacientes com EM.	Durante tempo médio de seguimento de 32 meses, 41 pacientes (32,8%) desenvolveram FA de início recente. Pacientes que desenvolveram FA tiveram LASr significativamente mais comprometido comparado aos que permaneceram em ritmo sinusal. LASr < 21% foi independentemente associado ao desenvolvimento de FA no seguimento.
Mehta et al., 2022 ²⁵	80 pacientes com EM grave em ritmo sinusal 40 controles	Avaliar a função do AE pelo strain e sua correlação com a classe funcional NYHA e parâmetros ecocardiográficos na EM grave e HP, comparando com o grupo-controle.	Os valores médios do LASr, LAScd e LASct nos pacientes com EM foram significativamente mais baixos em relação aos controles.

AE: átrio esquerdo; LAS: strain atrial esquerdo; EM: estenose mitral; FA: fibrilação atrial; HP: hipertensão pulmonar; IC: insuficiência cardíaca; LA-RAs: razão do strain do AE pelo strain do átrio direito; LAScd: strain atrial esquerdo durante a fase de conduto; LASct: strain atrial esquerdo durante a fase contrátil; LASr: strain atrial esquerdo durante a fase de reservatório; NYHA: New York Heart Association; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; PTMC: comissurotomia mitral percutânea; RVP: resistência vascular pulmonar; VD: ventrículo direito.

sistêmica (com efeito miopático), além do efeito parácrino da gordura epicárdica. Estes fatores estão associados à ocorrência de remodelamento atrial, o qual pode ser detectado precocemente pela análise do strain do AE.⁴¹⁻⁴⁴ Em estudo realizado por Chirinos et al.,⁴³ envolvendo 1.531 pacientes, o aumento do índice de massa corpórea se associou à redução do LASr e LASct (strain atrial nas fases de reservatório e conduto), e a um aumento compensatório

no strain contrátil (LASct), quando ajustado para idade e sexo. Os autores igualmente observaram que, à medida que o índice de massa corpórea aumenta, há uma diminuição dessa função contrátil compensatória atrial, o que aumenta a probabilidade de desenvolvimento de insuficiência cardíaca. O diabetes mellitus é um importante fator de risco cardiovascular e sua prevalência vem crescendo de

forma significativa.⁴⁵ O diabetes mellitus de longa data está associado com disfunção diastólica do VE, dilatação do AE e maior predisposição à insuficiência cardíaca.⁴⁶ Estudos prévios mostram redução do *strain* do AE nas fases de reservatório e conduto (LASr e LASct) em pacientes diabéticos,⁴⁷ mesmo na ausência de hipertensão arterial sistêmica e hipertrofia do VE.⁴⁸ O impacto do diabetes mellitus no remodelamento atrial colabora para maior risco de desenvolvimento de FA nos pacientes diabéticos.⁴⁹

A cardiomiopatia hipertrófica induz uma progressiva disfunção diastólica do VE, com consequente aumento das pressões de enchimento, as quais são transmitidas para o AE, culminando com o remodelamento e dilatação progressiva dessa câmara. Como manifestação clínica, os pacientes apresentam insuficiência cardíaca, FA, arritmias ventriculares e morte súbita.⁵⁰ Estudos prévios mostram que a cardiomiopatia hipertrófica leva a um enrijecimento progressivo do miocárdio atrial esquerdo com redução da função de reservatório dessa câmara.⁵¹ Em estudo com 76 pacientes com cardiomiopatia hipertrófica, evidenciou-se uma associação entre essa condição e índices reduzidos do *strain* de conduto e contrátil do AE (LAScd e LASct).⁵² Nesse estudo, constatou-se que valores inferiores de LASct correlacionaram-se com um aumento significativo nas taxas de hospitalização por IC e FA.

A amiloidose cardíaca leva a espessamento progressivo do miocárdio do VE com consequente disfunção diastólica e elevação das pressões de enchimento.⁵³ Essa elevação das pressões de enchimento do VE, associadas a deposição de proteínas amilóides no miocárdio atrial, causam progressiva disfunção e dilatação do AE.⁵⁴ Mohty *et al.*,⁵⁵ em um estudo com 77 pacientes com amiloidose cardíaca (tipo AL – amiloidose tipo cadeia leve), mostraram valores reduzidos do *strain* do AE na fase de reservatório (LASr), com sobrevida em 2 anos significativamente menor nos pacientes com LASr < 14%. Outro estudo conduzido por Nochioka *et al.*,⁵⁶ encontrou valores reduzidos do *strain* atrial nas fases de reservatório, conduto e contrátil em indivíduos com amiloidose cardíaca, independente do subtipo.

