

Aplicações do *Strain* e *Strain Rate* na Avaliação da Função Diastólica do Ventrículo Esquerdo

Applications of Strain And Strain Rate in the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function

José Maria Del Castillo^{1,2}, Carlos Mazzarollo^{1,2}, Waldemiro Carvalho^{1,3}, Jonny Vitor Diniz^{1,2}, Katarina Barros Oliveira^{1,2}, Deborah Costa Lima Araujo^{1,2}, Eugenio Soares Albuquerque^{1,2}

¹Escola de Ecografia de Pernambuco, Recife, PE; ²Universidade Católica de Pernambuco, Recife, PE; ³Hospital de Messejana, Fortaleza, CE – Brasil

Resumo

A análise da função diastólica utilizando a ecocardiografia convencional (método bidimensional, Doppler espectral e Doppler tecidual) pode não determinar alguns casos de disfunção diastólica ou elevação da pressão do átrio esquerdo. Os parâmetros que estudam a deformação miocárdica (*strain rate* e *strain* longitudinal do átrio esquerdo) podem auxiliar no diagnóstico. Descrevem-se aqui os métodos do *strain rate* diastólico durante o tempo de relaxamento isovolumétrico e no pico do enchimento, a taxa de torção apical e o *strain* longitudinal máximo do átrio esquerdo, analisando suas aplicações e vantagens.

Introdução

As alterações da função ventricular, sistólica e diastólica cumprem importante papel entre os fatores que determinam o prognóstico das doenças cardiovasculares. Tem sido observado também que pacientes com disfunção diastólica e Fração de Ejeção (FE) preservada apresentam evolução desfavorável assim como pacientes com FE deprimida.¹ Para entender o estado atual das recomendações sobre disfunção diastólica, é necessário dividir os pacientes em dois grandes grupos: com Pressão do Átrio Esquerdo (PAE) normal, que é a forma mais leve, e com PAE aumentada, na qual os pacientes são mais sintomáticos e têm pior prognóstico.²

A função ventricular é consequência dos mecanismos que regulam a contratilidade miocárdica, determinados pela conformação helicoidal do coração, que gera os movimentos de torção e contratorção.³ As funções ventricular sistólica e diastólica estão intimamente interligadas, trabalhando o miocárdio durante o ciclo cardíaco, de forma contínua e ininterrupta. Assim, identificamos, como função miocárdica normal, aquela que mantém o débito cardíaco adequado em todas as condições de atividade, deixando as pressões de enchimento e esvaziamento das cavidades dentro de

limites normais, conforme a idade do paciente e as condições fisiológicas às quais ele está habituado. Dessa forma, as condições de normalidade diferem entre jovens, idosos, sedentários e não sedentários.

A função diastólica é aquela que regula o enchimento ventricular, que, inicialmente, ocorre pelo mecanismo de contratorção, no qual a contração do segmento ascendente da banda apical ventricular tende a destorcer o ventrículo, promovendo rápida queda da pressão intraventricular, sem alteração do volume (Tempo de Relaxamento Isovolumétrico – TRIV), criando um gradiente pressórico negativo entre a base e o ápice do Ventrículo Esquerdo (VE).⁴ A queda da pressão intraventricular entre o fechamento da valva aórtica e a abertura da valva mitral ocorre de forma linear conforme o tempo, sendo conhecida como constante tau (τ). Assim que a pressão intraventricular cai abaixo da PAE, a valva mitral abre, e a pressão negativa intraventricular rapidamente aspira o sangue contido na cavidade atrial durante o enchimento ventricular rápido. Neste momento, o miocárdio ventricular sofre um processo de rápida contratorção, conhecido como *untwisting*. A seguir, ocorre a fase passiva da diástole, que culmina com a contração atrial e cuja relação pressão-volume depende da complacência das paredes do VE. Correlacionando estas observações com o regime de pressões intracavitárias, a Figura 1 resume esta relação.⁵

A disfunção diastólica, quando avaliada pela ecocardiografia Doppler convencional, é dividida em três tipos: grau 1 ou relaxamento alterado, na qual a PAE é normal; grau 2 ou pseudonormal, na qual o fluxo mitral parece normal, mas existem sinais de aumento da PAE; e grau 3, restritiva, na qual há sinais claros de aumento da PAE. Denomina-se indeterminada a forma em que a disfunção diastólica e nem a elevação da PAE não podem ser determinadas.

A recomendação mais recente sobre função diastólica⁶ separa os métodos utilizados para a aferir em principais, secundários e novos índices.

Métodos ecocardiográficos principais para avaliação da função diastólica

Entre os parâmetros principais, a fluxometria Doppler mitral é o método que deve ser utilizado em primeiro lugar para avaliar a função diastólica, mas pode ser insuficiente para definir a real situação do paciente, devendo frequentemente ser utilizados outros métodos de mensuração. Em adultos jovens, o Doppler mitral apresenta, após a abertura mitral, um rápido aumento da velocidade do fluxo (segmento D-E), culminando na onda E. A velocidade desta onda,

Palavras-chave

Disfunção Ventricular; Strains; Pressão Sistólica; Pressão Diastólica.

Correspondência: José Maria Del Castillo •

Rua Jorge de Lima, 245, apto. 303, Salute, Imbiribeira. CEP: 51160-070, Recife, PE – Brasil.

