

# Função Atrial Esquerda pelo Método de Speckle Tracking: Além da Avaliação Volumétrica

## Left Atrial Function Using Speckle Tracking: Beyond Volumetric Evaluation

Mardson de Araújo Medeiros,<sup>1,2</sup> Rodrigo Pinto Pedrosa,<sup>1</sup> Carlos Antonio da Mota Silveira,<sup>1</sup> Jose Maria Del Castillo<sup>1</sup>

Pronto-Socorro Cardiológico Universitário de Pernambuco Prof. Luís Tavares (PROCAPE), Universidade de Pernambuco;<sup>1</sup> Hospital Agamenon Magalhães (HAM),<sup>2</sup> Recife, Pernambuco – Brasil

### Resumo

Atualmente, a avaliação da função atrial esquerda é um método emergente que pode ter relação com o prognóstico dos pacientes. Classicamente, as medidas estáticas de diâmetro, área e volume são as mais usadas com esta finalidade. A técnica conhecida como *speckle tracking* é capaz de fornecer informações dinâmicas do átrio esquerdo ao longo do ciclo cardíaco, assim como detectar alterações na função atrial esquerda em fases subclínicas, antes de ocorrerem aumentos volumétricos ou disfunções diastólicas. Valores de normalidade para o *speckle tracking* estão sendo propostos, mas as diferenças metodológicas e de técnicas empregadas dificultam sua padronização. Esta revisão da literatura se propõe a discutir os avanços na análise da função atrial esquerda, em especial via *speckle tracking*.

### Introdução

A associação entre o tamanho do átrio esquerdo (AE) e o aumento de desfechos clínicos vem sendo amplamente citada na literatura. As ocorrências de fibrilação atrial (FA),<sup>1,2</sup> acidente vascular cerebral (AVC),<sup>3</sup> infarto agudo do miocárdio (IAM), insuficiência cardíaca (IC) e hospitalização apresentam elevadas taxas<sup>4</sup> e podem estar relacionados com disfunção do AE. Modena et al.,<sup>5</sup> realizaram estudo prospectivo, com seguimento médio de 12 anos (mínimo de 7 anos), cuja mortalidade cardíaca foi de 47,9%, sendo 29% nos pacientes com átrio normal e 54,3% naqueles com AE > 45 mm, com significância de  $p < 0,01$ .<sup>5</sup>

Em pessoas sem esta ocorrência, o AE possui três funções básicas: reservatório, que coleta o retorno venoso do pulmão durante a sístole ventricular; conduto, para a passagem do sangue armazenado no átrio em direção ao ventrículo, durante o início da diástole; e bomba, com a contração atrial no final da diástole, contribuindo com cerca de 30% do enchimento ventricular.<sup>6</sup>

### Palavras-chave

Função do Átrio Esquerdo/fisiologia; Ecocardiografia/métodos; Speckle Tracking; Fibrilação Atrial; Infarto do Miocárdio; Acidente Vascular Cerebral; Insuficiência Cardíaca; Prognóstico.

#### Correspondência: Mardson de Araújo Medeiros •

Setor de Ecocardiografia do Pronto-Socorro Cardiológico Universitário de Pernambuco Prof. Luís Tavares (PROCAPE). Rua dos Palmares, S/N, Santa Amaro. CEP 50.100-060, Recife, PE – Brasil.  
E-mail: mardsonm@gmail.com

Artigo recebido em 10/08/2018; revisado em 24/08/2018; aceito em 25/09/2018.

DOI: 10.5935/2318-8219.20190009

Tradicionalmente, o tamanho do AE é avaliado por medidas morfológicas estáticas, como diâmetro, área e volume (Figura 1). O volume do AE demonstrou associação mais significativa com desfechos clínicos, quando comparado ao diâmetro, que é medida unidimensional.<sup>7</sup> Além das dimensões,<sup>8</sup> o AE pode ser avaliado de forma mais detalhada com parâmetros de função.

Algumas técnicas ecocardiográficas têm sido utilizadas para estudar a função atrial esquerda (FAE), como a variação volumétrica do AE (Tabela 1), o Doppler espectral transmitral, o fluxo da veia pulmonar e o Doppler tecidual (Tabela 2)<sup>4</sup> assim como as velocidades do fluxo do apêndice atrial esquerdo com ecocardiografia transesofágica.<sup>9</sup>

Em 2013, Hsiao e Chiou<sup>10</sup> realizaram estudo prospectivo, em que 1.735 pacientes com história de dispneia foram submetidos ao ecocardiograma transtorácico para avaliar variáveis preditoras do desfecho combinado de hospitalização por insuficiência cardíaca e mortalidade por todas as causas, em seguimento de 2 anos. Apresentaram o desfecho combinado 91 pacientes, e o índice de expansão do AE [IE = (volume máximo – volume mínimo)/volume mínimo, que representa a função de reservatório do AE], com estatística-C de 0,886, apresentou melhor valor prognóstico, quando comparado com parâmetros ecocardiográficos bem estabelecidos, como relação E/E' (estatística-C de 0,741) e volume indexado do AE (estatística-C de 0,723).<sup>10</sup>

Outra técnica para analisar a FAE é chamada de *speckle tracking*. Os *speckles* (“pontos” ou “manchas”, em inglês) foram descritos pela primeira vez na década de 1970<sup>11</sup> como estruturas granulares formadas por inúmeros pequenos pontos, resultante das interfaces existentes nos tecidos (como a transição entre um vaso e um músculo, por exemplo), que refletem os ecos difusamente. Esses pontos são tão pequenos e numerosos que, em uma unidade de resolução de ultrassom, encontram-se agrupados diversos deles. Como os *speckles* são estáveis e formam padrões para cada região de interesse (ROI, do inglês *Region of Interest*), foi possível desenvolver um *software* para os aparelhos de ecocardiografia, com o intuito de rastrear (*tracking*) esses pontos, analisando a deformação (*strain*) miocárdica ou atrial.<sup>12</sup>

Após ser completamente esvaziado no final da diástole, o AE recebe o sangue proveniente das veias pulmonares, durante a sístole ventricular, aumentando suas dimensões. O aumento e a redução de tamanho do AE deve-se à deformação das paredes da cavidade. Quando a deformação (*strain*) está reduzida, o átrio diminui a capacidade de variar o tamanho, indicando que a função se encontra alterada.

