

Avaliação da Função Diastólica Utilizando Ecocardiografia Doppler e Strain Bidimensional

Diastolic Function Assessment with Doppler Echocardiography and Two-Dimensional Strain

José Maria Del Castillo,^{1,2} Eugenio Soares de Albuquerque,^{1,2} Carlos Antônio da Mota Silveira,^{1,2} Diana Patrícia Lamprea,² Antonia Dulcineide Medeiros Sena¹

ECOPE - Escola de Ecografia de Pernambuco,¹Recife, PE; PROCAPE - Pronto Socorro Cardiológico de Pernambuco Prof. Luiz Tavares, UPE,² Recife, PE – Brasil

Resumo

Fundamento: A avaliação da disfunção diastólica do ventrículo esquerdo (VE) apresenta significativo número de disfunções indeterminadas, principalmente quando a fração de ejeção (FE) está preservada. O strain longitudinal global (SLG), e o strain rate sistólico (SRs) e diastólico precoce (SRd), pode ser útil para reclassificar os pacientes assim diagnosticados.

Objetivo: Avaliar, com SLG, SRs e SRd, pacientes com disfunção diastólica, comparar com indivíduos saudáveis e verificar o valor aditivo do método.

Métodos: Estudados 149 pacientes (idade $62,2 \pm 10,6$ anos) com disfunção diastólica (49,7% grau 1; 15,4% grau 2; 18,1% grau 3 e 16,8% indeterminada) e 189 indivíduos sadios (idade $44,5 \pm 13,3$ anos). Aferidas dimensões e função do VE e átrio esquerdo (AE), velocidades Doppler mitral e tecidual e suas relações, SLG, SRs e SRd do VE. Avaliação dos dados pelos testes de Kolmogorov-Smirnoff, Kruskal-Wallis, análise de regressão múltipla e área sob a curva ROC. Dados significativos quando $p < 0,05$.

Resultados: Na disfunção diastólica as dimensões e espessura do VE estavam aumentadas e verificou-se menor FE. O Doppler mitral e tecidual estava alterado e o volume do AE e a velocidade de refluxo tricúspide estavam aumentados. O SLG e SRs estavam diminuídos na disfunção grau 2 e 3 e o SRd diminuído já na disfunção grau 1, correlacionando-se melhor com a disfunção diastólica. O valor de corte da curva ROC para o SRd foi $1,0 \text{ s}^{-1}$.

Conclusão: A disfunção diastólica complementada com strain rate miocárdico parece acrescentar sensibilidade e especificidade nos casos em que a função diastólica é indeterminada, podendo ser usado para reclassificar estes pacientes. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2017;30(2):46-53)

Palavras-chave: Disfunção Ventricular Esquerda; Complacência (Medida de Distensibilidade)/fisiologia; Ecocardiografia Doppler; Doença da Artéria Coronariana; Ecocardiografia sob Estresse.

Summary

Background: The evaluation of left ventricular (LV) diastolic dysfunction presents a significant number of indeterminate dysfunctions, especially when ejection fraction (EF) is preserved. Global longitudinal strain (GLS) and systolic strain rate (SSR) and early diastolic strain rate (EDSR) may be useful for reclassifying diagnosed patients.

Objective: To evaluate, using GLS, SSR and EDSR, patients with diastolic dysfunction, compare with healthy individuals, and determine the additive value of the method.

Methods: The study included 149 patients (age 62.2 ± 10.6) with diastolic dysfunction (49.7% grade 1; 15.4% grade 2; 18.1% grade 3 and 16.8% unspecified) and 189 healthy individuals (age 44.5 ± 13.3). Left ventricular (LV) and left atrial (LA) dimensions and function, mitral and tissue Doppler velocities and their ratios, GLS, SSR and EDSR have been determined. Data evaluation using the Kolmogorov-Smirnoff, Kruskal-Wallis tests, multiple regression analysis and area under the ROC curve. Data were considered significant when $p < 0.05$.

Results: In diastolic dysfunction, LV dimensions and thickness were increased and EF was lower. Mitral and tissue Doppler revealed abnormalities and LA volume and tricuspid regurgitation velocity were increased. GLS and EDSR were decreased in dysfunction grade 2 and 3 and EDSR was decreased in dysfunction grade 1, correlating better with diastolic dysfunction. The ROC cutoff value for the EDSR was 1.0 s^{-1} .

Conclusion: Diastolic dysfunction supplemented with myocardial strain rate seems to add sensitivity and specificity where the diastolic function is indeterminate and may be used for reclassifying these patients. (Arq Bras Cardiol: Imagem cardiovasc. 2017;30(2):46-53)

Keywords: Ventricular Dysfunction, Left; Compliance/physiology; Echocardiography, Doppler; Coronary Artery Disease; Echocardiography, Stress.

Full texts in English - <http://departamentos.cardiol.br/dic/publicacoes/revistadic/>

Correspondência: José Maria Del Castillo •

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

E-mail: castillojmd@gmail.com

Artigo recebido em 27/09/2016; revisado em 13/10/2016; aceito em 06/02/2017.

DOI: 10.5935/2318-8219.20170012

Introdução

A função diastólica determina o enchimento das cavidades ventriculares por dois mecanismos principais: um ativo, decorrente da contração da banda apical ascendente do miocárdio helicoidal que, por um mecanismo de contra torção provoca o enchimento ventricular rápido e outro passivo, consequência da distensibilidade ou complacência miocárdica.¹ Estes mecanismos dependem do estado funcional do miocárdio e suas alterações ocorrem precocemente em todas as condições que alteram a função das cavidades ventriculares. Sua determinação é, portanto, muito importante para a identificação da insuficiência cardíaca e estratificação clínica dos pacientes.