E-mail: castillojmd@gmail.com

DOI: 10.5935/2318-8219.20190023

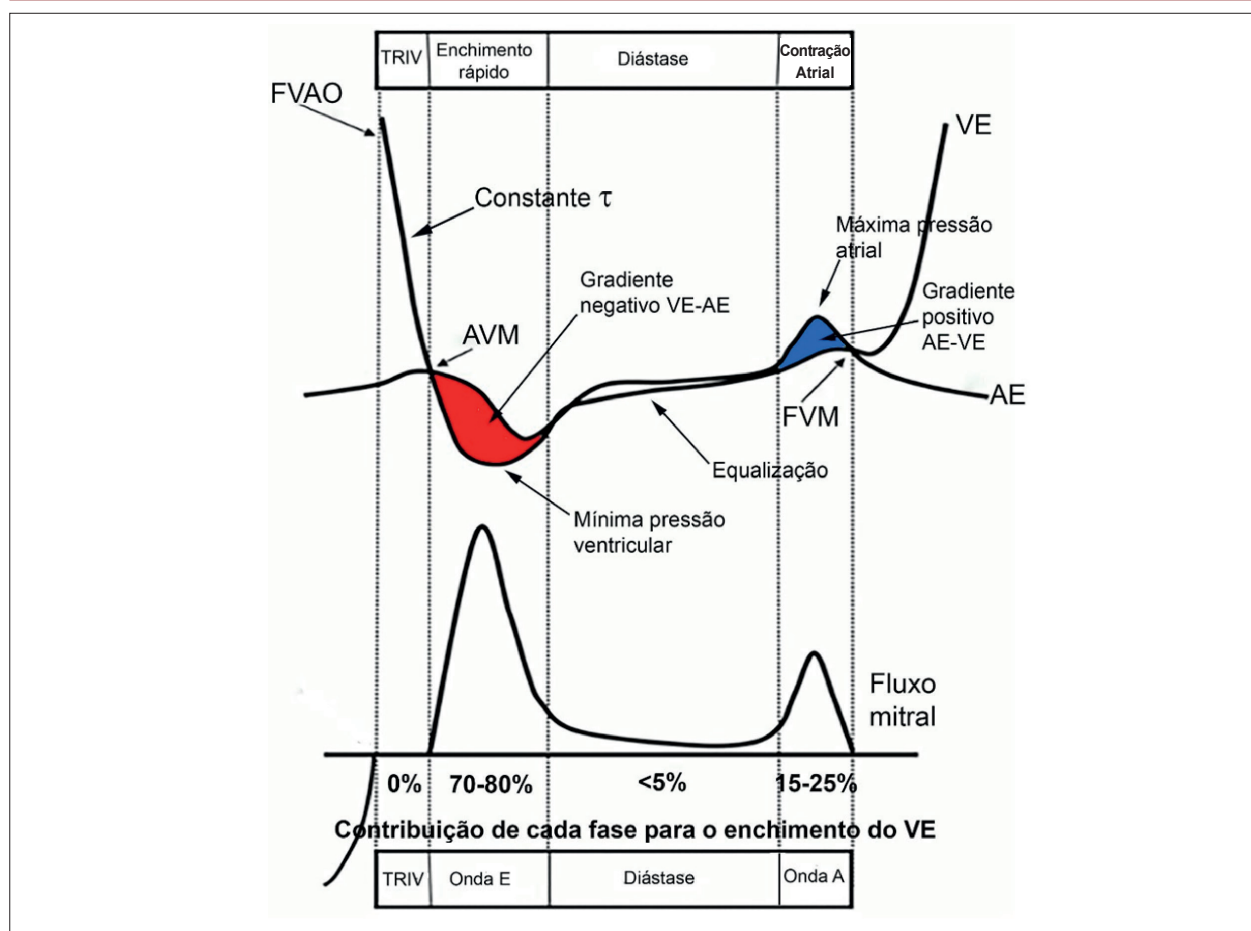


Figura 1 – Representação esquemática da fase diastólica ventricular. Observam-se as pressões diastólicas ventricular e atrial. Em vermelho, o gradiente entre o ventrículo esquerdo (VE) e o átrio esquerdo (AE), negativo, que promove o enchimento ventricular rápido. Em azul, o gradiente entre o AE e o VE, positivo, que completa o enchimento ventricular com a contração atrial. Observam-se as fases da diástole e a contribuição de cada fase para o enchimento ventricular. FVAO: fechamento da válvula aórtica; AVM: abertura da válvula mitral; FVM: fechamento da válvula mitral; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico.

entretanto, diminui significativamente com a idade, podendo ser inferior a 50 cm/s e a relação E/A inferior a 0,8 em indivíduos acima dos 60 anos. Em jovens, ao contrário, a relação E/A frequentemente é superior a 2,0.⁷ Isto quer dizer que a faixa etária cumpre papel fundamental na análise da função diastólica.

Outro recurso principal utilizado para aferir a função diastólica é o Doppler Tecidual (TDI) do anel mitral, cuja onda e' representa a velocidade da contração ventricular. A velocidade é maior no anel lateral que no anel septal e corresponde à velocidade com que esta região se movimenta ao longo da linha do Doppler.⁸ A velocidade do anel mitral pode ser influenciada por restrições extrínsecas, como ocorre na pericardite, na qual se observa inversão das velocidades septal e lateral.⁹ Segundo as atuais recomendações, os valores normais são > 10 cm/s para o anel lateral e > 7 cm/s para o anel septal, mas estes valores são questionados, pois, em faixas etárias mais elevadas, as velocidades podem ser inferiores. Mitter et al.¹⁰ propõem valores normais para o anel lateral > 10 cm/s para idades inferiores a 55 anos, > 9 cm/s para idades entre 55 e 65 anos, e > 8 cm/s para indivíduos

maiores de 65 anos. A velocidade da onda e' deve ser relacionada com a velocidade da onda E do fluxo mitral. A atual recomendação estabelece os seguintes valores normais: relação E/e' lateral < 13; relação E/e' septal < 15; relação E/e' média < 14. Valores superiores são indicativos de aumento da PAE. O estudo de Mitter et al. propõe a seguinte relação: relação E/e' < 8 corresponde à PAE realmente normal; relação E/e' de 8 a 12 indica PAE indeterminada; relação E/e' > 12 indica aumento da PAE.

