

Encurtamento Longitudinal do Ventrículo Esquerdo por Cine-RMC para Avaliação da Função Diastólica em Pacientes com Doença Valvar Aórtica

Longitudinal Shortening of the Left Ventricle by Cine-CMR for Assessment of Diastolic Function in Patients with Aortic Valve Disease

Sergio Marrone Ribeiro,¹ Clerio Francisco de Azevedo Filho,² Roney Sampaio,³ Flávio Tarasoutchi,³ Max Grinberg,³ Roberto Kalil-Filho,³ Carlos Eduardo Rochitte³

Universidade Estadual Paulista (UNESP),¹ Botucatu, SP – Brasil

Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ),² Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Instituto do Coração (InCor) – Universidade de São Paulo (USP),³ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

Fundamentos: A disfunção diastólica, comumente avaliada por ecocardiografia, é um importante achado precoce na maioria das cardiomiopatias. A ressonância magnética cardíaca (RMC) frequentemente requer sequências específicas que prolongam o tempo de exame. Recentemente, métodos de imagens com monitoramento de dados (*feature-tracking*) foram desenvolvidos, mas ainda requerem *softwares* caros e carecem de validação clínica.

Objetivos: Avaliar a função diastólica em pacientes com doença valvar aórtica (DVA) e compará-la a controles normais pela medida do deslocamento longitudinal do ventrículo esquerdo (VE) por RMC.

Métodos: Nós comparamos 26 pacientes com DVA com 19 controles normais. A função diastólica foi avaliada como uma medida do deslocamento longitudinal do VE nas imagens de cine-RMC no plano quatro câmaras usando a sequência *steady state free precession* (SSFP) durante todo o ciclo cardíaco com resolução temporal < 50 ms. O gráfico resultante da posição da junção atrioventricular versus tempo gerou variáveis de movimento da junção atrioventricular. Utilizamos nível de significância de $p < 0,005$.

Resultados: Deslocamento longitudinal máximo (0,12 vs. 0,17 cm), velocidade máxima em início de diástole (0,6 vs. 1,4s⁻¹), velocidade máxima na diástase (0,22 vs. 0,03s⁻¹) e a razão entre a velocidade máxima na diástase e a velocidade máxima em diástole inicial (0,35 vs. 0,02) foram significativamente menores nos pacientes com DVA em comparação aos controles normais, respectivamente. Pacientes com insuficiência aórtica apresentaram medidas de encurtamento longitudinal do VE significativamente piores em comparação aqueles com estenose aórtica. O aumento da massa ventricular esquerda indicou pior disfunção diastólica.

Conclusões: Esta simples medida linear detectou diferenças significativas na função diastólica do VE entre pacientes com DVA e controles normais. A massa ventricular esquerda foi o único preditor independente de disfunção diastólica nesses pacientes. Este método pode auxiliar na avaliação da disfunção diastólica, melhorando a detecção de cardiomiopatias por RMC sem prolongar o tempo de exame ou depender de caros *softwares*. (Arq Bras Cardiol. 2020; 114(2):284-292)

Palavras-chave: Doenças Cardiovasculares/mortalidade; Cardiomiopatia Hipertrófica/complicações; Diagnóstico por Imagem; Ecocardiografia; Espectroscopia por Ressonância Magnética; Insuficiência Cardíaca; Insuficiência da Valva Aórtica.

Abstract

Background: Diastolic dysfunction, commonly evaluated by echocardiography, is an important early finding in many cardiomyopathies. Cardiac magnetic resonance (CMR) often requires specialized sequences that extends the test time. Recently, feature-tracking imaging has been made available, but still requires expensive software and lacks clinical validation.

Objective: To assess diastolic function in patients with aortic valve disease (AVD) and compare it with normal controls by evaluating left ventricular (LV) longitudinal displacement by CMR.