A avaliação da função diastólica do ventrículo esquerdo (VE) realizada pela ecocardiografia Doppler baseia-se num conjunto de dados que podem traduzir as condições hemodinâmicas e de carga das cavidades esquerdas, a dinâmica de contração e relaxamento dos ventrículos e as pressões de enchimento ventricular, atrial e do sistema circulatório pulmonar.² Por tal motivo são empregados vários parâmetros que, em conjunto, podem fornecer uma noção das condições dinâmicas e pressóricas das cavidades, permitindo a classificação da função diastólica.

Os principais parâmetros são o fluxo mitral, com a aferição das ondas E e A e sua relação, as velocidades do anel lateral e septal da valva mitral obtidos com Doppler tecidual (DT) e sua relação com a onda E mitral, o volume indexado do átrio esquerdo (AE) e a velocidade do refluxo da valva tricúspide (V_{RT}). A análise de pacientes com a função do VE normal ou diminuída permite classificar os mesmos em função diastólica normal (FDN), disfunção diastólica por alteração do relaxamento, grau 1 (DD-1) com pressão do AE normal, disfunção diastólica com padrão pseudonormal, grau 2 (DD-2) com aumento da pressão do AE e disfunção restritiva, grau 3 (DD-3). Como coadjuvantes podem ser usados a duração da onda A do fluxo mitral, a duração do fluxo reverso atrial e a relação entre as ondas sistólica e diastólica do fluxo das veias pulmonares, a manobra de Valsalva e o tempo de relaxamento isovolumétrico. Quando algumas das condições não são preenchidas a disfunção diastólica é classificada como indeterminada (DD-i).

Os métodos de deformação miocárdica sistólica (strain longitudinal global e strain rate sistólico) e diastólica (strain rate diastólico precoce), embora citados como suplementares, não são empregados na avaliação sistemática da disfunção diastólica devido à variabilidade entre equipamentos e softwares de análise. Recentes acordos, entretanto, foram realizados entre as sociedades de ecocardiografia e os principais fabricantes de equipamentos e softwares,³ resultando em melhor normalização dessas análises, obtendo-se dados mais reproduzíveis.

Objetivo

O objetivo deste trabalho é analisar, pela técnica de *speckle tracking* com as modalidades de strain longitudinal global (SLG), strain rate sistólico (SRs) e strain rate diastólico precoce (SRd), a função diastólica em pacientes previamente classificados pela ecocardiografia Doppler, com a finalidade

de determinar o valor aditivo do método na estratificação de pacientes e indivíduos saudáveis e utilizar estes parâmetros para avaliar pacientes com DD-i.

Método

Foram analisados retrospectivamente 338 exames de ecocardiografia, sendo 189 em indivíduos saudáveis, com média etária $44,5 \pm 13,3$ anos, 108 do sexo feminino (57%) e em 149 em pacientes portadores de diversos graus de disfunção diastólica, com média etária $62,2 \pm 10,6$ anos, 90 do sexo feminino (60%). Os pacientes apresentaram a seguinte distribuição: 25 com DD-i (16,8%), 74 com DD-1 (49,7%), 23 com DD-2 (15,4%) e 27 com DD-3 (18,1%).

Todos os pacientes e indivíduos saudáveis estavam em ritmo sinusal, sem evidências de calcificação do anel mitral ou doença pericárdica. A fração de ejeção do VE (FE) estava normal na maioria dos indivíduos saudáveis ($\geq 54\%$ para o sexo feminino e $\geq 52\%$ para o sexo masculino),⁴ porém, em alguns casos estava discretamente diminuída, assim como nos pacientes com DD-i e DD-1. A FE estava diminuída na maioria dos pacientes com DD-2 e DD-3. O exame ecocardiográfico foi de qualidade satisfatória, permitindo o registro de pelo menos 15 segmentos do VE para análise da deformação miocárdica.⁵

Em todos os pacientes e indivíduos saudáveis foi realizado o ecocardiograma convencional, determinando as dimensões do VE (diâmetros diastólico e sistólico, espessura de septo e parede), diâmetros da aorta e AE, FE pelo eco bidimensional (2D) e volume indexado do AE. Foi calculado o índice de massa do VE e a espessura relativa das paredes. Com Doppler foram determinadas as velocidades das ondas E e A mitral e sua relação e, quando presente, a V_{RT} . Com DT foi mensurada a velocidade da onda e' no anel lateral da valva mitral (e'_{lat}) e a relação E/e'_{lat} . Devido a grande parte dos exames analisados retrospectivamente não ter registro da velocidade da onda e' septal com DT, não foi calculada sua relação com a onda E do fluxo mitral assim como a relação E/e' média. Com ecocardiografia 2D usando a técnica de *speckle tracking* foi calculado o SLG do VE pelos cortes apicais de quatro, duas e três câmaras e o SRs e SRd (Figuras 1 e 2).