O volume do AE é, sem dúvida, importante indicador de aumento das pressões atrial, ventricular diastólica e Capilar Pulmonar (PCP), sendo considerado, pela recomendação atual sobre função diastólica,⁶ o método principal para sua avaliação. Sua aferição é de fácil realização e devem ser utilizadas as abordagens apicais de 4 câmaras e de 2 câmaras, no final da sístole ventricular, excluindo-se o apêndice atrial e a desembocadura das veias pulmonares. Sua indexação para a superfície corporal é fundamental para a correta análise. Existem, entretanto, discordâncias quanto ao seu valor limite. Até a recomendação de 2009, o volume indexado do AE considerado normal era até 28 mL/m²,⁷ e volume

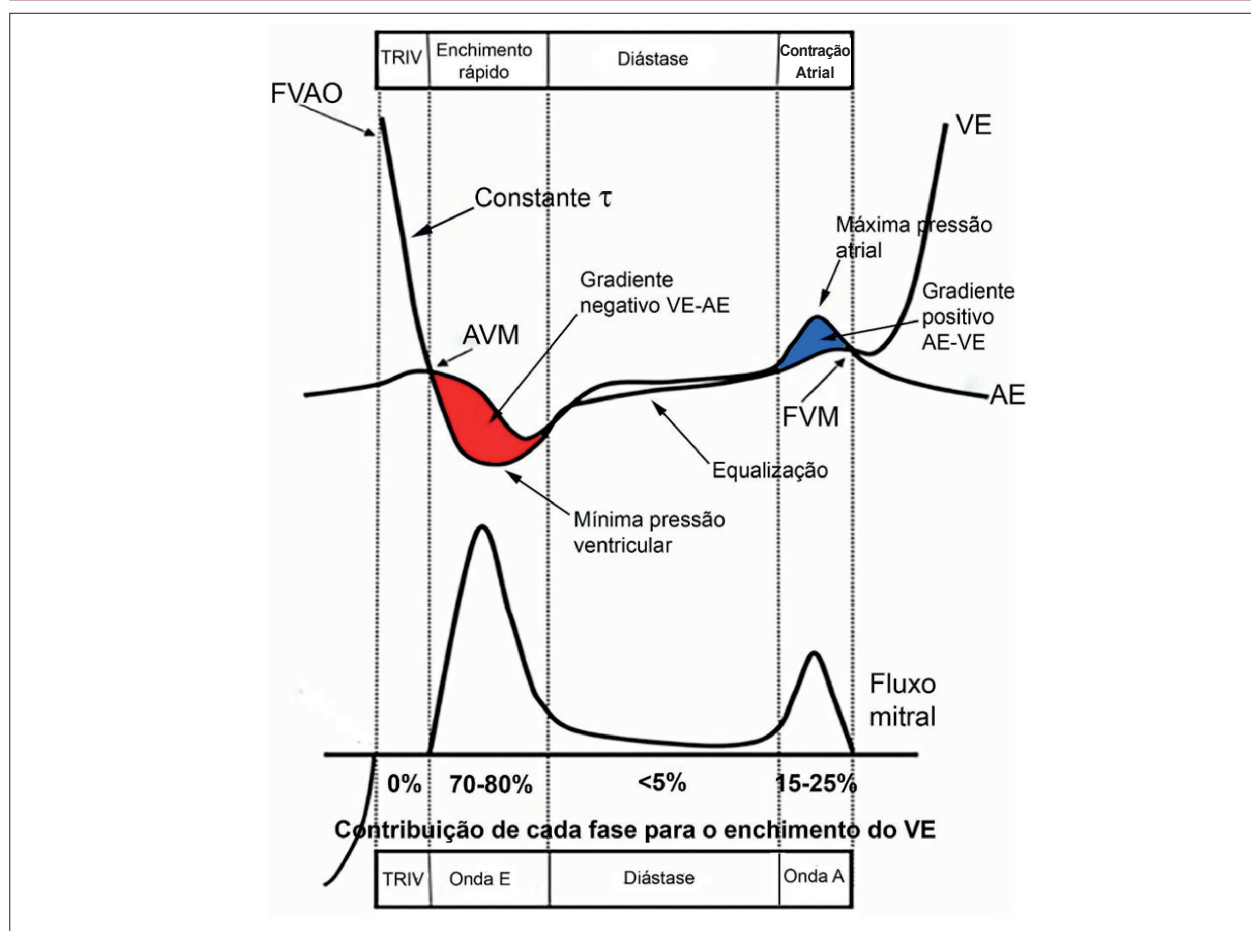


Figura 1 – Representação esquemática da fase diastólica ventricular. Observam-se as pressões diastólicas ventricular e atrial. Em vermelho, o gradiente entre o ventrículo esquerdo (VE) e o átrio esquerdo (AE), negativo, que promove o enchimento ventricular rápido. Em azul, o gradiente entre o AE e o VE, positivo, que completa o enchimento ventricular com a contração atrial. Observam-se as fases da diástole e a contribuição de cada fase para o enchimento ventricular. FVAO: fechamento da válvula aórtica; AVM: abertura da válvula mitral; FVM: fechamento da válvula mitral; TRIV: tempo de relaxamento isovolumétrico.

entretanto, diminui significativamente com a idade, podendo ser inferior a 50 cm/s e a relação E/A inferior a 0,8 em indivíduos acima dos 60 anos. Em jovens, ao contrário, a relação E/A frequentemente é superior a 2,0.⁷ Isto quer dizer que a faixa etária cumpre papel fundamental na análise da função diastólica.

Outro recurso principal utilizado para aferir a função diastólica é o Doppler Tecidual (TDI) do anel mitral, cuja onda e' representa a velocidade da contração ventricular. A velocidade é maior no anel lateral que no anel septal e corresponde à velocidade com que esta região se movimenta ao longo da linha do Doppler.⁸ A velocidade do anel mitral pode ser influenciada por restrições extrínsecas, como ocorre na pericardite, na qual se observa inversão das velocidades septal e lateral.⁹ Segundo as atuais recomendações, os valores normais são > 10 cm/s para o anel lateral e > 7 cm/s para o anel septal, mas estes valores são questionados, pois, em faixas etárias mais elevadas, as velocidades podem ser inferiores. Mitter et al.¹⁰ propõem valores normais para o anel lateral > 10 cm/s para idades inferiores a 55 anos, > 9 cm/s para idades entre 55 e 65 anos, e > 8 cm/s para indivíduos

maiores de 65 anos. A velocidade da onda e' deve ser relacionada com a velocidade da onda E do fluxo mitral. A atual recomendação estabelece os seguintes valores normais: relação E/e' lateral < 13; relação E/e' septal < 15; relação E/e' média < 14. Valores superiores são indicativos de aumento da PAE. O estudo de Mitter et al. propõe a seguinte relação: relação E/e' < 8 corresponde à PAE realmente normal; relação E/e' de 8 a 12 indica PAE indeterminada; relação E/e' > 12 indica aumento da PAE.