Methods: We compared 26 AVD patients with 19 normal controls. Diastolic function was evaluated as LV longitudinal displacement in 4-chamber view cine-CMR images using steady state free precession (SSFP) sequence during the entire cardiac cycle with temporal resolution < 50 ms. The resulting plot of atrioventricular junction (AVJ) position versus time generated variables of AVJ motion. Significance level of $p < 0.05$ was used.

Results: Maximum longitudinal displacement (0.12 vs. 0.17 cm), maximum velocity during early diastole (MVED, 0.6 vs. 1.4s⁻¹), slope of the best-fit line of displacement in diastasis (VDS, 0.22 vs. 0.03s⁻¹), and VDS/MVED ratio (0.35 vs. 0.02) were significantly reduced in AVD patients compared with controls, respectively. Aortic regurgitation showed significantly worse longitudinal LV shortening compared with aortic stenosis. Higher LV mass indicated worse diastolic dysfunction.

Conclusions: A simple linear measurement detected significant differences on LV diastolic function between AVD patients and controls. LV mass was the only independent predictor of diastolic dysfunction in these patients. This method can help in the evaluation of diastolic dysfunction, improving cardiomyopathy detection by CMR, without prolonging exam time or depending on expensive software. (Arq Bras Cardiol. 2020; 114(2):284-292)

Keywords: Cardiovascular Diseases/mortality; Cardiomyopathy, Hypertrophic/complications; Diagnostic Imaging; Echocardiography; Magnetic Resonance Spectroscopy; Heart Failure; Aortic Valve Insufficiency.

Full texts in English - <http://www.arquivosonline.com.br>

Correspondência: Sergio Marrone Ribeiro •

Universidade Estadual Paulista (UNESP) - Doenças Tropicais e Diagnóstico por Imagem - Distrito de Rubião Júnior s/n. CEP 18618-970, Botucatu, SP – Brasil

E-mail: marrone@fmb.unesp.br

Artigo recebido em 17/09/2018, revisado em 08/04/2019, aceito em 15/05/2019

Editor convidado para este artigo: Dr. João Cavalcante.

Introdução

A disfunção diastólica é um marcador precoce de doença cardíaca e precede a disfunção sistólica. Pode ocorrer na presença ou na ausência de sintomas, e função sistólica normal ou anormal.^{1,2} A disfunção diastólica está associada à alta morbidade e mortalidade por sua potencial transição à insuficiência cardíaca diastólica, porém, pode ser subdiagnosticada devido aos critérios para seu diagnóstico. Sua incidência aumenta com a idade e está associada com diabetes mellitus, fibrilação atrial, doença arterial coronariana, hipertensão pulmonar,³⁻⁶ e doenças cardíacas congênitas. A hipertrofia ventricular esquerda tem sido associada à disfunção diastólica, o que é comumente descrito na hipertensão sistêmica, doenças da válvula aórtica e cardiomiopatia hipertrófica.⁷⁻⁹

A ecocardiografia é a técnica mais utilizada para a avaliação da disfunção diastólica na prática clínica diária. A ressonância magnética cardíaca (RMC) tem sido amplamente utilizada para a avaliação da morfologia no ventrículo esquerdo (VE) devido à excelente qualidade de imagem e ausência de suposições geométricas.⁹ Contudo, a RMC é menos usada para avaliar função diastólica, apesar do desenvolvimento de várias técnicas importantes,¹⁰ incluindo curvas de enchimento,¹¹ imagem de contraste de fase,¹² marcação do tecido miocárdico,¹³ e imagens codificadas por deformação (*strain-encoded*, *SENC imaging*).¹⁴ Os motivos para o uso limitado dessas técnicas na prática clínica são os processos demorados para a aquisição e o pós-processamento de novas imagens. Por exemplo, a obtenção das curvas de volume do VE durante todo o ciclo cardíaco, com o traçado dos contornos endocárdico e epicárdico para todas as fases cardíacas em uma série de cine-RMC requer muito tempo além de um software específico com detecção automática do contorno. Além disso, outras técnicas específicas para avaliar a disfunção diastólica requerem sequências adicionais de imagens, tais como imagens em fases de contraste, o que significa períodos mais longos de exame por RMC. Em duas publicações recentes de Saba et al.⁹ e Dusch et al.,⁷ o encurtamento longitudinal do VE pela RMC mostrou-se útil para a avaliação da disfunção diastólica.