Para a análise Doppler da função diastólica foram seguidas as recomendações mais recentes.² Considerou-se DD-1, relaxamento alterado com pressão de AE normal, a que apresentava velocidade da onda E mitral ≤ 50 cm/s e relação $E/A \leq 0,8$ com onda $e'_{lat} \leq 10$ cm/s e relação $E/e'_{lat} < 15$. A DD-2, pseudonormal, foi diagnosticada quando a relação E/A foi $\leq 0,8$ com velocidade da onda E > 50 cm/s ou quando a relação $E/A > 0,8$ e $< 2,0$ com sinais indicativos de aumento da pressão do AE. A DD-3, restritiva, foi diagnosticada quando a relação E/A do fluxo mitral foi $\geq 2,0$ com sinais indicativos de aumento da pressão do AE. Os parâmetros indicativos de aumento da pressão do AE foram: relação $E/e'_{lat} \geq 15$, volume indexado do AE > 34 ml/m² e $V_{RT} > 2,8$ m/s. Nos casos em foram avaliados os três parâmetros a pressão do AE estava aumentada quando dois deles preenchiam os critérios. Quando foram avaliados apenas dois parâmetros, ambos positivos indicaram pressão

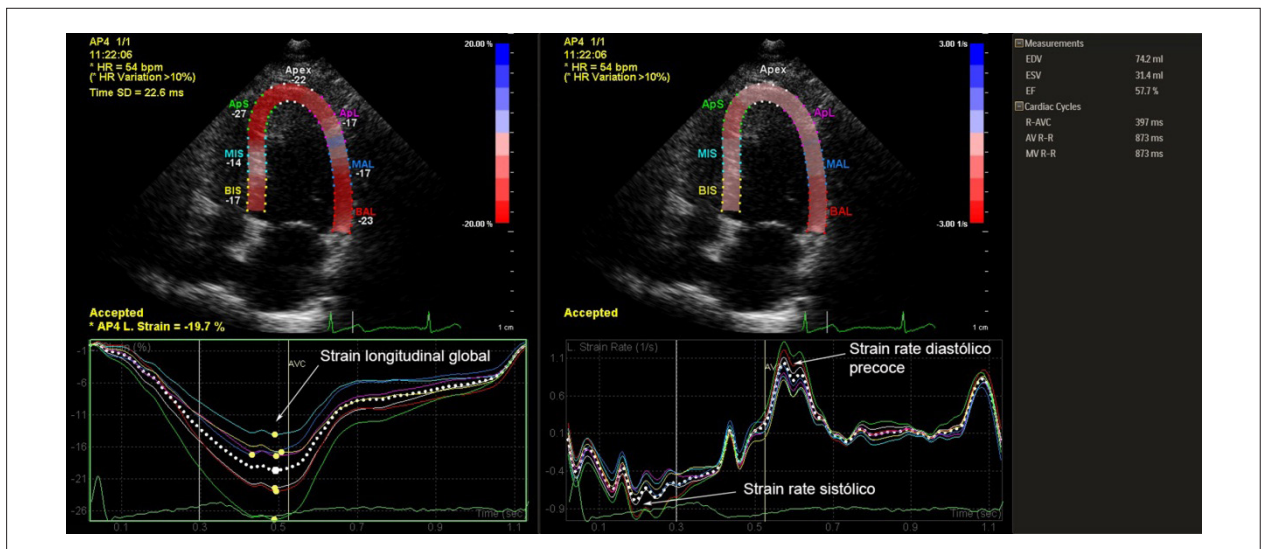


Figura 1 – Strain longitudinal obtido desde a posição apical longitudinal e strain rate sistólico e diastólico precoce obtido desde a mesma posição, avaliados com o software Qlab 10®.

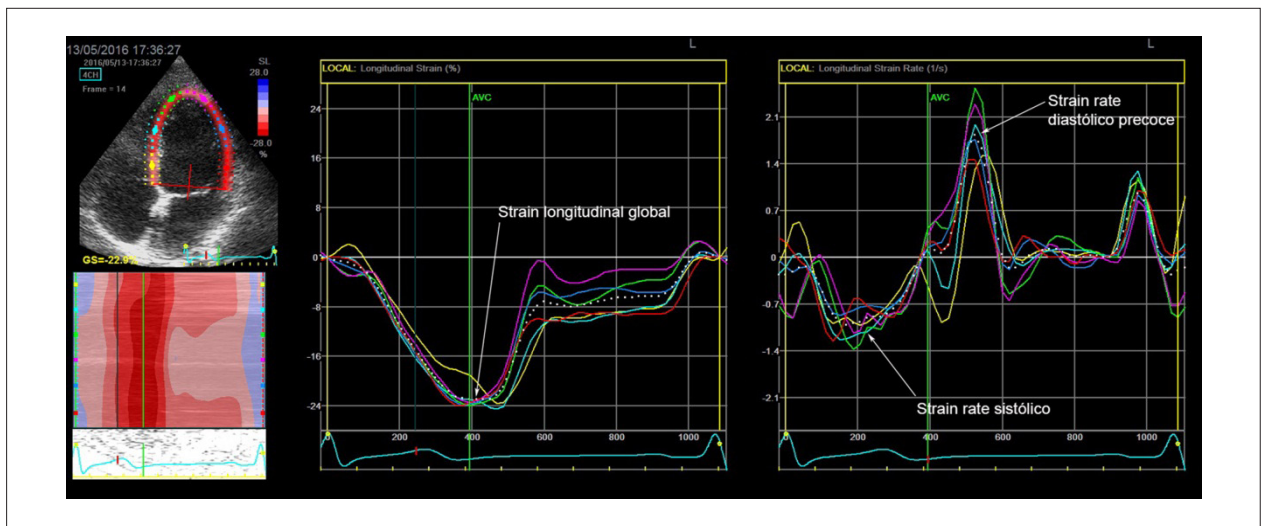


Figura 2 – Strain longitudinal obtido desde a posição apical de quatro câmaras e strain rate sistólico e diastólico precoce obtido desde a mesma posição, avaliados com o software Echopac 201®.

do AE aumentada, ambos negativos, pressão do AE normal e um positivo e um negativo, DD-i.