A insuficiência mitral crônica causa a dilatação progressiva e disfunção do AE, levando ao aumento do risco de desenvolvimento de FA.⁵⁷ Em um estudo conduzido por Yang *et al.*,⁵⁸ envolvendo pacientes com insuficiência mitral primária de grau importante, a redução do *strain* do AE na fase de reservatório associou-se à maiores taxas de mortalidade e necessidade de cirurgia de troca ou plastia valvar mitral após um período de seguimento de 13,2 meses. Em outro estudo, Ring *et al.*,⁵⁹ avaliaram 192 pacientes com prolapso e insuficiência mitral, e notaram que os valores do *strain* do AE nas fases de reservatório e contrátil foram preditores independentes de necessidade de troca valvar mitral. Embora pequenos, esses estudos mostram a relevância das medidas do *strain* atrial para estratificação de risco e possível otimização do momento ideal para a realização das intervenções cirúrgicas nesse grupo de pacientes.

Desafios nas aplicações clínicas atuais do strain atrial esquerdo

A aplicação ampla e rotineira do *strain* do AE como marcador prognóstico em diferentes condições cardiovasculares ainda é limitada. Uma avaliação abrangente da função do AE requer a análise conjunta tanto da pressão quanto do volume atrial. Na ausência de modalidades para avaliação direta da pressão do AE, as estimativas são realizadas indiretamente, podendo ser influenciadas tanto pela disfunção do VE quanto por anormalidades primárias no AE.² Ademais, destaca-se a variação nos valores de *strain* do AE obtidos por distintas plataformas de *software*.

Conclusões e perspectivas futuras

O *strain* do AE emerge como uma ferramenta promissora na avaliação de diversas condições cardiovasculares, oferecendo insights valiosos para a estratificação de risco e o monitoramento da progressão de doenças cardíacas.

Contudo, existe a necessidade de estudos prospectivos e multicêntricos e a padronização de técnicas e elaboração de diretrizes específicas para a interpretação e aplicação clínica do *strain* atrial.

O estabelecimento de diretrizes específicas garantirá a consistência e confiabilidade na interpretação do *strain* do AE, impulsionando seu uso generalizado na prática clínica.

Contribuição dos Autores

Concepção e desenho da pesquisa: Figueiredo Fernanda A, Figueiredo Flávio A, Chavez LMT, Teixeira MFA, Nunes MC; obtenção de dados: Barbosa WS, Bronzatto PH, Nunes MC; análise e interpretação dos dados: Figueiredo Fernanda A, Nunes MC; obtenção de financiamento: Nunes MC; redação do manuscrito: Figueiredo Fernanda A, Costa Filho AL, Figueiredo Flávio A, Chavez LMT, Cintra PR, Nunes MC; revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Figueiredo Fernanda A, Figueiredo Flávio A, Nunes MC.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo foi parcialmente financiado por CNPq. Maria do Carmo P Nunes tem bolsa de produtividade científica (PQ-1A)- Edital CNPq N.º 09/2020.

Vinculação Acadêmica

Este artigo é parte de dissertação de Mestrado de Fernanda de Azevedo Figueiredo pela Universidade Federal de Minas Gerais.