No presente estudo, nossa hipótese é a de que pacientes com estenose grave ou regurgitação aórtica e fração de ejeção preservada apresentam disfunção diastólica do VE definida por movimentação da junção atrioventricular (JAV) detectada pela RMC.

Métodos

População do estudo

Nós identificamos retrospectivamente 26 pacientes com doença valvar aórtica (DVA) grave e fração de ejeção normal, submetidos à RMC, e agendados para cirurgia de substituição da válvula aórtica, além de 19 indivíduos controle. Onze dos pacientes com DVA (42,3%) apresentaram predominantemente insuficiência aórtica, e 15 (57,7%) predominantemente estenose aórtica. O tamanho dessa amostra baseou-se no número de pacientes com diagnóstico confirmado, disponível para análise.

Os pacientes foram acompanhados no ambulatório de doença valvar de nossa instituição. Os critérios de exclusão foram: idade inferior a 18 anos e superior a 85 anos, diabetes mellitus, hipertensão arterial sistêmica, dislipidemia ou doença arterial coronariana concomitante. Todos os pacientes com idade superior a 40 anos possuíam angiografia coronária, e aqueles com doença arterial coronariana importante (estenose luminal > 50%) foram excluídos. Também foram excluídos pacientes com doença valvar mitral, pacientes com cirurgia cardíaca prévia e contraindicações para RMC, tais como marcapasso, clipe metálico ou outras estruturas ferromagnéticas e claustrofobia.

Voluntários sadios sem história clínica importante foram antes recrutados para estabelecer os valores basais da posição da JAV. Além disso, 19 voluntários sadios (10 homens), com idade entre 24 e 58 anos, sem hipertensão, diabetes mellitus, doença arterial coronariana ou história clínica importante, e todos com exames de RMC normais foram usados para comparação com os pacientes com DVA.

Os testes de RMC foram realizados usando um scanner 1,5 Tesla (Signa CV/i, GE Medical Systems, Waukesha, Wisconsin/EUA) e bobina de superfície do tipo *phased-array*. Após a localização do coração, foram selecionadas oito a 12 cortes em eixo curto (espessura de 8,0 mm e espaço de 2,0 mm entre os cortes), incluindo todo o VE e quatro cortes em eixo longo. A análise foi realizada no plano quatro câmaras. Foram adquiridas imagens por cine-RM com sequência de pulso *Precessão Livre no Estado Estacionário (SSFP, steady state free precession)*, resolução temporal de menos de 50 ms e os seguintes parâmetros padrão: TR 3,9 ms; TE 1,8 ms; ângulo de flip de 45°, largura de banda \pm 125 kHz, campo de visão de 34 x 34 cm, matriz 256 x 160, voxel 1,3 x 2,1 x 8,0 mm.

Análise das imagens e dos dados

A movimentação longitudinal da JAV foi avaliada no decorrer do ciclo cardíaco ao longo de 20 fases cardíacas, em imagens obtidas por cine-RMC e plano de quatro câmaras. A posição basal da JAV foi definida em diástole final e seu deslocamento longitudinal medido em relação a uma linha de referência traçada entre o ápice do VE (contorno do epicárdio, linha de baixa intensidade correspondente à interface do miocárdio e da gordura epicárdica) e o limite inferior (linha de baixa intensidade) do seio coronário percorrendo pelo óstio atrioventricular, imediatamente lateral à JAV. Esses pontos específicos foram claramente visualizados nas imagens SSFP pela cine-RM e permitiram um rastreamento robusto pelas fases cardíacas, com mínima perda de definição ou nitidez da imagem. Nós não utilizamos o ponto médio do anel mitral,⁹ já que tínhamos com objetivo identificar a JAV e lateral de maneira precisa. Ainda, nós simplificamos a medida ao traçar somente uma única linha com marcos bem definidas. Uma linha simples reta foi traçada entre os marcos basais e apicais usando o programa Webpax (Heart Imaging Technologies, LLC, Durham, NC, EUA) (Figura 1). Essa linha é um caliper regular disponível em todos os programas capazes de visualizar imagens DICOM.