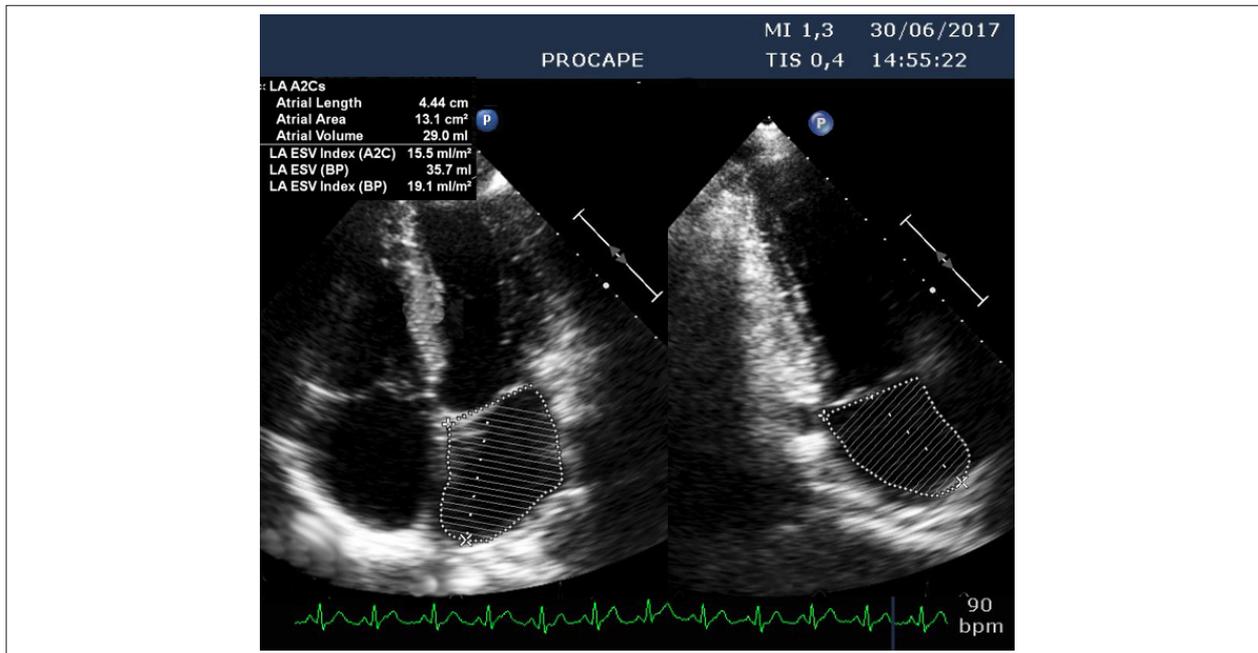


Figura 1 – Volume máximo do átrio esquerdo na janela apical duas câmaras: método volumétrico.

Tabela 1 – Índices volumétricos da função atrial esquerda (FAE)

FAE	Fração volumétrica do AE	Cálculo	Valor normal
Função global, reservatório	FE total (%)	$[(AE_{\text{máx}} - AE_{\text{mín}})/AE_{\text{máx}}]$	$70 \pm 9$
Reservatório	Índice de expansão (%)	$[(AE_{\text{máx}} - AE_{\text{mín}})/AE_{\text{mín}}]$	$271 \pm 126$
Conduto	FE passiva (%)	$[AE_{\text{máx}} - AE_{\text{préP}}]/AE_{\text{máx}}$	$44 \pm 12$
Bomba	FE ativa (%)	$[AE_{\text{préP}} - AE_{\text{mín}}]/AE_{\text{préP}}$	$47 \pm 12$

AE: átrio esquerdo; FE: fração de esvaziamento;  $AE_{\text{máx}}$ : volume máximo do átrio esquerdo;  $AE_{\text{mín}}$ : volume mínimo do átrio esquerdo (após a contração atrial, no final da diástole);  $AE_{\text{préP}}$ : volume do átrio esquerdo imediatamente antes da contração atrial (precedendo a onda P do registro eletrocardiográfico). Fonte: adaptado de Hoit, 2014.

Tabela 2 – Função atrial esquerda (FAE) pelo Doppler espectral e tecidual

FAE	Fluxo transmitral	Fluxo da veia pulmonar	Velocidade tissular
Reservatório	-	Velocidade S	S'
Conduto	Velocidade E, E/A	Velocidade D	E'
Bomba	Velocidade A, E/A	RevA	A'

RevA: velocidade reversa da veia pulmonar. Fonte: adaptado de Hoit, JACC, 2014.<sup>4</sup>

Os valores normais para o *strain* ( $\epsilon$ ) longitudinal global do AE variam nos estudos entre  $35,7\% \pm 5,8\%$  e  $42,2\% \pm 6,1\%$ , e a taxa de deformação sistólica do AE (*strain rate* – SR) de  $1,43 \text{ S}^{-1} \pm 0,24 \text{ S}^{-1}$  a  $2,47 \text{ S}^{-1} \pm 0,55 \text{ S}^{-1}$ .<sup>12</sup> Por meio do *speckle tracking*, podemos também estudar as três fases do funcionamento atrial.<sup>13</sup>

Uma metanálise de 40 estudos sobre valores de normalidade para o *speckle tracking* atrial, com 2.542 sujeitos saudáveis, sugeriu 39% (Intervalo de Confiança de 95% – IC95% 38%-41%) como referência para o *strain* de reservatório ( $AE_{\epsilon_s}$ ), 23% (IC95% 21%-25%) para o *strain*

de conduto ( $AE_{\epsilon_c}$ ) e 17% (IC95% 16%-19%) para o *strain* de bomba ( $AE_{\epsilon_b}$ ), com heterogeneidade entre os estudos quanto à frequência cardíaca, à área de superfície corporal e ao tamanho amostral (Tabela 3). Não houve diferença estatisticamente significativa quanto ao equipamento ecocardiográfico utilizado para análise da deformação, e a maioria dos estudos usou o EchoPac (GE Healthcare).<sup>14</sup> Esta metanálise também mostrou que os 40 trabalhos analisaram a função de reservatório, mas somente 14 artigos aferiram a função de conduto e 18 artigos a função de bomba, sugerindo que registrar estas três medidas ainda não é uma prática habitual na literatura e na prática médica.

**Tabela 3 – Função atrial esquerda (FAE) pelo *speckle tracking***

FAE	Valores de normalidade
Strain de reservatório	39% (IC95% 38%-41%)
Strain de conduto	23% (IC95% 21%-25%)
Strain de bomba	17% (IC95% 16%-19%)

IC95%: intervalo de confiança de 95%. Fonte: Adaptado de Pathan et al. JASE, 2017.<sup>14</sup>

### Análise da função atrial esquerda

Para o estudo das frações volumétricas do AE, é preciso registrar os volumes máximo, o volume antes da contração atrial (previamente à onda P, no registro eletrocardiográfico) e o volume mínimo do AE, verificando-se as três funções desempenhadas.<sup>15</sup> Quanto ao *speckle tracking*, faz-se necessário um *software* específico no ecocardiograma para poder registrar o *strain* e a taxa de deformação atriais.