O volume do AE é, sem dúvida, importante indicador de aumento das pressões atrial, ventricular diastólica e Capilar Pulmonar (PCP), sendo considerado, pela recomendação atual sobre função diastólica,⁶ o método principal para sua avaliação. Sua aferição é de fácil realização e devem ser utilizadas as abordagens apicais de 4 câmaras e de 2 câmaras, no final da sístole ventricular, excluindo-se o apêndice atrial e a desembocadura das veias pulmonares. Sua indexação para a superfície corporal é fundamental para a correta análise. Existem, entretanto, discordâncias quanto ao seu valor limite. Até a recomendação de 2009, o volume indexado do AE considerado normal era até 28 mL/m²,⁷ e volume

≥ 34 mL/m² era considerado preditor independente de morte, insuficiência cardíaca, fibrilação atrial e acidente vascular cerebral isquêmico.¹¹ Em 2015, na nova diretriz sobre quantificação de cavidades,¹² o valor normal foi aumentado para 34 mL/m², critério seguido pela atual recomendação sobre função diastólica. Mitter et al.,¹⁰ entretanto, sugerem manter o valor de 28 mL/m² e sustentam que valores maiores estão associados à disfunção diastólica. O refluxo mitral em pacientes com ou sem disfunção diastólica provoca dilatação do AE, podendo induzir a interpretações errôneas.

O fluxo de veias pulmonares é outra aferição considerada principal. A obtenção do fluxo da veia pulmonar direita inferior¹³ desde a posição apical de 4 câmaras é dependente da qualidade da imagem ecocardiográfica, pois a profundidade em que se deve posicionar o volume-amostra do Doppler pulsátil costuma ser grande. Por esse motivo, às vezes, o traçado não é satisfatório. Como durante a diástole veias pulmonares, AE e VE formam uma câmara comunicante, alterações diastólicas podem ser aferidas por esse fluxo. Em condições normais, a relação entre as ondas S/D é maior que 1 ($S > D$), e o fluxo reverso atrial tem velocidade < 35 cm/s e duração até 30 ms maior que a duração da onda A mitral. Em jovens, ainda, a relação S/D pode ser inferior a 1.

Outro parâmetro considerado principal pela atual recomendação sobre função diastólica⁶ é a velocidade de refluxo tricúspide. Devido ao aumento da PAE e, portanto, da PCP, verifica-se aumento da resistência vascular pulmonar, uma consequência da vasoconstrição arteriolar pulmonar reacional. Isto provoca remodelamento do Ventrículo Direito (VD) com hipertrofia, dilatação e aumento da pressão sistólica da cavidade e, habitualmente, refluxo valvar tricúspide, cuja velocidade corresponde ao gradiente pressórico sistólico entre o VD e o Átrio Direito (AD). A pressão do VD normal é de até 31 mmHg (correspondente a uma velocidade de refluxo tricúspide de 2,8 m/s). Valores superiores, na presença de disfunção diastólica do VE, são considerados indicativos de aumento da PAE. Este parâmetro deve ser utilizado com cautela na presença de doença pulmonar ou valvopatia que possam aumentar a pressão pulmonar.

A manobra de Valsalva, outra aferição principal, consiste em forçar a expiração com a boca e o nariz fechados durante pelo menos 10 segundos e está destinada a aumentar a pressão intratorácica e, como consequência, diminuir o retorno venoso sistêmico e pulmonar. A redução do retorno venoso pulmonar provoca diminuição da PAE e, assim, da pressão diastólica do VE e da PCP. A resposta deve variar conforme exista ou não disfunção diastólica: indivíduos normais respondem com diminuição global do fluxo mitral, ou seja, com diminuição por igual da velocidade das ondas E e A. Pacientes com disfunção diastólica e PAE elevada devem ter essa pressão diminuída, melhorando tal disfunção, o que provoca redução da velocidade da onda E e aumento da onda A, transformando-se em uma disfunção de grau 1. A manobra de Valsalva é um bom método para desmascarar disfunção diastólica com aumento da PAE, mas tem o inconveniente de sua execução na prática: muitos pacientes não conseguem sustentar a manobra pelo tempo mínimo recomendado, e outros nem sequer conseguem iniciar a manobra.

Métodos ecocardiográficos secundários para avaliação da função diastólica

A Velocidade de Propagação (VP) do fluxo intraventricular, ou modo M a cores do fluxo da via de entrada do VE, registra a progressão da coluna sanguínea da região do anel mitral até o ápice da cavidade, na fase de enchimento ventricular rápido. Responde a um complexo mecanismo, no qual a distribuição espaço-temporal da velocidade do fluxo intraventricular é regida pela equação hidrodinâmica de Euler,¹⁴ que correlaciona pressão, espaço, tempo e velocidade, representando o enchimento ventricular rápido, devido à pressão negativa intraventricular provocada pela contratorção da banda helicoidal. Sua relação com a onda E mitral ($E/VP > 2,5$ em pacientes com FE deprimida correlaciona-se razoavelmente com PCP > 15 mmHg, mas não deve ser usada em pacientes com FE preservada.⁶

Outra medida secundária é o TRIV, que corresponde ao intervalo entre o fechamento valvar aórtico e a abertura valvar mitral, em que a contratorção ventricular provoca a rápida diminuição da pressão intracavitária, sem modificação de volume, e gera a denominada constante τ . A determinação do TRIV deve ser realizada com Doppler contínuo desde as posições apicais de 3 câmaras ou 5 câmaras, colocando a linha Doppler entre a via de saída do ventrículo esquerdo (VSVE) e a valva mitral, de forma a registrar simultaneamente ambos os fluxos. Este tempo varia consideravelmente com a idade, sendo os valores de referência observados na Tabela 1.

Outro método secundário, segundo a atual recomendação sobre função diastólica,⁶ é o intervalo TE-e'. Este cálculo, que identifica PCP > 12 mmHg com sensibilidade de 95% e especificidade de 88% em pacientes com fibrilação atrial, relaciona o tempo entre a onda R do Eletrocardiograma (ECG) e o início da onda E mitral (TE), que é subtraído do tempo entre a onda R do ECG e o início da onda e' do Doppler tecidual do anel mitral.¹⁵ A aferição deve ser muito precisa, necessitando do registro simultâneo do Doppler de fluxo mitral e do Doppler tecidual do anel mitral, o que limita sua utilização prática.