As medidas longitudinais do VE foram divididas pelo comprimento longitudinal na diástole final (comprimento máximo) para fornecer uma redução percentual do

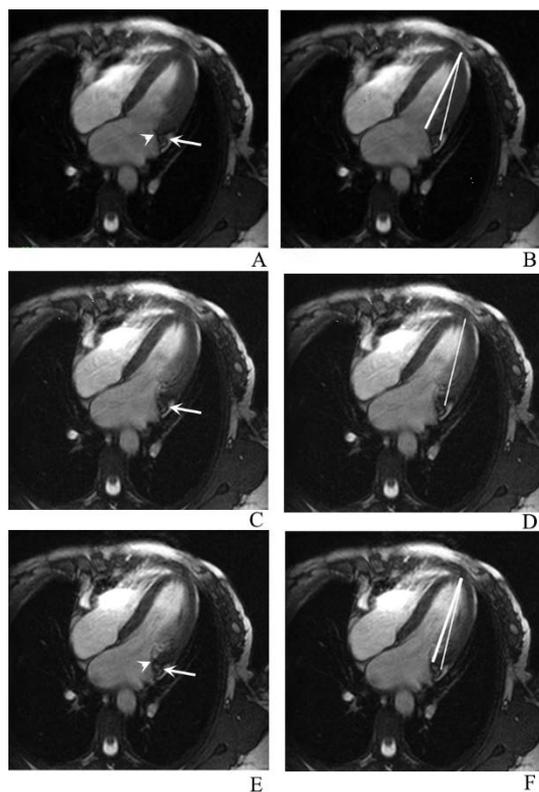


Figura 1 – Deslocamento longitudinal da junção atrioventricular (JAV). O mesmo corte quatro câmaras é apresentado em três fases cardíacas diferentes durante o movimento rápido da JAV: A e B, C e D, E e F. Na coluna da esquerda, a cabeça da seta representa a referência usada por Saba et al.,⁹ e a seta estreita indica a referência anatômica usada no presente estudo. Observe que, quando o movimento cardíaco é mais rápido (seta pequena em C e D), nós não conseguimos identificar com exatidão o local da inserção da valva mitral; apesar disso, o seio coronário adjacente é bem definido. Na coluna da direita, apresentamos as linhas usadas para as medidas longitudinais do ventrículo esquerdo no presente estudo (linha fina) e usadas no estudo de Saba et al.,⁹ (linha grossa)

comprimento longitudinal, corrigida para os tamanhos dos corações individuais. Com base no gráfico posição da JAV versus tempo no ciclo cardíaco (Figura 2), foram calculadas quatro variáveis de movimentação: deslocamento longitudinal máximo (DM) da JAV, velocidade máxima em início de diástole (VMID), inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da JAV na diástase (IVD) e razão IVD/VMID. Os valores de VMID para cada paciente foram calculados de acordo com o gráfico tempo versus deslocamento, uma regressão linear (linha reta) foi ajustada para início de diástole (inclinação). O mesmo método foi usado para a IVD considerando o tempo de diástase. Todas as medidas foram realizadas de maneira cega por dois radiologistas independentes. As imagens obtidas por cine-RMC foram usadas para avaliação do volume, da massa e da função do VE.