Aprovação Ética e Consentimento Informado

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

Referências

- Gan GCH, Ferkh A, Boyd A, Thomas L. Left Atrial Function: Evaluation by Strain Analysis. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2018;8(1):29-46. doi: 10.21037/cdt.2017.06.08.
- Jain V, Ghosh R, Gupta M, Saijo Y, Bansal A, Farwati M, et al. Contemporary Narrative Review on Left Atrial Strain Mechanics in Echocardiography: Cardiomyopathy, Valvular Heart Disease and Beyond. *Cardiovasc Diagn Ther*. 2021;11(3):924-38. doi: 10.21037/cdt-20-461.
- Rosca M, Lancellotti P, Popescu BA, Piérard LA. Left Atrial Function: Pathophysiology, Echocardiographic Assessment, and Clinical Applications. *Heart*. 2011;97(23):1982-9. doi: 10.1136/heartjnl-2011-300069.
- Pathan F, D'Elia N, Nolan MT, Marwick TH, Negishi K. Normal Ranges of Left Atrial Strain by Speckle-Tracking Echocardiography: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30(1):59-70.e8. doi: 10.1016/j.echo.2016.09.007.
- Roediger V. AutoStrain VE/VD/AE - Medições Automatizadas da Deformação Longitudinal. Amsterdã: Koninklijke Philips; 2019.
- Saraiva RM, Demirkol S, Buakhamsri A, Greenberg N, Popović ZB, Thomas JD, et al. Left Atrial Strain Measured by Two-Dimensional Speckle Tracking Represents a New Tool to Evaluate Left Atrial Function. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(2):172-80. doi: 10.1016/j.echo.2009.11.003.
- Thomas L, Abhayaratna WP. Left Atrial Reverse Remodeling: Mechanisms, Evaluation, and Clinical Significance. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(1):65-77. doi: 10.1016/j.jcmg.2016.11.003.
- Cameli M, Lisi M, Righini FM, Massoni A, Natali BM, Focardi M, et al. Usefulness of Atrial Deformation Analysis to Predict Left Atrial Fibrosis and Endocardial Thickness in Patients Undergoing Mitral Valve Operations for Severe Mitral Regurgitation Secondary to Mitral Valve Prolapse. *Am J Cardiol*. 2013;111(4):595-601. doi: 10.1016/j.amjcard.2012.10.049.
- Vieira MJ, Teixeira R, Gonçalves L, Gersh BJ. Left Atrial Mechanics: Echocardiographic Assessment and Clinical Implications. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(5):463-78. doi: 10.1016/j.echo.2014.01.021.
- Donal E, Lip CY, Galderisi M, Goette A, Shah D, Marwan M, et al. EACVI/EHRA Expert Consensus Document on the Role of Multi-Modality Imaging for the Evaluation of Patients with Atrial Fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2016;17(4):355-83. doi: 10.1093/ehjci/jev354.
- Boldt A, Wetzel U, Lauschke J, Weigl J, Gummert J, Hindricks G, et al. Fibrosis in Left Atrial Tissue of Patients with Atrial Fibrillation with and without Underlying Mitral Valve Disease. *Heart*. 2004;90(4):400-5. doi: 10.1136/hrt.2003.015347.
- Kuppahally SS, Akoum N, Burgon NS, Badger TJ, Kholmovski EG, Vijayakumar S, et al. Left Atrial Strain and Strain Rate in Patients with Paroxysmal and Persistent Atrial Fibrillation: Relationship to Left Atrial Structural Remodeling Detected by Delayed-Enhancement MRI. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010;3(3):231-9. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.109.865683.
- Kojima T, Kawasaki M, Tanaka R, Ono K, Hirose T, Iwama M, et al. Left Atrial Global and Regional Function in Patients with Paroxysmal Atrial Fibrillation has Already Been Impaired Before Enlargement of Left Atrium: Velocity Vector Imaging Echocardiography Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(3):227-34. doi: 10.1093/ehjcard/er281.
- Hwang HJ, Choi EY, Rhee SJ, Joung B, Lee BH, Lee SH, et al. Left Atrial Strain as Predictor of Successful Outcomes in Catheter Ablation for Atrial Fibrillation: a Two-Dimensional Myocardial Imaging Study. *J Interv Card Electrophysiol*. 2009;26(2):127-32. doi: 10.1007/s10840-009-9410-y.
- Yasuda R, Murata M, Roberts R, Tokuda H, Minakata Y, Suzuki K, et al. Left Atrial Strain is a Powerful Predictor of Atrial Fibrillation Recurrence after Catheter Ablation: Study of a Heterogeneous Population with Sinus Rhythm or Atrial Fibrillation. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(9):1008-14. doi: 10.1093/ehjci/jev028.