Os exames foram realizados com equipamentos HD15, CX50 e IE33 (Philips Healthcare, Andover, MA, USA) e analisados com o software Qlab 10® e com equipamento Vivid T8 (General Electric Healthcare, Horten, Norway) analisados com o software Echopac 201®.

Foi calculada a média e desvio padrão de todos os dados. Os dados demográficos, as dimensões e os parâmetros de função foram comparados pelo teste de Kolmogorov-Smirnoff. A reprodutibilidade dos dados demográficos entre os grupos com disfunção diastólica

e indivíduos saudáveis foi testada pelo coeficiente de correlação intraclasse. Para comparação dos parâmetros que avaliam a função diastólica (Doppler mitral, DT, volume indexado do AE e V_{RT}) e para os parâmetros de deformação miocárdica (SLG, SRs e SRd) foi utilizada a análise de variância de Kruskal-Wallis comparando os valores individuais pelo método de Dunn. A análise de regressão múltipla foi utilizada para verificar como os parâmetros do *speckle tracking* se correlacionaram com a disfunção diastólica. A sensibilidade e especificidade dos parâmetros de *speckle tracking* foram determinadas por meio da área sob a curva ROC. Os resultados foram considerados significativos quando $p < 0,05$.

Resultados

Os dados demográficos apresentaram diferença significativa na idade e na altura entre os indivíduos saudáveis e os pacientes com disfunção diastólica. (Tabela 1). Para testar se os grupos eram comparáveis foi utilizado o coeficiente de correlação intraclassa que demonstrou alto índice de reprodutibilidade ($F = 12,8183$; $CCI = 0,8854$; $p < 0,0001$).

Entre os indivíduos com FDN, cento sessenta e oito não apresentavam alterações ao ecocardiograma, trinta e oito eram hipertensos em tratamento clínico e dezesseis diabéticos compensados. Cinco indivíduos tinham insuficiência mitral discreta, sem repercussão hemodinâmica; quatro foram anteriormente submetidos a tratamento quimioterápico; quatro apresentavam obesidade moderada;⁶ três tinham hipertrofia ventricular esquerda discreta; três apresentavam aneurisma do septo atrial; um tinha doença arterial coronariana tratada com inserção de stent, sem alterações da contratilidade segmentar e um era portador de prolapso da valva mitral (displasia fibro-elástica) com refluxo de grau discreto.

Entre os pacientes com disfunção diastólica, trinta e quatro não tinham alterações ecocardiográficas (exceto as alterações diastólicas); trinta e quatro eram hipertensos; dezesseis eram diabéticos compensados; trinta tinham cardiopatia chagásica; quinze tinham refluxo mitral ou aórtico discreto; dez apresentavam hipertrofia do VE; sete cardiomiopatia dilatada; sete doença arterial coronariana; cinco foram submetidos a quimioterapia; dois tinham exame compatível com miocardite; dois eram portadores de prolapso da valva mitral; um tinha cardiomiopatia não compactada; um aneurisma do septo atrial e um cardiomiopatia restritiva.

Comparados com os indivíduos saudáveis verificou-se que as dimensões do VE, a espessura das paredes e o índice de

massa foram maiores nos indivíduos com disfunção diastólica, enquanto estes apresentaram menor FE (Tabela 2).

Os parâmetros que determinaram a função diastólica, Doppler mitral, DT, volume indexado do AE e V_{RT} foram analisados em grupos classificados conforme a metodologia recomendada pelas sociedades de ecocardiografia² em FDN, DD-i, DD-1, DD-2 e DD-3. Quando comparados com os indivíduos com FDN, utilizando a análise de variância de Kruskal-Wallis todos os parâmetros de função diastólica apresentavam diferença significativa ($p < 0,0001$). A comparação individual entre os parâmetros de cada grupo utilizando a metodologia de Dunn evidenciou diminuição da velocidade da onda E nos grupos DD-i e DD-1 ($p < 0,05$), sem alteração significativa nos grupos DD-2 e DD-3. A relação E/A do fluxo mitral estava diminuída nos grupos DD-i, DD-1 e DD-2 ($p < 0,05$) e aumentada no grupo DD-3 ($p < 0,05$). Houve diminuição da velocidade da onda e'_{lat} nos grupos DD-i, DD-1, DD-2 e DD-3 ($p < 0,05$). Também houve aumento do volume indexado do AE nos grupos DD-2 e DD-3 ($p < 0,05$) e da V_{RT} nos grupos DD-1, DD-2 e DD-3 ($p < 0,05$) (Tabela 3).

O SRs do VE apresentou diminuição gradativa e significativa à medida que aumentou o grau de disfunção diastólica. O SRd apresentou diminuição significativa em todos os grupos com disfunção diastólica, quando comparado ao sadio, mas não houve diferença entre os grupos com disfunção (Tabela 4).