#### Método volumétrico

Na janela ecocardiográfica apical, 4 câmaras e 2 câmaras, no modo bidimensional, devem-se registrar os três volumes, usando-se o método de Simpson modificado, a saber:<sup>8</sup> o volume máximo do AE ( $VAE_{máx}$ , em mL), no final da sístole; o volume mínimo do AE ( $VAE_{mín}$ , em mL), no final da diástole; e o volume antes da onda P do eletrocardiograma ( $VAE_{pré}$ , em mL), antes da onda P. A função de reservatório do AE mede-se pelo índice de expansão, pela fórmula  $[IE = (VAE_{máx} - VAE_{mín}) / VAE_{mín}]$ , e pela fração de esvaziamento total, pela fórmula  $[FET = (VAE_{máx} - VAE_{pré}) / VAE_{máx}]$ . A função de conduto é medida pela fração de esvaziamento passivo, dada pela fórmula  $[FEP = (VAE_{máx} - VAE_{pré}) / VAE_{máx}]$ , e a função de bomba pela fração de esvaziamento ativo  $[FEA = (VAE_{pré} - VAE_{mín}) / VAE_{pré}]$ <sup>15</sup> O inconveniente consiste na variabilidade interobservador do método de Simpson e na dificuldade de detectar corretamente a borda da parede atrial.<sup>16</sup>

#### Método do *speckle tracking*

O *strain* ( $\epsilon$ ) e a taxa de deformação (SR) representam a magnitude e a taxa, respectivamente, da deformação atrial. Podem ser acessados pelas velocidades do exame de imagem por Doppler tecidual (TDI, do inglês *Tissue Doppler Imaging*) ou pelo *speckle tracking* do ecocardiograma (2D STE, do inglês *2D speckle tracking echocardiography*), conforme detalhado a seguir.

A primeira descrição da deformação, via ecocardiograma, foi derivada de dados de velocidade TDI, usando a equação Doppler para conversão de frequências de ultrassom em informações de velocidade ao longo das linhas de varredura.<sup>17</sup> Contudo, embora a resolução temporal seja excelente e uma imagem bidimensional de qualidade ideal não seja necessária, o TDI é altamente dependente do ângulo, e as relações sinal-ruído podem ser problemáticas. Uma vez que os dados fundamentais produzidos por TDI são derivados de velocidades, a taxa de deformação (deformação por unidade de tempo) é resultado dos dados de velocidade, segundo a equação matemática  $SR = (V1 - V2)/L$ , onde SR = taxa de deformação; V1 =

velocidade no ponto 1, V2 = velocidade no ponto 2 e L = comprimento, geralmente fixado em 10 mm.<sup>18</sup>

Posteriormente, para tentar resolver os problemas de dependência de ângulo, surgiu outra ferramenta ecocardiográfica para análise da deformação, chamada *speckle tracking*, usando ecocardiografia em duas ou três dimensões. Trata-se de um algoritmo de computador para pós-processamento, que usa a escala de cinza das imagens digitais. Embora vários fabricantes tenham criado o próprio algoritmo, a abordagem é semelhante.<sup>19,20</sup> As imagens digitais do miocárdio, em escala cinza, contêm padrões próprios de *speckles* (pontos luminosos). Uma ROI, definida pelo usuário, é delimitada na parede do miocárdio, que pode ser ventricular ou atrial, dependendo do objetivo do exame. Dentro desta ROI, o algoritmo de processamento de imagem subdivide automaticamente as regiões em blocos de *pixels*, rastreando padrões estáveis de *speckles*. Os quadros subsequentes são analisados automaticamente pelo *software*, procurando nova localização dos padrões de *speckle* dentro de cada um dos blocos, usando critérios de correlação e soma das diferenças absolutas nas janelas ecocardiográficas utilizadas; deste modo, os vetores resultantes de velocidade são gerados. Usualmente, o programa calcula a média de seis segmentos para cada janela visualizada, e os valores de  $\epsilon$  e SR são as médias obtidas de cada janela.<sup>18</sup>

Para calcular o  $\epsilon$  e o SR, é necessária uma taxa de quadros (*frame rate*) entre 50 e 70 quadros/segundo. É importante também definir o ponto de referência, ou seja, o marco zero (Figura 2). Se o ciclo ventricular for escolhido como referência, o complexo QRS é o marco zero, e o pico positivo longitudinal corresponde à função de reservatório ( $\epsilon_s$ ), o  $\epsilon$  durante a diástole inicial ( $\epsilon_e$ ) representa a função de conduto e o  $\epsilon$  na diástole tardia ( $\epsilon_a$ ), a de bomba. Se o ciclo atrial for o escolhido, o início da onda P do eletrocardiograma é o marco zero e o primeiro pico negativo do  $\epsilon$  ( $\epsilon_{neg}$ ) representa a função de bomba atrial; o pico positivo ( $\epsilon_{pos}$ ), a função de conduto; e a soma total ( $\epsilon_{total}$ ), a função de reservatório. Os SRs na sístole ventricular (SRs), na diástole inicial (SR<sub>e</sub>) e na diástole tardia (SR<sub>a</sub>) correspondem às funções de reservatório, conduto e bomba, respectivamente.<sup>21,22</sup>

Dois modelos para análise do  $\epsilon$  atrial foram propostos na literatura. O primeiro, de 12 segmentos, usando as janelas apical 4 e 2 câmaras.<sup>23</sup> O segundo, de 15 segmentos, para avaliação mais detalhada do *strain* atrial, usando as janelas de 4, 2 e 3 câmaras.<sup>10</sup> Esta variabilidade de modelos pode ser um dos fatores técnicos para os diferentes valores de normalidade, que se encontram na literatura.

O *strain* atrial durante a sístole ventricular ( $\epsilon_s$ ) pode ser obtido no início do QRS do registro eletrocardiográfico, quanto este é escolhido como referência. Assim, o *strain* atrial durante a diástole tardia ( $\epsilon_a$ ) deve ser registrado no início da onda P do eletrocardiograma e o *strain* atrial durante a diástole inicial ( $\epsilon_e$ ) é obtido com a subtração dos valores  $\epsilon_s - \epsilon_a$  (Figura 3). O SR no pico sistólico (SR<sub>s</sub>), o SR no pico da diástole inicial (SR<sub>e</sub>) e o SR no pico da diástole tardia (SR<sub>a</sub>) são obtidos traçando todo o contorno do AE. Os pontos indicados na Figura 4 correspondem às funções de reservatório, conduto e bomba, respectivamente.<sup>4</sup>