- Hauser R, Nielsen AB, Skaarup KG, Lassen MCH, Duus LS, Johansen ND, et al. Left Atrial Strain Predicts Incident Atrial Fibrillation in the General Population: the Copenhagen City Heart Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2021;23(1):52-60. doi: 10.1093/ehjci/jeab202.
- Candan O, Ozdemir N, Aung SM, Dogan C, Karabay CY, Gecmen C, et al. Left Atrial Longitudinal Strain Parameters Predict Postoperative Persistent Atrial Fibrillation Following Mitral Valve Surgery: a Speckle Tracking Echocardiography Study. *Echocardiography*. 2013;30(9):1061-8. doi: 10.1111/echo.12222.
- Park JJ, Park JH, Hwang IC, Park JB, Cho GY, Marwick TH. Left Atrial Strain as a Predictor of New-Onset Atrial Fibrillation in Patients with Heart Failure. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2020;13(10):2071-81. doi: 10.1016/j.jcmg.2020.04.031.
- Pathan F, Sivaraj E, Negishi K, Rafiudeen R, Pathan S, D'Elia N, et al. Use of Atrial Strain to Predict Atrial Fibrillation after Cerebral Ischemia. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018;11(11):1557-65. doi: 10.1016/j.jcmg.2017.07.027.
- Obokata M, Negishi K, Kurosawa K, Tateno R, Tange S, Arai M, et al. Left Atrial Strain Provides Incremental Value for Embolism Risk Stratification Over CHA₂DS₂-Vasc Score and Indicates Prognostic Impact in Patients with Atrial Fibrillation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27(7):709-16.e4. doi: 10.1016/j.echo.2014.03.010.
- Demirkol S, Kucuk U, Baysan O, Balta S, Celik T, Kurt IH, et al. The Impact of Mitral Stenosis on Left Atrial Function Assessed by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography. *Echocardiography*. 2012;29(9):1064-70. doi: 10.1111/j.1540-8175.2012.01751.x.
- Nikitin NP, Witte KK, Thackray SD, Goodge LJ, Clark AL, Cleland JG. Effect of Age and Sex on Left Atrial Morphology and Function. *Eur J Echocardiogr*. 2003;4(1):36-42. doi: 10.1053/euje.2002.0611.
- Dernellis JM, Stefanadis CI, Zacharoulis AA, Toutouzas PK. Left Atrial Mechanical Adaptation to Long-Standing Hemodynamic Loads Based on Pressure-Volume Relations. *Am J Cardiol*. 1998;81(9):1138-43. doi: 10.1016/s0002-9149(98)00134-9.
- Mahfouz RA, Gouda M, Abdelhamed M. Relation between Left Atrial Strain and Exercise Tolerance in Patients with Mild Mitral Stenosis: an Insight from 2D Speckle-Tracking Echocardiography. *Echocardiography*. 2020;37(9):1406-12. doi: 10.1111/echo.14818.
- Mehta V, Chaudhari D, Mehra P, Mahajan S, Yusuf J, Gupta MD, et al. Left Atrial Function by Two-Dimensional Speckle Tracking Echocardiography in Patients with Severe Rheumatic Mitral Stenosis and Pulmonary Hypertension. *Indian Heart J*. 2022;74(1):63-5. doi: 10.1016/j.ihj.2021.12.011.
- Caso P, Ancona R, Di Salvo G, Comenale Pinto S, Macrino M, Di Palma V, et al. Atrial Reservoir Function by Strain Rate Imaging in Asymptomatic Mitral Stenosis: Prognostic Value at 3 Year Follow-Up. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(6):753-9. doi: 10.1093/ejehoccard/jep058.
- Ancona R, Comenale Pinto S, Caso P, Di Salvo G, Severino S, et al. Two-Dimensional Atrial Systolic Strain Imaging Predicts Atrial Fibrillation at 4-Year Follow-Up in Asymptomatic Rheumatic Mitral Stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(3):270-7. doi: 10.1016/j.echo.2012.11.016.
- Pourafkari L, Chaffari S, Bancroft GR, Tajlil A, Nader ND. Factors Associated with Atrial Fibrillation in Rheumatic Mitral Stenosis. *Asian Cardiovasc Thorac Ann*. 2015;23(1):17-23. doi: 10.1177/0218492314530134.
- Chien CY, Chen CW, Lin TK, Lin Y, Lin JW, Li YD, et al. Atrial Deformation Correlated with Functional Capacity in Mitral Stenosis Patients. *Echocardiography*. 2018;35(2):190-5. doi: 10.1111/echo.13770.
- Vriz O, Blassy B, Almozal A, Almohammadi SM, Galzerano D, Alfehaid A, et al. Left Atrial Strain can Predict Right Ventricular Impairment and Development of Atrial Fibrillation in Patients with Severe Mitral Stenosis Better than Transmitral Gradients. *Eur Heart Cardiovasc Imag*. 2021;22(Suppl 10):i79. doi: 10.1093/ehjci/jeaa356.060.