Análise estatística

As variáveis contínuas relacionadas à JAV estão apresentadas em média e desvio padrão. A normalidade da distribuição foi avaliada pelo teste de Shapiro Wilk. Os pacientes com DVA foram comparados com indivíduos controles pelo teste t de Student não pareado. As variáveis categóricas foram apresentadas em porcentagem.

Gráficos de Bland-Altman foram usados para comparar parâmetros de deslocamento do VE entre pacientes e controles obtidos por dois observadores cegos, independentes.

O sistema SAS e o programa SPSS foram usados para análise dos dados, com nível de significância de $p < 0,05$.

Resultados

A idade dos pacientes variou entre 26 e 72 anos, com 19 homens e sete mulheres. A idade média dos pacientes com DVA e voluntários sadios foi de $46,8 \pm 13,7$ e $43,1 \pm 11,8$ anos, respectivamente. Todos os pacientes eram sintomáticos, com queixa de dispneia de esforço, angina e síncope (Tabela 1). Índices de volume e massa do VE estão apresentados na Tabela 2. Todos os pacientes apresentaram fração de ejeção normal ou com fração de ejeção levemente reduzida (média de $53,1 \pm 9,9\%$). Conforme o esperado, os pacientes com regurgitação aórtica predominante apresentaram padrão excêntrico de hipertrofia com volume diastólico final e volume sistólico final aumentados em comparação com pacientes estenose aórtica predominante, os quais apresentaram um padrão de hipertrofia concêntrica.

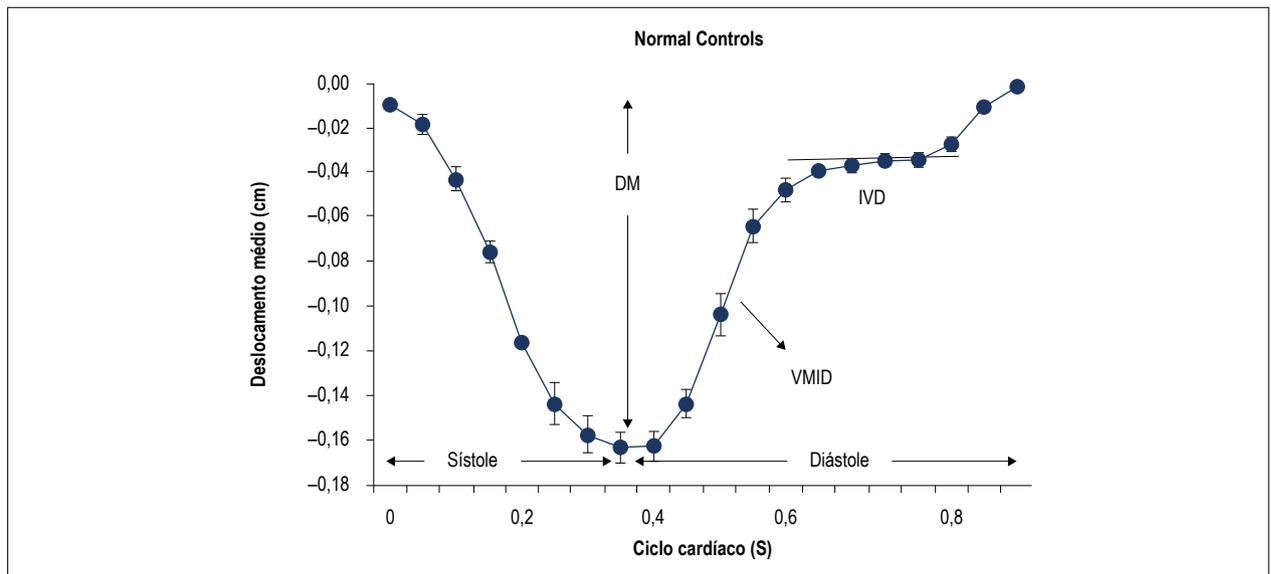


Figura 2 – Gráfico deslocamento da junção atrioventricular (JAV) versus tempo dos indivíduos controle. Posição da JAV nos diferentes tempos ao longo do ciclo cardíaco. Barras de erro representam um desvio padrão acima e abaixo da média; DM: deslocamento máximo; VMID: velocidade máxima em início de diástole; IVD: inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da JAV na diástase.