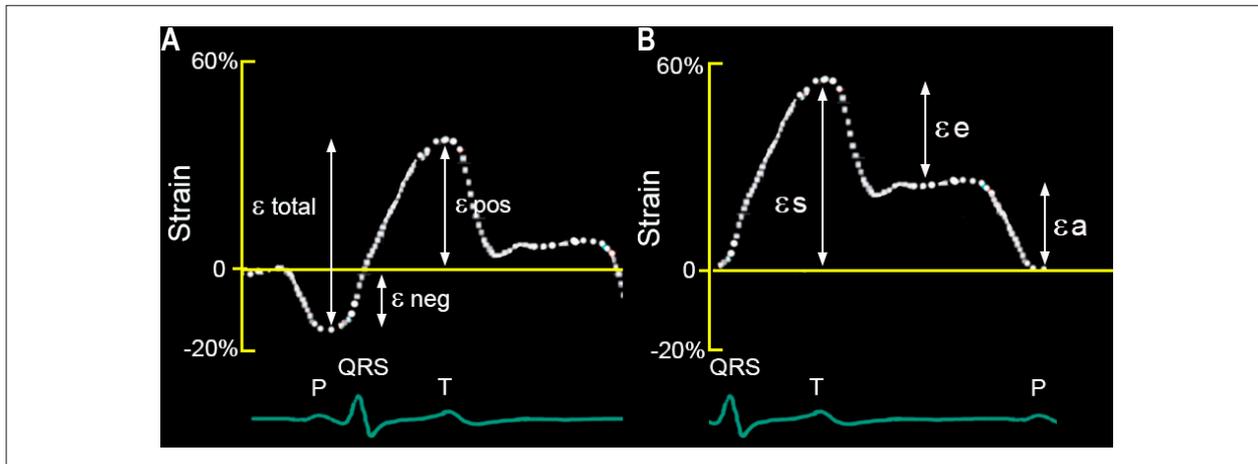


Figura 2 – Método do speckle tracking. (A) Ciclo atrial como referência. (B) Ciclo ventricular como referência.



Figura 3 – Deformação (strain) do átrio esquerdo pelo método de speckle tracking, usando o complexo QRS como referência.  $\epsilon s$  representa a função de reservatório;  $\epsilon e$ , a função de conduto;  $\epsilon a$ , a de bomba. Calculamos o a função de conduto pela seguinte fórmula matemática:  $\epsilon e = \epsilon s - \epsilon a$ . No exemplo da imagem,  $\epsilon e = 57\% - 26\% = 31\%$ .

Antes do processamento final das imagens, uma pré-visualização confirma se as linhas internas seguem o endocárdio atrial durante o ciclo cardíaco (Figuras 3 e 4). Ajustes manuais devem ser realizados quando o traçado do endocárdio atrial não estiver corretamente circundado. Segmento atrial com imagem inadequada deve ser excluído. Sugere-se considerar o estudo inadequado quando mais de um segmento por janela for insatisfatório.<sup>24</sup>

Os valores finais do  $\epsilon$  e do SR são as médias dos valores obtidos em cada janela apical. No caso de se optar por realizar o exame também na janela apical 3 câmaras, os segmentos anteroseptais devem ser excluídos da análise, por representarem a parede da aorta ascendente.<sup>24</sup>

Do ponto de vista técnico, devem-se ajustar o ganho e a ROI. Ajustar o aparelho de ecocardiograma com o ganho muito baixo pode eliminar artificialmente estruturas anatômicas; por outro lado, o ganho excessivo reduz a resolução. Aumentar demais a espessura da ROI pode reduzir os valores de  $\epsilon$  e SR, possivelmente pela contaminação da imagem por estruturas que circundam o AE.<sup>25</sup>

O  $\epsilon$  e o SR possuem algumas limitações. Eles dependem da taxa de quadros (*frame rate*) e não podem ser usados em pacientes com imagem bidimensional de baixa qualidade.<sup>24</sup>

Ainda, o fato de alguns trabalhos usarem a onda P como marco zero e outros o complexo QRS pode interferir nos valores de referência.<sup>26</sup>

Anormalidades estruturais do septo interatrial (SIA) podem interferir nos valores do *speckle tracking*, como no caso do aneurisma do SIA<sup>27</sup> ou defeitos septais. Alterações significativas de pré e pós-carga também podem exercer alguma influência nos resultados.<sup>28</sup>

As propriedades do SIA podem ser influenciadas pelas pressões do átrio direito, o que pode modificar os valores de *strain* desta região e, por conseguinte, o *strain* global.<sup>29</sup> Motoki et al.,<sup>30</sup> compararam o  $\epsilon$  e o SR, derivados de dois programas diferentes de *speckle tracking* (EchoPAC, GE Healthcare vs. Velocity Vector Imaging, Siemens Healthineers), e sugeriram que o  $\epsilon$  e o SR, durante a diástole tardia, eram comparáveis entre os sistemas. Entretanto, havia diferença significativa no  $\epsilon$  e SR durante a sístole ventricular e a diástole precoce.<sup>30</sup> Por outro lado, metanálise de 2017, incluindo 40 estudos sobre valores de normalidade para o *speckle tracking* atrial, não encontrou diferença significativa entre os fabricantes, quanto aos valores de *strain*.<sup>14</sup>

Como pacientes com FA não apresentam onda P, a utilização do complexo QRS como referência para a aferição