O coeficiente de correlação múltipla, utilizado para comparar os parâmetros de deformação diastólica entre os indivíduos saudáveis e os diversos graus de disfunção diastólica evidenciou uma correlação global com r^2 de 0,65 e $p < 0,0001$. Na avaliação dos coeficientes parciais o SLG não evidenciou correlação significativa ($t = 1,7892$ e $p = 0,076$),

Tabela 1 – Dados demográficos dos indivíduos saudáveis e pacientes com disfunção diastólica

Grupo	N	Sexo	Idade (anos)	Peso (kg)	Altura (cm)	SC (m ²)
Indivíduos saudáveis	189	108 feminino 81 masculino	44,56 ± 13,35	72,27 ± 15,06	165,83 ± 8,11	1,78 ± 0,21
Disfunção diastólica	149	90 feminino 59 masculino	62,19 ± 10,64	69,43 ± 13,94	161,82 ± 9,94	1,71 ± 0,22
Análise estatística			$P < 0,01$	Ns	$P < 0,01$	ns

Valores expressos em média e desvio-padrão da média. SC: superfície corporal.

Tabela 2 – Dimensões do VE, índice de massa, volume indexado do AE e FE em indivíduos saudáveis e com disfunção diastólica

Grupo	DdVE (mm)	DsVE (mm)	EdS (mm)	EdP (mm)	Índice de massa (g/m ²)	Espessura Relativa	FE (%)
Indivíduos saudáveis	47,14 ± 4,52	29,74 ± 3,14	7,95 ± 1,14	7,76 ± 1,10	71,18 ± 16,90	0,33 ± 0,04	56,99 ± 3,58
Disfunção diastólica	52,01 ± 9,54	35,85 ± 11,64	8,46 ± 1,45	8,30 ± 1,38	89,98 ± 31,64	0,33 ± 0,08	51,03 ± 12,33
Análise estatística	$p < 0,01$	$p < 0,01$	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,01$	ns	$p < 0,01$

DdVE: diâmetro diastólico do VE; DsVE: diâmetro sistólico do VE; EdS: espessura diastólica do septo; EdP: espessura sistólica do septo; FE: fração de ejeção. Valores expressos em média e desvio-padrão da média.

Tabela 3 – Dados do Doppler mitral, Doppler tecidual, volume indexado do átrio esquerdo (AE) e velocidade de refluxo tricúspide (V_{RT}) em indivíduos saudáveis e pacientes com disfunção diastólica indeterminada (DD-i), grau 1 (DD-1), grau 2 (DD-2) e grau 3 (DD-3)

Grupo		Velocidade E mitral (cm/s)	Relação E/A	Velocidade e' lateral (cm/s)	Relação E/e'	Volume indexado AE (ml/m ²)	V_{RT} (m/s)
Indivíduos saudáveis	M	80,94	1,38	14,68	5,76	20,15	2,42
	DP	13,78	0,44	3,39	1,20	5,06	0,18
DD-i	M	64,39	0,84	9,38	7,09	22,49	2,67
	DP	11,78	0,19	1,06	1,67	11,08	0,25
DD-1	M	38,03	0,64	8,50	4,61	20,78	2,72
	DP	2,42	0,11	1,28	0,93	7,68	0,30
DD-2	M	79,37	0,99	5,45	14,56	36,49	3,10
	DP	18,52	0,25	1,20	0,97	12,61	0,35
DD-3	M	96,49	2,77	5,96	16,54	54,02	3,45
	DP	29,45	1,00	1,62	3,93	18,90	0,56
Análise de variância	M						
	DP	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001	p < 0,0001

M: média; DP: desvio padrão; p: significância de p.

o SRs mostrou-se significativo ($t = 2,2687$ e $p = 0,025$) e o SRd altamente significativo ($t = -8,115$ e $p < 0,0001$).

A determinação da sensibilidade e especificidade pela área sob a curva ROC demonstrou os seguintes dados: para o SLG o valor de corte foi de -17%. Valores inferiores indicariam disfunção diastólica do VE com sensibilidade de 44,35% e especificidade de 97,35%. Para o SRs o valor de corte foi de $-0,94 \text{ s}^{-1}$. Valores inferiores indicariam disfunção diastólica com sensibilidade de 72,67% e especificidade de 91,51%. Para o SRd o valor de corte foi de $1,0 \text{ s}^{-1}$. Valores inferiores indicariam disfunção diastólica com sensibilidade de 83,9% e especificidade de 100% (Gráfico 1).

Os valores médios dos parâmetros de deformação (SLG, SRs e SRd) nos indivíduos saudáveis com FDN foram normais, porém, cinco casos (2,6%) apresentaram SLG < -17% isolada e nove (4,8%) SRs < $-0,94 \text{ s}^{-1}$. Nenhum indivíduo saudável apresentou SRd < $1,0 \text{ s}^{-1}$. Entre os pacientes com DD-i os valores médios do SLG e do SRs estavam normais, mas três (12%) apresentaram SLG < -17% e seis (24%) SRs < $-0,94 \text{ s}^{-1}$. O valor médio do SRd estava diminuído e em dez pacientes (40%) o SRd era < $1,0 \text{ s}^{-1}$. Nos pacientes com DD-1 os valores médios do SLG e do SRs estavam normais e doze pacientes (18%) apresentaram SLG < -17%, dez pacientes (13,5%) SRs < $-0,94 \text{ s}^{-1}$ e dezessete (23%) SRd < $1,0 \text{ s}^{-1}$. Nos pacientes com DD-2 os valores médios dos SLG, SRs e SRd estavam diminuídos e quinze (65%) tinham SLG < -17%, dezesseis (69,5%) SRd < $-0,94 \text{ s}^{-1}$ e vinte e um (91%) SRd < $1,0 \text{ s}^{-1}$. Entre os pacientes com DD-3 os valores médios de todos os parâmetros de deformação estavam diminuídos e o SLG foi < -17% e o SRs foi < $-0,94 \text{ s}^{-1}$ em todos os pacientes (100%). O SRd foi < $1,0 \text{ s}^{-1}$ em vinte e seis pacientes (96%) (Tabela 4).