Novos métodos ecocardiográficos para avaliação da função diastólica

Os novos índices ecocardiográficos para detecção da disfunção diastólica utilizam os parâmetros de deformação miocárdica e são citados na recomendação como potencialmente úteis, mas ainda sem suficientes evidências para sua utilização de rotina.⁶ Normalmente, pacientes com disfunção diastólica e diminuição da FE apresentam diminuição

Tabela 1 – Valores de referência para o tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV) estimado pelo Doppler espectral.

	Grupo etário, anos			
	16-20	21-40	41-60	>60
TRIV, milissegundos	50±9 (32-68)	67±8 (51-83)	74±7 (60-88)	87±7 (73-101)

Fonte: adaptado de Nagueh SF et al. J Am Soc Echocardiogr 2009; 22(2):107.

do Strain Longitudinal Global (SLG) do VE, mas, devido à dispersão dos resultados, não se recomenda usar este índice para detectar disfunção diastólica. O strain rate diastólico, durante o TRIV, e o strain rate diastólico precoce da onda e' apresentam maior correlação com a disfunção diastólica, e ambos analisam o período de contratorção ventricular. Outro índice potencialmente útil é a taxa de contratorção, calculada durante a aferição do untwisting, ou torção apical do VE. Menciona-se, também, o strain longitudinal do AE, que se correlaciona com a pressão atrial esquerda.

Strain rate durante o tempo de relaxamento isovolumétrico

O strain rate afere o tempo empregado para se produzir a deformação miocárdica (strain), é expresso em s^{-1} e representa a eficiência da deformação. Sua determinação deve ser realizada durante a fase isovolumétrica (Figura 2), mas pode apresentar o inconveniente de precisar determinar o fechamento da valva aórtica, ponto no qual é calculado o Strain Rate Durante o TRIV (SR_{TRIV}).¹⁶ Isto pode limitar, em parte, seus resultados, pois o fechamento aórtico varia nos diferentes ciclos cardíacos e nas diversas projeções ecocardiográficas, principalmente se houver arritmia ou fibrilação atrial. Sua relação com a onda E mitral (E/SR_{TRIV}) acrescenta sensibilidade, porém não parece ser superior à relação E/e' . Em estudo experimental realizado em cães e também complementado com cateterismo direito em 50 pacientes, foi observado que o SR_{TRIV} apresentou forte correlação com a constante τ (queda da pressão intraventricular durante o período de relaxamento isovolumétrico), com $r = -0,83$ e

$p = 0,001$, e que a relação E/SR_{TRIV} mostrou a melhor correlação com a PCP ($r = 0,79$ e $p = 0,001$), sendo mais útil quando a relação E/e' média estava entre 8 e 15, considerada intermediária ou indeterminada.¹⁷ Um estudo intraoperatório recente, em pacientes que realizaram revascularização miocárdica, comparando a PCP com o strain rate durante o TRIV (SR_{TRIV}), mostrou que o SR_{TRIV} é superior à relação E/e' para estimar PCP > 15 mmHg (curva Característica de Operação do Receptor – COR 0,94 vs. 0,47).¹⁸

Strain rate diastólico precoce

A taxa de deformação obtida no pico da onda e' é de mais fácil obtenção, mas parece se correlacionar menos eficientemente com a disfunção diastólica do que o SR_{TRIV} . Sua relação com a onda E mitral ($E/\text{Strain rate diastólico precoce} - SRe$) mostra, ainda, resultados não superiores aos obtidos com a relação E/e' . (Figura 2)¹⁶

Em estudo recente,¹⁹ o SRe inferior a $1,0 s^{-1}$, utilizando o método estatístico COR, a Área Sob a Curva (ASC) de 0,95, com $p < 0,0001$, separou, com boa sensibilidade (83,9%) e excelente especificidade (100%), indivíduos normais de pacientes com diversos graus de disfunção diastólica, permitindo reclassificar 92% dos pacientes com disfunção diastólica indeterminada para função diastólica normal (48%), disfunção diastólica grau 1 (40%) e disfunção diastólica grau 2 (4%), permanecendo 8% na forma indeterminada.

Um estudo em pacientes com infarto agudo do miocárdio em seguimento de 29 meses evidenciou que uma relação $E/SRe > 1,25$ se correlacionou com maior índice de