Tabela 1 – Características dos pacientes com doença valvar aórtica e indivíduos controles

	Regurgitação aórtica	Estenose aórtica	Controle	p
N (%)	11(42,3)	15 (57,7)	19	
Idade, anos	46,0 ± 15,7	48,7 ± 11,3	38,1 ± 10,5	0,610/0,039*
Homens, n (%)	10(90,9)	9(60,0)	10(52,6)	0,079/0,101*
Peso (kg)	76,6 ± 10,6	71,2 ± 11,9	67,9 ± 15,3	0,336/0,356*
IMC (kg/m ²)	27,9 ± 3,5	26,3 ± 3,8	23,5 ± 3,6	0,382/0,021*
Etiologia				
Reumática	9(81,8)	3(20,0)	-	
Bicúspide	2(18,2)	8(53,3)	-	
Degenerativa/Calcificação	0 (0,0)	4(26,7)	-	0,007
Classe funcional NYHA				
I	1(9,1)	0(0,0)	19(100,0)	
II	7(63,6)	8(53,3)	0(0,0)	
III	3(27,3)	7(46,7)	0(0,0)	0,526
Frequência cardíaca, bpm	65,0 ± 11,9	81,5 ± 20,7	70,1 ± 10,6	0,027/0,019*
PAS	126,7 ± 15,1	121,5 ± 15,2	111,6 ± 8,98	0,505/0,018*
PAD	80 ± 8,9	71,8 ± 12,8	71,3 ± 6,6	0,183/0,143*
Angina	0(0,0)	1(6,7)	-	0,465
Síncope	0(0,0)	1(6,7)	-	0,465
Hipertensão	6(54,6)	6(40,0)	-	0,100
Diabetes	0(0,0)	1(13,3)	-	0,342
Hipercolesterolemia	0(0,0)	0(0,0)	-	-
Tabagismo	0(0,0)	5(33,3)	-	0,100
História familiar de DAC	4(36,4)	3(20,0)	-	0,190

IMC: índice de massa corporal; NYHA: New York Heart Association; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica; DAC: doença arterial coronariana; * = comparação entre os três grupos, incluindo controle; demais valores p referentes à comparação entre regurgitação aórtica e estenose.

Tabela 2 – Parâmetros da ressonância magnética cardíaca em pacientes com doença aórtica valvar e indivíduos controles

	Regurgitação aórtica	Estenose aórtica	Controles	p
n (%)	11(42,3)	15 (57,7)	19	
VDFVE, ml	299,6 ± 68,5	179,99 ± 42,1	129,5 ± 24,7	< 0,001
VSFVE, ml	148,9 ± 60,4	82,0 ± 28,7	45,5 ± 9,4	< 0,001
FEVE, %	51,7 ± 11,4	55,1 ± 9,1	64,7±5,3	< 0,001
Massa do VE, g	264,2 ± 42,4	272,8 ± 45,5	118,1±40,5	< 0,001
Hipertrofia excêntrica, n (%)	10(90,9)	1(6,7)	-	
Hipertrofia concêntrica, n (%)	1(9,1)	14(93,3)	-	< 0,001

VDFVE: volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSFVE: volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; VE: ventrículo esquerdo. Critérios de definição de hipertrofia concêntrica foi razão entre massa do ventrículo esquerdo e VDFVE > 1,16 g/ml.