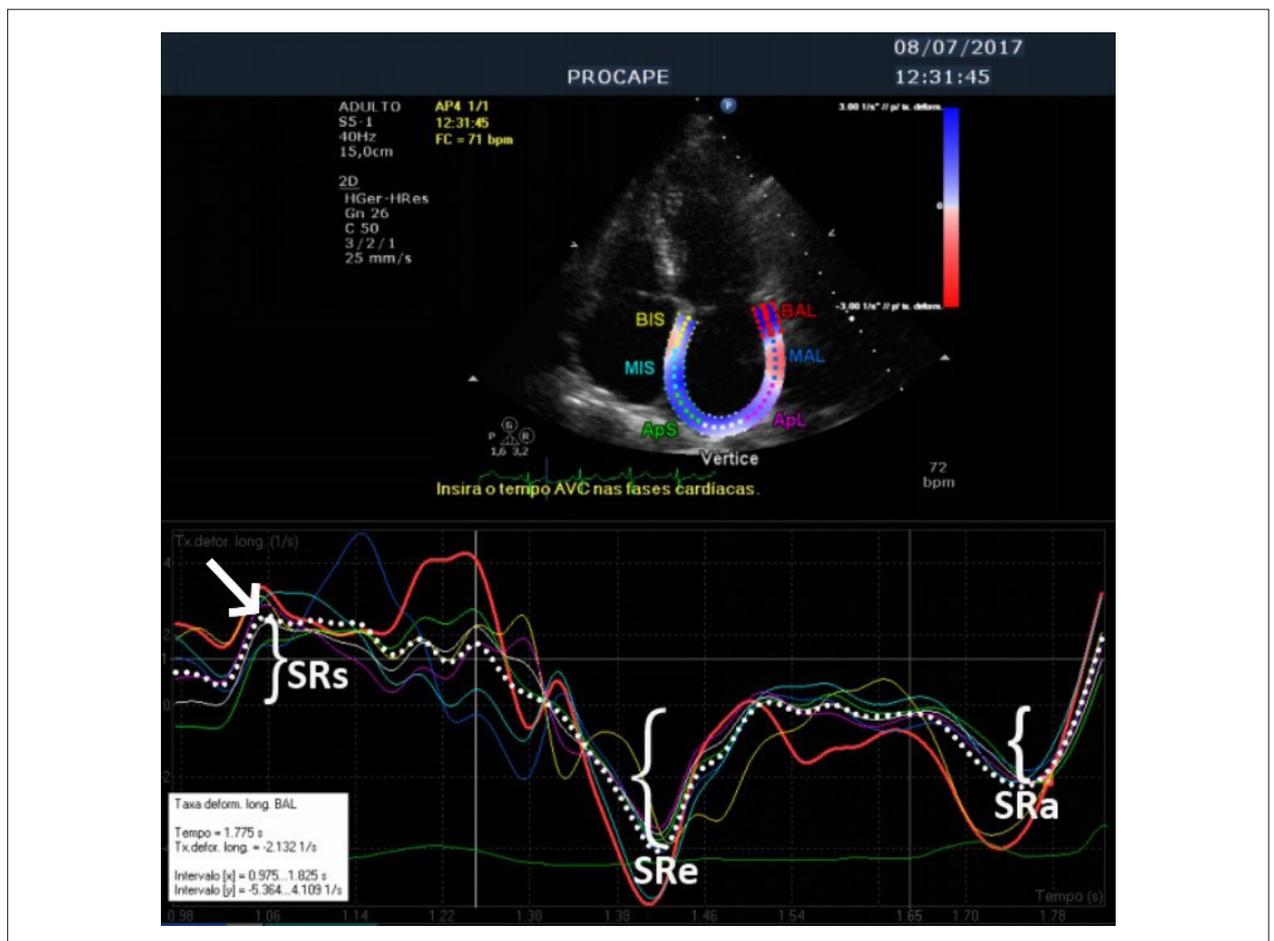


Figura 4 – Taxa de deformação (SR) do átrio esquerdo pelo método de speckle tracking: SRs representa a função de reservatório; SRe, a de conduto; e SRa, a de bomba.

da deformação do AE seria mais apropriada, podendo ser utilizada como padrão. A utilização das janelas apicais de 2 e 4 câmaras para aferir o *speckle tracking* do AE seria suficiente para a análise e menos trabalhosa que o emprego também da posição apical de 3 câmaras. Embora a avaliação com 3 posições seja mais completa, o uso das projeções de 2 e 4 câmaras facilitaria a incorporação da técnica à prática clínica.

### Aplicações clínicas do *speckle tracking* do átrio esquerdo: além da aferição volumétrica

a literatura tem demonstrado que o *speckle tracking* representa um preditor independente para eventos cardiovasculares, como FA, IC, AVE, IAM e morte, sugerindo ser superior aos parâmetros tradicionais de análise atrial (diâmetro, área e volume do AE).<sup>31-33</sup>

Cameli et al.,<sup>32</sup> em estudo prospectivo com seguimento médio de 3 anos, sugeriram que o *strain* atrial, com estatística-C de 0,83, como preditor de eventos cardiovasculares, foi superior a: volume do AE (estatística-C de 0,71), fração de ejeção do AE (estatística-C de 0,69), área do AE (estatística-C de 0,64) e diâmetro do AE (estatística-C de 0,59).<sup>32</sup>

Ancona et al.,<sup>33</sup> em estudo prospectivo de 4 anos com 101 pacientes portadores de estenose mitral pura (assintomáticos) e 70 controles saudáveis, sugeriram que, entre os pacientes que desenvolveram FA (20% do total), não existiam diferenças significativas em relação ao diâmetro, volume e fração de ejeção do AE, mas o *strain* do AE no pico sistólico estava significativamente mais reduzido (estatística-C de 0,761;  $p = 0,002$  – para valor de corte de 17,4%).<sup>33</sup>

Estudo de Debonnair et al.,<sup>34</sup> sugeriu que pacientes que foram submetidos à troca valvar mitral e cujo *strain* atrial de reservatório ( $\epsilon_s$ ), após a cirurgia, ficou  $\leq 24\%$ , tinham pior sobrevida em 6,4 anos ( $p = 0,02$ ).<sup>34</sup> Coorte longitudinal com 274 idosos acima de 85 anos sugeriu que FAE reduzida está relacionada com aumento de mortalidade em 5 anos, independente do volume atrial esquerdo.<sup>35</sup> Além do valor prognóstico, o *speckle tracking* pode ser usado para auxiliar no diagnóstico da esclerose sistêmica, por exemplo, detectando alterações da função atrial antes que se produzam mudanças de tamanho e volume da cavidade.<sup>36</sup>

As práticas de atividade física intensa, como nos atletas de alta *performance*, estão associadas a alterações hemodinâmicas tanto ventriculares quanto atriais, com aumento das câmaras cardíacas. Ao encontrar os átrios aumentados em um atleta, devem ser levados em consideração aspectos clínicos e ecocardiográficos para auxiliar na diferenciação entre remodelamento atrial fisiológico do exercício e remodelamento patológico, como: (1) geralmente, atletas apresentam equilíbrio entre aumento atrial e ventricular; (2) os átrios dos atletas podem estar tão aumentados quanto em condições patológicas, mas raramente com aumento importante; (3) fatores como tipo de esporte (usualmente os de alta *performance* física), anos de prática e grau de condicionamento também podem contribuir para o remodelamento; (4) tanto condições patológicas como as adaptativas do esporte podem aumentar o volume dos átrios, mas a função de reservatório tem se mostrado normal nos atletas, o que os diferencia da FAE alterada nas condições patológicas.<sup>37</sup>

Outro estudo tem sugerido associação entre apneia obstrutiva do sono (AOS) e alteração na FAE, sendo mais forte esta associação quanto mais severo for o grau de apneia.<sup>38</sup> Em 2016, Haruki et al.,<sup>39</sup> estudaram se a FAE, em pacientes com IC e fração de ejeção reduzida, diferia entre aqueles com apneia obstrutiva e apneia central do sono. Concluíram que a apneia central reduziu significativamente as funções de reservatório e conduto, quando comparada com a apneia obstrutiva.<sup>39</sup>