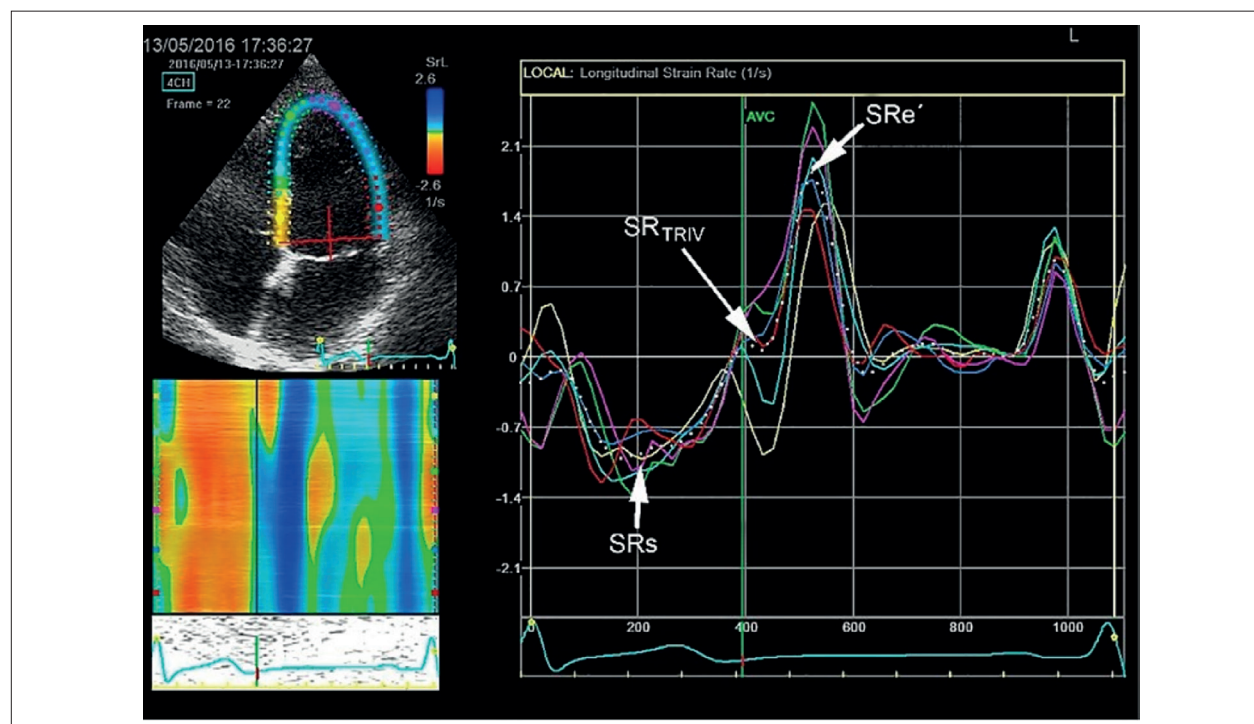


Figura 2 – Determinação do strain rate obtido desde a posição de 4 câmaras apical. No traçado, observam-se os seguintes componentes: strain rate sistólico (SRs), strain rate durante o tempo de relaxamento isovolumétrico (SR_{TRIV}), strain rate diastólico precoce (SRe'). AVC: fechamento da valva aórtica.

complicações pós-infarto, como morte, insuficiência cardíaca, acidente vascular cerebral e fibrilação atrial, indicando ainda que, quando acrescentados dados clínicos, a relação E/e' e o tempo de desaceleração mitral < 140 ms, o valor incremental do método foi altamente significativo.²⁰ Outro estudo realizado em 120 pacientes com doença arterial coronariana e função sistólica do VE preservada submetidos à cirurgia eletiva de revascularização, correlacionando o *strain rate* diastólico com a PCP determinada por cateter de Swan-Ganz™ em artéria pulmonar evidenciou que o *strain rate* diastólico obtido no momento do pico da onda E mitral (relação E/SR_d) $\geq 1,2$ apresentou altas especificidade e sensibilidade (100% e 96,63%, respectivamente; ASC 0,99) para prever PCP > 15 mmHg. No mesmo estudo, a correlação $E/e' \geq 13$ apresentou sensibilidade de 74,19% e especificidade de 75,28%, com ASC 0,84.²¹

Taxa de contratorção e tempo de contratorção

Este índice mede a Taxa de Contratorção (*untwisting*; $SR_{untwist}$) da mesma forma que o *strain rate* mede a taxa de deformação. Os valores de referência são estimados em graus/s⁻¹, sendo o valor normal em indivíduos saudáveis de -91 ± 18 °/s⁻¹.²² A $SR_{untwist}$ antecede outras variáveis, como pico de gradiente intraventricular e pico de enchimento ventricular rápido. Assim, qualquer condição que afeta a $SR_{untwist}$ pode também afetar o enchimento diastólico, o volume diastólico final e o volume de ejeção.²³ O tempo de contratorção parece se correlacionar melhor com a disfunção diastólica em pacientes com FE preservada.²⁴ A comparação da $SR_{untwist}$ com as velocidades do miocárdio evidencia que a $SR_{untwist}$ antecede

as velocidades. (Figura 3)²⁵ Esta metodologia está presente apenas em alguns equipamentos, o que dificulta sua aplicação na prática.

Strain longitudinal do átrio esquerdo

Alguns estudos vêm mostrando correlação entre a diminuição do *Strain* Longitudinal do AE (SL_{AE}) na fase de reservatório (*strain* máximo) e o aumento da PAE.^{26,27} Já foi evidenciada a correlação entre a relação E/e' e o SL_{AE} em pacientes com miocardiopatia na fase crônica da infecção por vírus Chikungunya, com diminuição do *strain* longitudinal do AE relacionado ao aumento da relação E/e' . (Figura 4)²⁸

Um estudo com 229 casos, entre os quais controles e pacientes com diversos graus de disfunção diastólica, analisou os volumes do AE e o SL_{AE} e evidenciou que o volume indeixado do AE aumentou gradativamente nos graus de disfunção diastólica, mas não separou os pacientes com disfunção diastólica grau 1 daqueles grau 2. O SL_{AE} , na fase de reservatório (*strain* longitudinal máximo), mostrou diferentes valores de corte para detectar os diversos graus de disfunção diastólica, separando melhor os pacientes.²⁹ (Tabela 2)

Revisão recente e bem atualizada sobre a avaliação da função do AE pelo *strain* longitudinal e pelas medidas volumétricas (índice de expansão, fração de esvaziamento total e fração de esvaziamento ativo do AE) mostra que os métodos de deformação se correlacionam melhor com eventos clínicos cardiovasculares que os métodos volumétricos dinâmicos (função atrial) e estáticos (índice de volume e dimensão do AE), mesmo quando estes dados ainda não se encontram alterados.³⁰