Utilizando o valor de corte da área sob a curva ROC para SRd < $1,0 \text{ s}^{-1}$ (AUC 0,95, $p < 0,0001$) nos pacientes com DD-i, dez dos vinte e cinco pacientes (40%) poderiam ser classificados como DD-1 sem aumento da pressão do AE, doze (48%) como com FDN, dois (8%) permaneceriam como DD-i e um paciente (4%) seria considerado DD-2 (Tabela 5).

Discussão

A detecção de disfunção diastólica é de fundamental importância para a estratificação, tratamento medicamentoso e seguimento dos pacientes, com implicações prognósticas importantes, pois a disfunção diastólica, mesmo nos casos com função sistólica preservada, se associa com aumento da morbimortalidade semelhante ao observado em casos de insuficiência cardíaca com disfunção sistólica.⁷

Os parâmetros convencionais de análise, com velocidades do fluxo mitral, DT do anel mitral, volume indexado do AE e V_{RT} , eventualmente associado com manobras ou aferições coadjuvantes, conforme recomendação dos guidelines classificam alguns pacientes como com DD-i, produzindo certo grau de confusão, principalmente para o cardiologista clínico que recebe o resultado do exame e precisa definir uma conduta para seu paciente. Embora não exista ainda uma clara noção do impacto que esta classificação produziria sobre a avaliação dos pacientes, acreditamos que entre 10 e 20% dos diagnósticos de DD-1 realizados pela antiga diretriz, hoje seriam considerados indeterminados. Assim, ferramentas capazes de reclassificar estes pacientes seriam de grande importância clínica.

Os métodos de deformação miocárdica, SLG, SRs e SRd, citados nas recomendações como suplementares, após o consenso com a indústria³ devem apresentar resultados mais robustos e comparáveis. Estes parâmetros podem ser importantes coadjuvantes para detecção da disfunção diastólica, com principal destaque para o strain rate diastólico precoce (SRd), aferido ao nível da onda e' do traçado (Figuras 1 e 2). O strain rate é a taxa de deformação, ou seja, o tempo em que a deformação se produz, medindo, em termos gerais, a eficiência dessa deformação, seja esta sistólica ou diastólica.⁸ Os parâmetros de deformação miocárdica se alteram gradativamente na disfunção diastólica.⁹⁻¹¹ O SLG encontra-se diminuído na disfunção diastólica em pacientes com função sistólica preservada com diminuição da capacidade ao exercício.¹² No presente trabalho observamos diminuição do SLG na DD-2 e DD-3, quando houve aumento da pressão do

Tabela 4 - Dados da deformação miocárdica em indivíduos saudáveis com função diastólica normal (FDN) e pacientes com disfunção diastólica indeterminada (DD-i), grau 1 (DD-1), grau 2 (DD-2) e grau 3 (DD-3)

Grupo	SLG (%)	SRs (s ⁻¹)	SRd (s ⁻¹)
FDN	-20,92 ± 2,54	-1,14 ± 0,15	1,40 ± 0,22
DD-i	-19,72 ± 2,76	-0,99 ± 0,15	0,96 ± 0,30
DD-1	-19,07 ± 2,77	-0,97 ± 0,17	0,87 ± 0,29
DD-2	-15,96 ± 4,41	-0,81 ± 0,20	0,79 ± 0,25
DD-3	-9,52 ± 2,84	-0,58 ± 0,16	0,67 ± 0,25
Análise multivariada	t = 1,7892 p = 0,076	t = 2,2687 p = 0,025	t = -8,115 p < 0,0001

Valores expressos em média e desvio-padrão da média. SLG: strain longitudinal global do VE; SRs: strain rate sistólico do VE; SRd: strain rate diastólico precoce do VE; t: valor do teste "t"; p: significância de "p".