Artigo de Revisão

31. Kaur V, Manouras A, Venkateshvaran A. Association of Atrial Strain Ratio with Invasive Pulmonary Hemodynamics in Rheumatic Mitral Stenosis. *Echocardiography: Valve Disease*. Eur Heart Cardiovasc Imag. 2021; 22(Suppl 10):i72.
32. Stassen J, Butcher SC, Namazi F, Ajmone Marsan N, Bax JJ, Delgado V. Left Atrial Deformation Imaging and Atrial Fibrillation in Patients with Rheumatic Mitral Stenosis. *J Am Soc Echocardiogr*. 2022;35(5):486-94. e2. doi: 10.1016/j.echo.2021.12.010.
33. Carluccio E, Biagioli P, Mengoni A, Cerasa MF, Lauciello R, Zuchi C, et al. Left Atrial Reservoir Function and Outcome in Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2018;11(11):e007696. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.118.007696.
34. Kurt M, Tanboga IH, Aksakal E, Kaya A, Isik T, Ekinci M, et al. Relation of Left Ventricular End-Diastolic Pressure and N-Terminal Pro-Brain Natriuretic Peptide Level with Left Atrial Deformation Parameters. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2012;13(6):524-30. doi: 10.1093/ehjcard/erj283.
35. Malagoli A, Rossi L, Bursi F, Zanni A, Sticozzi C, Piepoli MF, et al. Left Atrial Function Predicts Cardiovascular Events in Patients with Chronic Heart Failure with Reduced Ejection Fraction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2019;32(2):248-56. doi: 10.1016/j.echo.2018.08.012.
36. Telles F, Nanayakkara S, Evans S, Patel HC, Mariani JA, Vizi D, et al. Impaired Left Atrial Strain Predicts Abnormal Exercise Haemodynamics in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Eur J Heart Fail*. 2019;21(4):495-505. doi: 10.1002/ehf.1399.
37. Freed BH, Daruwalla V, Cheng JY, Aguilar FG, Beussink L, Choi A, et al. Prognostic Utility and Clinical Significance of Cardiac Mechanics in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction: Importance of Left Atrial Strain. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9(3):e003754. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.115.003754.
38. Santos AB, Roca GQ, Claggett B, Sweitzer NK, Shah SJ, Anand IS, et al. Prognostic Relevance of Left Atrial Dysfunction in Heart Failure with Preserved Ejection Fraction. *Circ Heart Fail*. 2016;9(4):e002763. doi: 10.1161/CIRCHEARTFAILURE.115.002763.
39. Yan P, Sun B, Shi H, Zhu W, Zhou Q, Jiang Y, et al. Left Atrial and Right Atrial Deformation in Patients with Coronary Artery Disease: a Velocity Vector Imaging-Based Study. *PLoS One*. 2012;7(12):e51204. doi: 10.1371/journal.pone.0051204.
40. Said KM, Nassar AI, Fouad A, Ramzy AA, Abd Allah MFF. Left Atrial Deformation Analysis as a Predictor of Severity of Coronary Artery Disease. *Egypt Heart J*. 2018;70(4):353-9. doi: 10.1016/j.ehj.2018.09.004.
41. Ayer JG, Sholler GF, Celermajer DS. Left Atrial Size Increases with Body Mass Index in Children. *Int J Cardiol*. 2010;141(1):61-7. doi: 10.1016/j.ijcard.2008.11.157.
42. Oliver W, Matthews G, Ayers CR, Garg S, Gupta S, Neeland JJ, et al. Factors Associated with Left Atrial Remodeling in the General Population. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2017;10(2):e005047. doi: 10.1161/CIRCIMAGING.116.005047.
43. Chirinos JA, Rietzschel ER, De Buyzere ML, De Bacquer D, Gillebert TC, Gupta AK, et al. Arterial Load and Ventricular-Arterial Coupling: Physiologic Relations with Body Size and Effect of Obesity. *Hypertension*. 2009;54(3):558-66. doi: 10.1161/HYPERTENSIONAHA.109.131870.
44. Mahabadi AA, Lehmann N, Kalsch H, Bauer M, Dykun I, Kara K, et al. Association of Epicardial Adipose Tissue and Left Atrial Size on Non-Contrast CT with Atrial Fibrillation: the Heinz Nixdorf Recall Study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15(8):863-9. doi: 10.1093/ehjci/jeu006.