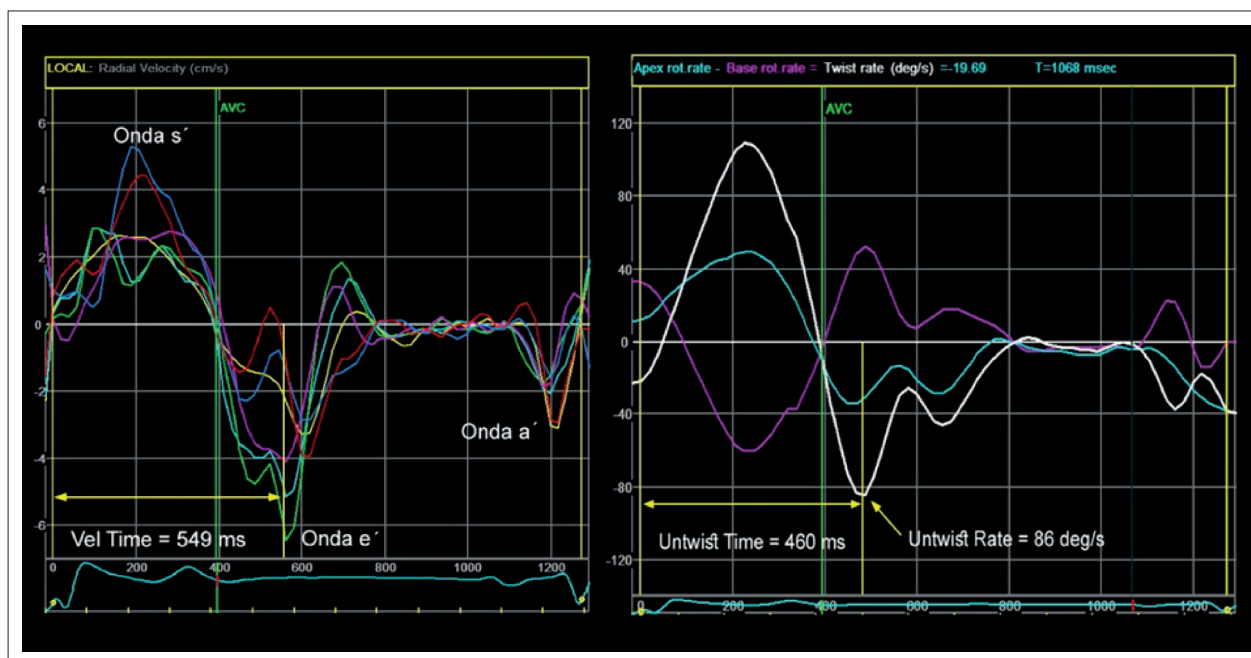


Figura 3 – Velocidade radial (à esquerda) e taxa de torção (*twisting rate*, à direita) do ventrículo esquerdo durante a sístole e a diástole inicial em indivíduo normal em repouso no mesmo ciclo cardíaco. No traçado de velocidade, o tempo em que ocorre a velocidade de enchimento do ventrículo esquerdo (*Vel Time*) é significativamente maior que o tempo da taxa de contratorção (*untwist time*), evidenciando que o tempo de contratorção antecede a velocidade miocárdica. AVC: fechamento aórtico; *untwist rate*: taxa de Contratorção.

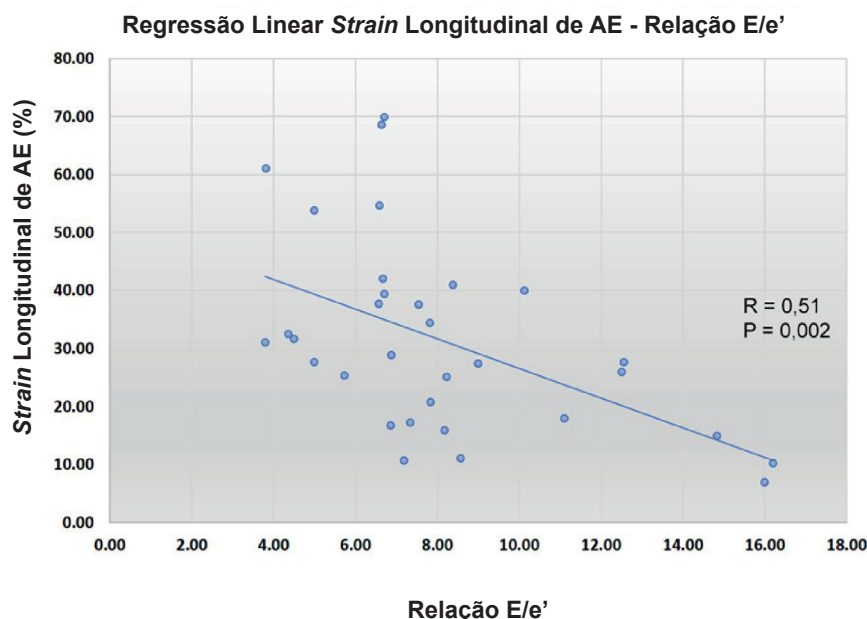


Figura 4 – Curva de regressão linear entre o strain longitudinal do átrio esquerdo (AE) e a relação E/e' do fluxo mitral e do Doppler tecidual, evidenciando diminuição do strain longitudinal do AE com o aumento da relação E/e'.

Tabela 2 – Análise de área sob a curva (ASC) para strain longitudinal do átrio esquerdo na validação de grupos utilizando a diretriz de função diastólica de 2009.

	Grupo derivado			Grupo de validação			
	ASC	Valor de corte (%)	Sensibilidade	Especificidade	VPP	VPN	Precisão
Grau 0 vs. grau 1-3	0,86	35	90	59	61	90	72
Grau 0-1 vs. grau 2-3	0,89	24	75	92	75	92	88
Grau 0-2 vs. grau 3	0,91	19	90	95	64	99	95

VPP: valor preditivo positivo; VPN: valor preditivo negativo. Fonte: adaptado de Singh et al., JACC Cardiovasc Imaging 2017; 10:735).

Conclusão

A análise da função diastólica ventricular pelos métodos convencionais de análise (ecocardiograma bidimensional, Doppler espectral e Doppler tecidual) é útil para diagnosticar a disfunção diastólica na maioria dos casos, desde que seja realizada análise minuciosa e sistemática, utilizando todos os recursos ecocardiográficos. Existem, entretanto, alguns pacientes considerados intermediários ou indeterminados, quer seja na determinação do grau de disfunção diastólica ou no diagnóstico da elevação da pressão do átrio esquerdo, especialmente entre aqueles que apresentam função ventricular preservada. Nestes casos, a avaliação da deformação miocárdica (strain e strain rate) pode ser bastante útil na classificação e/ou identificação da disfunção diastólica e da elevação da pressão do átrio esquerdo. Cada vez maior número de estudos corroboram a

utilidade do strain cardíaco e, principalmente, do strain rate diastólico, na identificação destas disfunções. Importante papel cabe também à deformação longitudinal do átrio esquerdo, cuja fisiopatologia vem sendo estudada intensivamente.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Castillo JMD; Obtenção de dados: Castillo JMD, Mazzarollo C, Carvalho W, Oliveira KB, Araujo DCL e Albuquerque ES; Diniz JV; Análise e interpretação dos dados: Castillo JMD, Diniz JV; Redação do manuscrito: Castillo JMD; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Castillo JMD e Diniz JV.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Referências