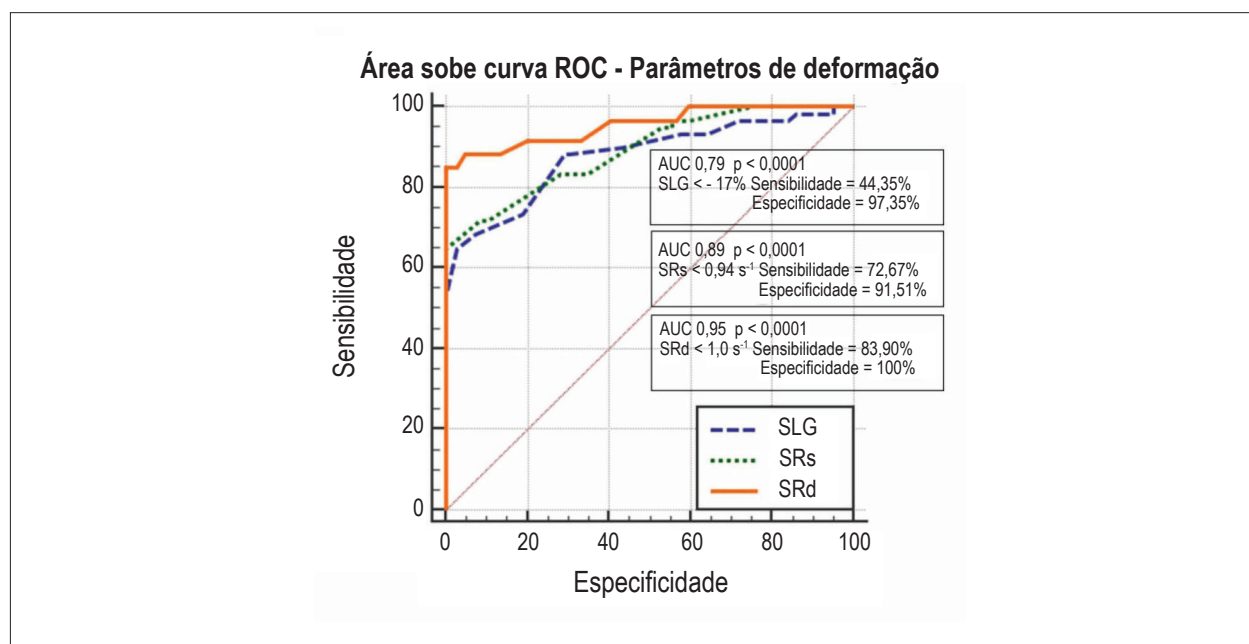


Gráfico 1 – Área sob a curva ROC dos parâmetros de deformação miocárdica entre indivíduos saudáveis e pacientes portadores de diversos graus de disfunção diastólica.

Tabela 5 – Reclasseificação dos pacientes com disfunção diastólica indeterminada (DD-i) analisados utilizando os parâmetros de deformação em função diastólica normal (FDN), disfunção diastólica grau 1 (DD-1) e disfunção diastólica grau 2 (DD-2)

	Idade (anos)	FE (%)	VolAE (ml/m ²)	Onda E (cm/s)	Rel E/A	Onda e' (cm/s)	Rel E/e'	SLG (%)	SRs (s ⁻¹)	SRd (s ⁻¹)	V _{RT} (m/s)
FDN	57,00	58,50	19,81	65,53	0,78	9,63	6,89	-20,50	-1,11	1,13	2,40
	6,63	2,81	4,96	12,45	0,08	1,00	1,56	2,07	0,07	0,12	0,10
DD-i	65,33	56,67	18,69	58,53	0,80	9,09	6,51	-18,67	-1,03	1,13	3,00
	10,69	3,21	2,94	5,10	0,06	1,30	0,91	2,52	0,06	0,50	0,20
DD-1	67,20	57,70	26,85	68,11	0,77	9,17	7,51	-19,10	-0,90	0,77	2,76
	8,27	4,14	16,12	15,96	0,05	1,11	1,97	3,48	0,12	0,11	0,19
DD-2	66,00	51,00	46,00	97,80	1,08	8,43	11,60	-16,00	-0,80	0,60	3,00

FE: fração de ejeção; VolAE: volume indexado do AE; Onda E: velocidade da onda E mitral; Rel E/A: relação entre as ondas E e A mitral; Onda e': velocidade da onda e' do anel lateral mitral; Rel E/e': relação onda E mitral e onda e' tricúspide; SLG: strain longitudinal global do VE; SRs: strain rate sistólico do VE; SRd: strain rate diastólico precoce do VE; V_{RT}: velocidade de refluxo tricúspide.

AE (Gráfico 2A). O SRs também apresentou diminuição mais acentuada na DD-2 e DD-3 (Gráfico 2B). O SRd diminuiu em todas as formas de disfunção diastólica (Gráfico 2C).

Como o valor de corte obtido através das áreas sob as curvas ROC para SRd $< 1,0 \text{ s}^{-1}$ (AUC 0,95, $p < 0,0001$) seria indicativo de disfunção diastólica, com boa sensibilidade e alta especificidade, este parâmetro de deformação poderia ser utilizado para reclassificar os casos de DD-i. Desta maneira, dez dos vinte e cinco pacientes com DD-i (40%) seriam classificados como DD-1 sem aumento da pressão do AE.

Limitações

As principais limitações são decorrentes da própria metodologia empregada para separar os pacientes em tipos de disfunção diastólica. Devido ao grau de incerteza proporcionado pela análise com Doppler de fluxo mitral e Doppler tecidual, um número significativo de pacientes é classificado como com disfunção diastólica indeterminada. As disfunções diastólicas mais severas são mais facilmente diagnosticadas, pois exibem sinais de aumento da pressão do AE (relação $E/e' > 15$, volume indexado do AE $> 34 \text{ ml/m}^2$ e velocidade de refluxo tricúspide $> 2,8 \text{ m/s}$).

Os parâmetros que avaliam a deformação miocárdica são de fácil obtenção, bastando apenas três projeções apicais, mas os resultados dependem da qualidade das imagens bidimensionais e da frequência cardíaca, já que há necessidade de uma adequada velocidade de aquisição de quadros que pode ser prejudicada pela taquicardia. Deve ser calculada a média das medidas obtidas nas três projeções.

Os exames foram realizados em equipamentos de dois fabricantes diferentes e por três operadores, mas não houve diferenças significativas nos resultados dos mesmos. Foi testada a compatibilidade, em outro trabalho de nossa autoria,¹³ avaliando pacientes e indivíduos saudáveis, obtendo-se boa correlação entre os equipamentos (correlação de Pearson, $r = 0,89$ para SLG e SRs) e boa correlação inter observador (Pearson, $r = 0,81$).