45. Shaw JE, Sicree RA, Zimmet PZ. Global Estimates of the Prevalence of Diabetes for 2010 and 2030. *Diabetes Res Clin Pract*. 2010;87(1):4-14. doi: 10.1016/j.diabres.2009.10.007.
46. Nichols GA, Hillier TA, Erbey JR, Brown JB. Congestive Heart Failure in Type 2 Diabetes: Prevalence, Incidence, and Risk Factors. *Diabetes Care*. 2001;24(9):1614-9. doi: 10.2337/diacare.24.9.1614.
47. Ernande L, Rietzschel ER, Bergerot C, De Buyzere ML, Schnell F, Groisne L, et al. Impaired Myocardial Radial Function in Asymptomatic Patients with Type 2 Diabetes Mellitus: a Speckle-Tracking Imaging Study. *J Am Soc Echocardiogr*. 2010;23(12):1266-72. doi: 10.1016/j.echo.2010.09.007.
48. Tadic M, Vukomanovic V, Cuspidi C, Suzic-Lazic J, Stanisavljevic D, Celic V. Left Atrial Phasic Function and Heart Rate Variability in Asymptomatic Diabetic Patients. *Acta Diabetol*. 2017;54(3):301-8. doi: 10.1007/s00592-016-0962-x.
49. Tadic M, Cuspidi C. Type 2 Diabetes Mellitus and Atrial Fibrillation: from Mechanisms to Clinical Practice. *Arch Cardiovasc Dis*. 2015;108(4):269-76. doi: 10.1016/j.acvd.2015.01.009.
50. Siontis KC, Geske JB, Ong K, Nishimura RA, Ommen SR, Gersh BJ. Atrial Fibrillation in Hypertrophic Cardiomyopathy: Prevalence, Clinical Correlations, and Mortality in a Large High-Risk Population. *J Am Heart Assoc*. 2014;3(3):e001002. doi: 10.1161/JAHA.114.001002.
51. Sanada H, Shimizu M, Sugihara N, Shimizu K, Ino H, Takeda R. Increased Left Atrial Chamber Stiffness in Hypertrophic Cardiomyopathy. *Br Heart J*. 1993;69(1):31-5. doi: 10.1136/hrt.69.1.31.
52. Fujimoto K, Inoue K, Saito M, Higashi H, Kono T, Uetani T, et al. Incremental Value of Left Atrial Active Function Measured by Speckle Tracking Echocardiography in Patients with Hypertrophic Cardiomyopathy. *Echocardiography*. 2018;35(8):1138-48. doi: 10.1111/echo.13886.
53. Klein AL, Hatle LK, Taliercio CP, Oh JK, Kyle RA, Gertz MA, et al. Prognostic Significance of Doppler Measures of Diastolic Function in Cardiac Amyloidosis. A Doppler echocardiography study. *Circulation*. 1991;83(3):808-16. doi: 10.1161/01.cir.83.3.808.
54. Mohty D, Pibarot P, Dumesnil JG, Darodes N, Lavergne D, Echahidi N, et al. Left Atrial Size is an Independent Predictor of Overall Survival in Patients with Primary Systemic Amyloidosis. *Arch Cardiovasc Dis*. 2011;104(12):611-8. doi: 10.1016/j.acvd.2011.10.004.
55. Mohty D, Petitalot V, Magne J, Fadel BM, Boulogne C, Rouabhia D, et al. Left Atrial Function in Patients with Light Chain Amyloidosis: a Transthoracic 3D Speckle Tracking Imaging Study. *J Cardiol*. 2018;71(4):419-27. doi: 10.1016/j.jjcc.2017.10.007.
56. Nochioka K, Quarta CC, Claggett B, Roca GQ, Rapezzi C, Falk RH, et al. Left Atrial Structure and Function in Cardiac Amyloidosis. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2017;18(10):1128-37. doi: 10.1093/ehjci/jex097.
57. Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP 3rd, Fleisher LA, et al. 2017 AHA/ACC Focused Update of the 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients with Valvular Heart Disease: a Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135(25):e1159-95. doi: 10.1161/CIR.0000000000000503.
58. Yang LT, Liu YW, Shih JY, Li YH, Tsai LM, Luo CY, et al. Predictive Value of Left Atrial Deformation on Prognosis in Severe Primary Mitral Regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(11):1309-17. e4. doi: 10.1016/j.echo.2015.07.004.
59. Ring L, Rana BS, Wells FC, Kydd AC, Dutka DP. Atrial Function as a Guide to Timing of Intervention in Mitral Valve Prolapse with Mitral Regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7(3):225-32. doi: 10.1016/j.jcmg.2013.12.009.