O impacto negativo da hipertensão arterial sistêmica (HAS) na FAE tem sido demonstrado pela aferição do volume atrial, que pode estar aumentado, utilizando-se o método Doppler ecocardiográfico.<sup>40</sup> Contudo, este conceito foi ampliado, considerando que alterações na FAE podem ser detectadas pelo 2D STE, mesmo com o volume do AE ainda normal, sugerindo que a disfunção precede a dilatação que é registrada pelos métodos tradicionais.<sup>41</sup> Na verdade, alterações no 2D STE já foram reportadas em pacientes hipertensos, até mesmo na ausência de remodelamento ventricular ou de sinais de disfunção diastólica.<sup>42</sup>

Os dados publicados sobre o uso do 2D STE na doença isquêmica do coração são conflitantes, com estudo sugerindo valor prognóstico<sup>43</sup> e outro que, após análise multivariada, não demonstrou valor prognóstico incremental. Isto mostra que a FAE não teria papel independente, sendo apenas reflexo da função longitudinal do ventrículo esquerdo demonstrada pelo *strain* longitudinal global.<sup>44</sup> Algumas condições que podem prejudicar a FAE são a FA; as valvopatias; as doenças infiltrativas, como amiloidose; miocardiopatias dilatadas e hipertróficas; HAS; obesidade e diabetes entre outras. As principais causas de disfunção atrial estão resumidas na Tabela 4.<sup>12,37,38,40</sup>

### Cardiomiopatia atrial: como explicar as alterações precoces detectadas pelo *speckle tracking* no átrio esquerdo?

o estudo ASSERT (ASymptomatic atrial fibrillation and Stroke Evaluation in pacemaker patients and the atrial fibrillation Reduction atrial pacing Trial) investigou a relação temporal entre FA subclínica e AVC em pacientes sob monitorização contínua do ritmo via dispositivos implantados.<sup>45</sup> O resultado mostrou que os eventos de FA foram detectados 30 dias antes do AVC somente em 8% dos indivíduos, e que 16% das vítimas de AVC tiveram o primeiro evento de FA depois do AVC. Uma possível explicação para pouca relação temporal entre FA e AVC, demonstrada neste trabalho, é a presença de possíveis fatores adicionais associados à cardiomiopatia atrial, como hipocontratilidade e redução da função atrial, como contribuintes para ocorrência de AVC, que não a presença de FA.<sup>46</sup>

Uma situação que poderia ilustrar como a cardiomiopatia atrial e a respectiva redução de função poderiam contribuir para o tromboembolismo seria a representada pelos pacientes com amiloidose que, mesmo em ritmo sinusal, apresentam risco aumentado para embolias, associado à severa hipocontratilidade atrial.<sup>47</sup>

Estudo em modelo animal sugeriu que a AOS produzida artificialmente em ratos era capaz de causar desregulação da conexina-43 atrial e gerar fibrose no AE, impactando na disfunção atrial.<sup>48</sup>

**Tabela 4 – Patologias que podem afetar a função do átrio esquerdo (FAE)**

Patologia	Principal componente afetado da FAE	Vantagens
Fibrilação atrial	Redução de reservatório e conduto. Bomba ausente	Predizer manutenção do ritmo sinusal após cardioversão
Estenose mitral	Reservatório	Predizer efeito adverso (FA, sintomas, hospitalização, eventos tromboembólicos, cirurgia valvar e comissurotomia percutânea)
Regurgitação mitral	Reservatório	Predizer FA, cirurgia cardíaca, fibrose atrial e sobrevida
Estenose aórtica	Bomba	Predizer efeitos adversos
Disfunção diastólica	Conduto (estágio inicial); bomba e reservatório (estágio final)	Aumento das pressões de enchimento
Cardiomiopatia dilatada	Bomba e reservatório	Responsividade à terapia de ressincronização
Diabetes melito	Reservatório, conduto e bomba	Sinal precoce de fibrose atrial
Cardiomiopatia hipertrófica	Reservatório	Preditor de FA e início dos sintomas de ICC
Amiloidose	Reservatório	Envolvimento atrial precoce na ausência de achados ecocardiográficos clássicos
Hipertensão arterial sistêmica	Reservatório	Preditor de envolvimento miocárdico antes do aumento atrial ou da hipertrofia ventricular
Atletas	Reservatório: normal	Átrio esquerdo aumentado com função de reservatório normal para diferenciar de condições patológicas, nas quais a FAE está alterada
Apneia obstrutiva do sono	Redução de reservatório e conduto	Possível preditor de desfechos clínicos

HAS: Hipertensão Arterial Sistêmica. FA: fibrilação atrial; ICC: insuficiência cardíaca congestiva. Fonte: Adaptado de: Ancona R, et al.<sup>12</sup>; SWJ, 2014; D'Ascenzi F, et al.<sup>37</sup> JASE, 2018; Altekin RE, et al.<sup>38</sup> CRC, 2016; Cameli M, et al.<sup>40</sup>, JCM, 2016

**Tabela 5 – Tipos de cardiomiopatia atrial**

Cardiomiopatia atrial	Tipo I Cardiomiócito	Tipo II Fibrose	Tipo III Fibrose + cardiomiócito	Tipo IV Infiltrado não colágeno
Fibrilação atrial		x	x	
Amiloidose atrial				x
Distrofia muscular	x	x	x	x
ICC		x	x	x
AOS	x		x	
Droga induzida	x	x	x	x
Miocardite			x	x
Idade		x		
HAS	x	x	x	
Obesidade			x	x
Diabetes melito	x		x	x
Valvopatia	x	x	x	x

ICC: insuficiência cardíaca congestiva; AOS: apneia obstrutiva do sono; HAS: hipertensão arterial sistêmica. <sup>46</sup> Fonte: Adaptado: Guichard JB, et al., <sup>46</sup> JACC, 2017

Parâmetros de FAE, como  $\epsilon$  e SR, são inversamente proporcionais ao grau de fibrose atrial, encontrados na ressonância magnética do coração, ou seja, quanto maior o grau de fibrose, menores os valores de *speckle tracking*.<sup>49</sup>

É importante ressaltar que nem toda miocardiopatia atrial resulta da fibrose. Outros processos de remodelamento podem ocorrer. Assim, são conhecidas quatro classes de miocardiopatia atriais: cardiomiócito dependentes, fibroblasto dependentes, mistas e depósito não derivado do colágeno (Tabela 5).<sup>46</sup>

A avaliação da FAE em pacientes com sobrecarga pressórica e volumétrica do VE sugere que o aumento do volume do AE se correlaciona mais com a sobrecarga volumétrica (insuficiência mitral) que com a sobrecarga pressórica (cardiomiopatias hipertróficas, dilatadas e restritivas). A diminuição do volume atrial durante a fase de contração atrial é indicativa de distúrbios mecânicos da cavidade atrial. O *strain* longitudinal do AE e, principalmente, o SR longitudinal do AE são diminuídos nas sobrecargas pressóricas quando há elevação significativa da pressão do AE, podendo

ser indicadores desta condição quando há disfunção diastólica da cavidade ventricular esquerda.<sup>50</sup> Outros estudos<sup>51,52</sup> mostram correlação entre a diminuição do *strain* longitudinal do AE na fase de reservatório (*strain* máximo) e o aumento da pressão do AE. Ainda, há evidência da correlação entre a onda E do fluxo mitral e a onda e' do Doppler tecidual do anel mitral (aumento da relação E/e') e a diminuição do *strain* longitudinal máximo do AE em pacientes com miocardiopatia e disfunção diastólica, com aumento da pressão do AE, na fase crônica da infecção por vírus Chikungunya.<sup>52</sup>