Conclusão

O diagnóstico ecocardiográfico da função diastólica utilizando o Doppler de fluxo mitral e o Doppler tecidual do anel mitral, associado ao volume indexado do AE e a velocidade de refluxo tricúspide pode apresentar resultados ambíguos em alguns pacientes com disfunção discreta e função sistólica

preservada. Estes casos são catalogados como disfunção diastólica indeterminada. O acréscimo dos métodos que avaliam a deformação miocárdica, principalmente o strain rate diastólico precoce, parecem acrescentar sensibilidade e, principalmente, especificidade ao método convencional, o que permitiria reclassificar alguns pacientes para a disfunção diastólica grau 1 ou grau 2. Trabalhos mais extensos são necessários, entretanto, para consolidar o método que parece bastante útil para preencher esta lacuna deixada pelo Doppler convencional. Da maior importância será associar estes achados com os resultados do tratamento clínico nos pacientes reclassificados e nos portadores de disfunção diastólica estabelecida, para verificar o valor aditivo dos parâmetros de deformação, a eficácia do tratamento e a melhora dos parâmetros de disfunção.

Agradecimentos

Aos Doutores José Sebastião de Abreu e André Cerqueira de Almeida pela valiosa colaboração na revisão do manuscrito. Suas observações e sugestões foram de fundamental importância para os resultados e conclusões do trabalho.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Del Castillo JM; Obtenção de dados: Del Castillo JM, Albuquerque ES, Silveira CAM; Análise e interpretação dos dados: Del Castillo JM; Análise estatística: Del Castillo JM; Redação do manuscrito: Del Castillo JM; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Del Castillo JM, Albuquerque ES, Silveira CAM, Lamprea DP, Sena ADM.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Vinculação Acadêmica

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

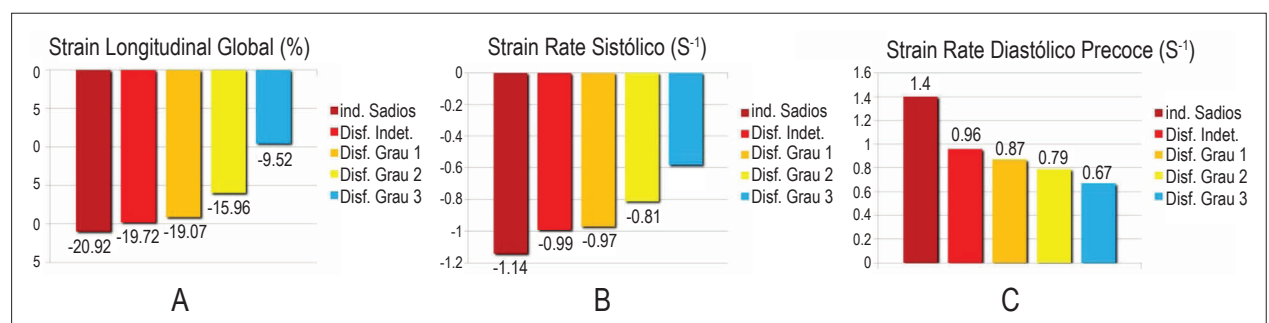


Gráfico 2 – Parâmetros de deformação miocárdica distribuídos entre indivíduos saudáveis e pacientes com disfunção diastólica do VE. A: strain longitudinal global; B: strain rate sistólico; C: strain rate diastólico precoce; Ind.Sadios: indivíduos saudáveis; Disf.Indet.: disfunção diastólica indeterminada; Disf.Grau 1 a 3: disfunção diastólica grau 1 a 3.

Referências

1. Buckberg G, Hoffman JIE, Mahajan A, Saleh S, Coghlan C. Cardiac mechanics revisited. The relationship of cardiac architecture to ventricular function. *Circulation*. 2008;118(24):2571-24.
2. Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. ASE/EACVI Guidelines and Standards. 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(4):277-314.
3. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyanky P, Marwick TH, Houle H, Baumann R, et al. Definitions for a common standard for 2D speckle tracking echocardiography: consensus document of the EACVI/ASE/Industry task force to standardize deformation imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28(2):183-93.
4. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo 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.
5. 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. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24(3):277-313.
6. National institutes of health. Clinical guidelines on the identification, evaluation and treatment of overweight and obesity in adults: the evidence report. *Obes Res*. 1998; 6(Suppl 2):51S-209S.
7. Borlaug BA, Paulus WJ. Heart failure with preserved ejection fraction. *Eur Heart J*. 2011;32(6):670-9.
8. Shah AM, Solomon SD. Myocardial deformation imaging. Current status and future directions. *Circulation*. 2012;125(2):e244-e248.
9. Iwano H, Pu M, Upadhyay B, Meyers B, Vlachos P, Little WC, et al. Delay of left ventricular longitudinal expansion with diastolic dysfunction: impact on load dependence of e' and longitudinal strain rate. *Physiol Rep*. 2014; 2(7):e12082.
10. Farokhjenad S, Dastani M, Fazlijenad A, Sani RN. Two-dimensional speckle tracking strain imaging in the assessment of myocardial diastolic function in patients with stable angina pectoris. *Rev Clin Med*. 2015; 2(3):112-7.
11. 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(9):743-51.
12. Hasselberg NE, Haugaa K, Sarvari SI, Gullestad L, Andreassen AK, Edvardsen T. Left ventricular global longitudinal strain correlates to diastolic function and reduced exercise capacity in patients with preserved ejection fraction. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61(10):E819.
13. Del Castillo JM, Silveira CAM, Albuquerque ES. Assessment of left ventricular deformation, rotation and twisting using two-dimensional strain. *ABC Imagem Cardiovasc*. 2017. (no prelo)