- Redfield MM. Heart Failure with preserved ejection fraction. *N Engl J Med*. 2016; 375:1868-77.
- Moller JE, Sondergaard E, Poulsen SH, Egstrup K. Pseudonormal and restrictive filling patterns predict left ventricular dilation and cardiac death after a first myocardial infarction: a serial color M-mode Doppler echocardiographic study. *J Am Coll Cardiol*. 2000;36:1841-6.
- Buckberg GD. Basic science review: the helix and the heart. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2002;124:863-83.
- Courtois M, Kovacs SJ, Ludbrook PA. Physiological early diastolic intra-ventricular pressure gradient is lost during acute myocardial ischemia. *Circulation*. 1990;81:1688-96.
- <https://thoracickey.com/evaluation-of-left-ventricular-diastolic-function/> Jun 22, 2016 | Posted by drzezo in CARDIOLOGY | Comments Off on Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function.
- Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd, III BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the Evaluation of Left Ventricular Diastolic Function by Echocardiography: An Update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29:277-314.
- Nagueh SF, Appleton CP, Gillebert TC, Marino PN, Oh JK, Smiseth OA, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2009;22(2):107-33.
- Matsumura Y, Elliott PM, Virdee MS, Sorajja P, Doi Y, McKenna WJ. Left ventricular diastolic function using Doppler tissue imaging in patients with hypertrophic cardiomyopathy: relation to symptoms an exercise capacity. *Heart*. 2002;87:247-51.
- Brandt RR, Oh JK. Constrictive pericarditis: role of echocardiography and magnetic resonance imaging. *E-Journal of Cardiology Practice*. 2017;15(23).
- Mitter SS, Shah SJ, Thomas JD. A test in contest. E/A and E/e' to assess diastolic dysfunction and LV filling pressure. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69(11):1451-64.
- Abhayaratna WP, Seward JB, Appleton CP, Douglas PS, Oh JK, Tajik AJ, et al. Left atrial size: physiologic determinants and clinical applications. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47:2357-63.
- Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afzalalo J, Armstrong A, Ernande L, Flachskampf FA, 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;28:1-39.e14.
- Huang X, Huang Y, Huang T, Huang W, Huang Z. Individual pulmonary vein imaging by transthoracic echocardiography: an inadequate traditional interpretation. *Eur J Echocardiogr*. 2008;9:655-60.
- Garcia MJ, Smedira NG, Greenberg NL, Main M, Firstenberg MS, Oda-bashian J, et al. Color M-mode Doppler flow propagation velocity is a preload insensitive index of left ventricular relaxation: animal and human validation. *J Am Coll Cardiol*. 2000;35:201-8.
- Wada Y, Murata K, Tanaka T, Nose Y, Kihara C, Uchida K, et al. Simultaneous Doppler tracing of transmitral inflow and mitral annular velocity as an estimate of elevated left ventricular filling pressure in patients with atrial fibrillation. *Circ J*. 2012;76:675-81.
- Kasner M, Gaub R, Sinning D, Westermann D, Steendijk P, Hoffmann W, et al. Global strain rate imaging for the estimation of diastolic function in HFNEF compared with pressure-volume loop analysis. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:743-51.
- Wang J, Khoury DS, Thohan V, Torre-Amione G, Nagueh SF. Global diastolic strain rate for the assessment of left ventricular relaxation and filling pressures. *Circulation*. 2007;115:1376-1383.
- Ebrahimi F, Kohanchi D, Gharedaghi MH, Petrossian V. Intraoperative assessment of left-ventricular diastolic function by two-dimensional speckle tracking echocardiography: relationship between pulmonary capillary wedge pressure and peak longitudinal strain rate during isovolumetric relaxation in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *J Cardiothorac Vasc Surg* 2018; pii: S1053-0770(18)30401-4.
- Del Castillo JM, Albuquerque ES, Silveira CAM, Lamprea DP, Sena ADM. Avaliação da função diastólica utilizando ecocardiografia Doppler e strain bidimensional. *Arq Bras Cardiol Imagem Cardiovasc*. 2017; 30:46-53.
- Ersboll M, Andersen MJ, Valeur N, Mogensen UM, Fahkri Y, Thune JJ, et al. Early diastolic strain rate in relation to systolic and diastolic function and prognosis in acute myocardial infarction: a two-dimensional speckle-tracking study. *Eur Heart J*. 2014;35:648-56.
- Magoon R, Malik V, Choudhury A, Chauhan S, Hote MP, Ramakrishnan S, et al. A comparison of the strain and tissue Doppler-based indices as echocardiographic correlates of the left ventricular filling pressures. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2018;32(3):1297-304.
- Cooke S. Left ventricular twist mechanics during exercise in trained and untrained men. A report submitted in partial fulfilment of the requirements for the Degree of Master of Science Physical Activity and Health. Cardiff School of Sport. Cardiff Metropolitan University. March 2016. [Citado em 12 de março de 2019]. Disponível em: <https://repository.cardiffmet.ac.uk/handle/10369/8113>
- Beladan CC, Calin A, Rosca M, Ginghina C, Popescu BA. Left ventricular twist dynamics: principles and applications. *Heart*. 2014;100(9):731-40.
- Wang J, Khoury DS, Yue Y, Torre-Amione G, Nagueh SF. Left ventricular untwisting rate by speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2007;116(22):2580-6.
- Notomi Y, Martin-Miklovic MG, Oryszak SJ, Shiota T, Deserranno D, Popovic ZB, et al. Enhanced ventricular untwisting during exercise. A mechanistic manifestation of elastic recoil described by Doppler tissue imaging. *Circulation*. 2006;113:2524-33.
- Kurt M, Wang J, Torre-Amione G, Nagueh SF. Left atrial function in diastolic heart failure. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(1):10-5.
- Wakami K, Ohte N, Asada K, Fukuta H, Goto T, Mukai S, 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.
- Del Castillo JM, Alencar GMP, Nóbrega MVD, Mazzarollo C, Diniz JV, Albuquerque ES, et al. Echocardiographic evaluation of myocardiopathy and late heart changes caused by Chikungunya fever. *Arq Bras Cardiol Imagem Cardiovasc*. 2018;31(3):183-90.
- Singh A, Addetia M, Maffessanti F, Mor-Avi V, Lang RM. LA Strain categorization of LV diastolic function. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2017;10(7):735-43.
- Medeiros MA, Pedrosa RP, Silveira CAM, Del Castillo JM. Função atrial esquerda pelo método de speckle tracking. Além da avaliação volumétrica. *Arq Bras Cardiol Imagem Cardiovasc*. 2018 (ahead of print).