### Conclusão

A avaliação da função atrial esquerda pelo 2D STE tem se mostrado ferramenta promissora nos últimos anos. Contudo, grandes estudos prospectivos são necessários para confirmação do valor incremental do 2D STE para os desfechos clínicos. A padronização do método também é uma necessidade, considerando que os trabalhos têm utilizado diferentes métodos para o registro do *speckle tracking* atrial, desde o ponto de referência a ser considerado, até o número de janelas ecocardiográficas em que as imagens serão gravadas. Como perspectiva para trabalhos futuros, seria interessante uniformizar os valores de referência, corrigidos para sexo e idade, bem como o desenvolvimento de ensaios clínicos para avaliar o impacto de terapias na reversão do remodelamento atrial e dos desfechos clínicos.

### Referências

1. Tsang TSM, Barnes ME, Gersh BJ, Bailey KR, Seward JB. Risks for atrial fibrillation and congestive heart failure in patients  $\geq 65$  years of age with abnormal left ventricular diastolic relaxation. *Am J Cardiol.* 2004;93(1):54–58.
2. Tsang TSM, Gersh BJ, Appleton CP, Tajik AJ, Barnes ME, Bailey KR, et al. Left ventricular diastolic dysfunction as a predictor of the first diagnosed nonvalvular atrial fibrillation in 840 elderly men and women. *J Am Coll Cardiol* 2002;40(9):1636–44.
3. Benjamin EJ, D'Agostino RB, Belanger AJ, Wolf PA, Levy D. Left atrial size and the risk of stroke and death. The Framingham Heart Study. *Circulation.* 1995;92(4):835–41.
4. Hoit BD. Left atrial size and function: role in prognosis. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63(6):493–505.
5. Modena MG, Muia N, Sgura FA, Molinari R, Castella A, Rossi R. Left atrial size is the major predictor of cardiac death and overall clinical outcome in patients with dilated cardiomyopathy: a long-term follow-up study. *Clin Cardiol.* 1997;20(6):553–60.
6. Delgado V, Di Biase L, Leung M, Romero J, Tops LF, Casadei B, et al. Structure and function of the left atrium and left atrial appendage: AF and Stroke Implications. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70(25):3157–72.
7. Tsang TS, Barnes ME, Bailey KR, Leibson CL, Montgomery SC, Takemoto Y, et al. Left atrial volume: important risk marker of incident atrial fibrillation in 1655 older men and women. *Mayo Clin Proc.* 2001;76(5):467–75.
8. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzal J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: an update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28(1):1-39.e14.
9. Bansal M, Kasliwal RR. Echocardiography for left atrial appendage structure and function. *Indian Heart J.* 2012; 64(5):469-75.
10. Hsiao S-H, Chiou K-R. Left atrial expansion index predicts all-cause mortality and heart failure admissions in dyspnoea. *Eur J Heart Fail.* 2013;15(11):1245–52.
11. Burckhardt BC. Speckle in ultrasound B-mode scans. *IEEE Trans Sonics Ultrason.* 1978;(1–25):1–6.
12. Ancona R, Comenale Pinto S, Caso P, D'Andrea A, Di Salvo G, Arenga F, et al. Left atrium by echocardiography in clinical practice: from conventional methods to new echocardiographic techniques. *ScientificWorldJournal.* 2014;ID 451042.
13. Leitman M, Lysyansky P, Sidenko S, Shir V, Peleg E, Binenbaum M, et al. Two-dimensional strain—a novel software for real-time quantitative echocardiographic assessment of myocardial function. *J Am Soc Echocardiogr.* 2004;17(10):1021–9.
14. 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.
15. Blume GG, Mcleod CJ, Barnes ME, Seward JB, Pellikka PA, Bastiansen PM, et al. Left atrial function: physiology, assessment, and clinical implications. *Eur J Echocardiogr J Work Group Echocardiogr Eur J Echocardiogr.* 2011;12(6):421–30.
16. Paul B. Left atrial volume. A new index in echocardiography. *JAPI.* 2009; 57:463-5.
17. Heimdal A, Stoylen A, Torp H, Skjaerpe T. Real-time strain rate imaging of the left ventricle by ultrasound. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998; 11:1013–9.

### Agradecimentos

Ao Drs. Eugênio Soares de Albuquerque, Simone Cristina Soares Brandão e Dário Celestino Sobral Filho, pelas sugestões durante a construção da ideia que nos levou a este trabalho de revisão.

### Contribuição dos autores

Concepção e desenho do trabalho: Medeiros MA, Pedrosa RP, Silveira ACM, Castillo JM; Obtenção de dados: Medeiros MA, Pedrosa RP, Castillo JM; Redação do manuscrito: Medeiros MA, Castillo JM. Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Castillo JM.

### Potencial conflitos de interesse

Declaro não haver conflitos de interesse pertinentes.

### Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento.

### Vinculação Acadêmica

Este estudo está vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Pernambuco e teve origem a partir de uma dissertação de Mestrado.

18. Gorcsan J 3rd, Tanaka H. Echocardiographic assessment of myocardial strain. *J Am Coll Cardiol*. 2011;58(14):1401–13.
19. Bohs LN, Trahey GE. A novel method for angle independent ultrasonic imaging of blood flow and tissue motion. *IEEE Trans Biomed Eng*. 1991;38(3):280–6.
20. Notomi Y, Lysyansky P, Setser RM, Shiota T, Popovic ZB, Martin-Miklovic MG, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(12):2034–41.
21. To ACY, Flamm SD, Marwick TH, Klein AL. Clinical utility of multimodality LA imaging: assessment of size, function, and structure. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011;4(7):788–798.
22. Mor-Avi V, Lang RM, Badano LP, Belohlavek M, Cardim NM, Derumeaux G, et al. Current and evolving echocardiographic techniques for the quantitative evaluation of cardiac mechanics: ASE/EAE consensus statement on methodology and indications endorsed by the Japanese Society of Echocardiography. *Eur J Echocardiogr*. 2011;12(3):167–205.
23. Cameli M, Caputo M, Mondillo S, Ballo P, Palmerini E, Lisi M, et al. Feasibility and reference values of left atrial longitudinal strain imaging by two-dimensional speckle tracking. *Cardiovasc Ultrasound*. 2009 Feb 09;7:6.
24. Rimbas RC, Dulgheru RE, Vinereanu D. Methodological gaps in left atrial function assessment by 2D Speckle Tracking Echocardiography. *Arq Bras Cardiol*. 2015;105(6):625–36.
25. Rimbăș R, Mihaila S, Vinereanu D. Sources of variation in assessing left atrial functions by 2D speckle-tracking echocardiography. *Heart Vessels*. 2016;31(3):370–81.
26. Olsen FJ, Bertelsen L, de Knecht MC, Christensen TE, Vejstrup N, Svendsen JH, et al. Multimodality Cardiac Imaging for the Assessment of Left Atrial Function and the Association With Atrial Arrhythmias. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2016;9(10):e004947.
27. Demir M, Aktas I, Camci S. Left atrial mechanical function and stiffness in patients with atrial septal aneurysm: a speckle tracking study. *Cardiol J*. 2015;22(5):535–40.
28. Yuda S, Muranaka A, Miura T. Clinical implications of left atrial function assessed by speckle tracking echocardiography. *J Echocardiogr*. 2016;14(3):104–12.
29. Donal E, Lip GYH, 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.
30. Motoki H, Dahiya A, Bhargava M, Wazni OM, Saliba WJ, Marwick TH, et al. Assessment of left atrial mechanics in patients with atrial fibrillation: comparison between two-dimensional speckle-based strain and velocity vector imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25(4):428–35.
31. 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.
32. Cameli M, Lisi M, Focardi M, Reccia R, Natali BM, Sparla S, et al. Left atrial deformation analysis by speckle tracking echocardiography for prediction of cardiovascular outcomes. *Am J Cardiol* 2012;110(2):264–9.
33. Ancona R, Comenale Pinto S, Caso P, Di Salvo G, Severino S, D'Andrea A, 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.
34. Debonnaire P, Leong DP, Witkowski TG, Al Amri I, Joyce E, Katsanos S, et al. Left atrial function by two-dimensional speckle-tracking echocardiography in patients with severe organic mitral regurgitation: association with guidelines-based surgical indication and postoperative (long-term) survival. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(9):1053–62.
35. Koslowsky J, Gilon D, Stessman J, Jacobs J, Leibowitz D. Left atrial function and mortality in the elderly. *Eur Heart J*. 2017;38(suppl\_1):ehx502.P2079-ehx502.P2079.
36. Agoston G, Gargani L, Miglioranza MH, Caputo M, Badano LP, et al. Left atrial dysfunction detected by speckle tracking in patients with systemic sclerosis. *Cardiovasc Ultrasound* 2014 Aug 5 ;12:30.
37. D'Ascenzi F, Anselmi F, Focardi M, Mondillo S. Atrial enlargement in the athlete's heart: assessment of atrial function may help distinguish adaptive from pathologic remodeling. *J Am Soc Echocardiogr*. 2018;31(2):148–57.
38. Altekin RE, Yanikoglu A, Karakas MS, Ozel D, Kucuk M, Yilmaz H, et al. Assessment of left atrial dysfunction in obstructive sleep apnea patients with the two dimensional speckle-tracking echocardiography. *Clin Res Cardiol*. 2012;101(6):403–15.
39. Haruki N, Tsang W, Thavendiranathan P, Woo A, Tomlinson G, Logan AG, et al. Sleep Apnea and Left Atrial Phasic Function in Heart Failure With Reduced Ejection Fraction. *Can J Cardiol* 2016;32(12):1402–10.
40. Cameli M, Ciccone MM, Maiello M, Modesti PA, Muiesan ML, Scicchitano P, et al. Speckle tracking analysis: a new tool for left atrial function analysis in systemic hypertension: an overview. *J Cardiovasc Med (Hagerstown)* 2016;17(5):339–43.
41. Mondillo S, Cameli M, Caputo ML, Lisi M, Palmerini E, Padeletti M, et al. Early detection of left atrial strain abnormalities by speckle-tracking in hypertensive and diabetic patients with normal left atrial size. *J Am Soc Echocardiogr* .2011;24(8):898–908.
42. Cameli M, Righini F, Benincasa S. Left atrial strain in patients with arterial hypertension early effects of arterial hypertension: left atrial deformation analysis by two-dimensional speckle tracking echocardiography - Semantic Scholar [Internet]. 2013 [Citado 4 de junho de 2018]. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Left-atrial-strain-in-patients-with-arterial-early-Cameli-Righini/e0e3414d4bd42c7ef8b6e80c4a6d825161c79aab>
43. Antoni ML, ten Brinke EA, Atary JZ, Marsan NA, Holman ER, Schali J MJ, et al. Left atrial strain is related to adverse events in patients after acute myocardial infarction treated with primary percutaneous coronary intervention. *Heart* . 2011;97(16):1332–7.
44. Erbsoll M, Andersen MJ, Valeur N, Mogensen UM, Waziri H, Moller JE, et al. The prognostic value of left atrial peak reservoir strain in acute myocardial infarction is dependent on left ventricular longitudinal function and left atrial size. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6(1):26–33.
45. Brambatti M, Connolly SJ, Gold MR, Morillo CA, Capucci A, Muto C, et al. Temporal relationship between subclinical atrial fibrillation and embolic events. *Circulation*. 2014;129(21):2094–9.
46. Guichard J-B, Nattel S. Atrial cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol* 2017;70(6):756–65.
47. Hausfater P, Costedoat-Chalumeau N, Amoura Z, Czacou P, Papo T, Grateau C, et al. AL cardiac amyloidosis and arterial thromboembolic events. *Scand J Rheumatol* 2005;34(4):315–9.
48. Iwasaki Y-K, Kato T, Xiong F, Shi Y-F, Naud P, Maguy A, et al. Atrial fibrillation promotion with long-term repetitive obstructive sleep apnea in a rat model. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64(19):2013–23.
49. 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. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2010;3(3):231–9.
50. Henein MY, Holgren A, Lindqvist P. Left atrial function in volume and pressure overloaded left atrium. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2015;31(5):659–65 Kurt M, Wang J, Torre-Amione G, Nagueh SF. Left atrial function in diastolic heart failure. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(1):10–5.
51. Wakami K, Ohte N, Asada K, Fukuta H, Goto T, et al. Correlation between left ventricular end-diastolic pressure and peak left atrial wall strain during left ventricular systole. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22(7):847–51.
52. Del Castillo JM, Alencar GMP, Nóbrega MVD, Mazzarollo C, Diniz JV, Albuquerque E S, et al. Avaliação ecocardiográfica das alterações ecocardiográficas tardias provocadas pela febre Chicungunya. *Arq Bras Cardiol Imagem Cardiovasc*. 2018;31(3):183–90.