Tabela 3 – Comparação das variáveis do deslocamento da junção atrioventricular entre pacientes com doença valvar aórtica e voluntários sadios

	Controle	DVA	p
DM (cm)	-0,169 ± 0,034	-0,115 ± 0,035	< 0,0001
VMID (s ⁻¹)	1,439 ± 0,388	0,65 ± 0,413	< 0,0001
IVD (s ⁻¹)	0,029 ± 0,069	0,224 ± 0,232	< 0,0001
IVD/VMID	0,021 ± 0,051	0,352 ± 0,292	< 0,0001

DM: deslocamento máximo; VMID: velocidade máxima em início de diástole; IVD: inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da junção atrioventricular na diástase

Análise da JAV

Foram calculados as médias e os desvios padrões de cada variável da movimentação da JAV (DM, VMID, IVD e IVD/VMID) dos pacientes com DVA e controles normais. Os dados da JAV foram comparados entre pacientes e controles. Encontramos diferenças estatisticamente significativas no DM, e nos três parâmetros da RMC relacionados à função do VE (VMID, IVD e IVD/VMID) em pacientes com DVA em comparação aos controles normais, como observado na Tabela 3 e na Figura 3. Os pacientes com DVA mostraram menor DM na JAV em comparação aos voluntários sadios. A JAV dos pacientes com DVA recuou a uma velocidade máxima (s⁻¹) significativamente menor em início da diástole em comparação a voluntários sadios. Por outro lado, durante a diástase, o deslocamento da JAV ocorreu em velocidades significativamente maiores em pacientes com DVA. Encontramos uma razão IVD/VMID 17 vezes maior em pacientes com DVA em comparação aos voluntários sadios (Figuras 3 e 4, Tabela 3).

A análise de Bland-Altman (Figura 5) para o DM revelou um viés de -2,81 e IC (intervalo de confiança) de 95% de -3,66 a -1,95 para os controles (p < 0,001), e um viés de -2,97 e IC 95% de -4,11 a -1,83 para os pacientes com DVA (p < 0,001).

A comparação da função diastólica baseada nos parâmetros da JAV entre pacientes com estenose predominante e pacientes com regurgitação predominante apresentou diferenças significativas em todos os parâmetros da função diastólica medidos por RMC (Tabela 4). Distúrbios da função diastólica foram maiores em pacientes com regurgitação aórtica em comparação com pacientes com estenose.

Parâmetros da função diastólica, da estrutura do VE e parâmetros clínicos

Resultados da análise univariada e da análise de regressão linear múltipla incluindo massa, volume e função do VE, bem como características dos pacientes tais como idade, sexo, frequência cardíaca e pressão arterial estão apresentadas na Tabela 5.

Em análise univariada, o DM e o VMID correlacionaram significativamente com volume do VE, fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE), e massa do VE. O VMID também se correlacionou com pressão arterial sistólica (PAS). IVD/VMID correlacionou-se com massa do VE, FEVE e frequência cardíaca (FC). A IVD mostrou correlação somente com a massa do VE e com a FC (Tabela 5). Em um modelo de regressão linear multivariado, somente a massa do VE foi preditora de DM e VMID. Todos os demais parâmetros do VE – estrutura, volume e função – não foram preditores de DM e VMID nesta abordagem multivariada. A variável sexo e a massa do VE foram preditores independentes da IVD, e a razão IVD/VMID foi prevista pela massa do VE e pela FEVE.

Em resumo, esses resultados indicam que a massa do VE mantém uma correlação com os quatro parâmetros de função diastólica medidos na regressão univariada e na regressão linear múltipla (seleção pelo método *forward stepwise*). Além disso, sexo e FEVE mantiveram correlação significativa com IVD e IVD/VMID, respectivamente. As demais variáveis não se correlacionaram de maneira independente com os parâmetros da função diastólica derivados das medidas lineares. Portanto, o tamanho corporal (índice de massa corporal), a FC e a pressão arterial não tiveram influência significativa sobre parâmetros da função diastólica lineares medidos por RMC.

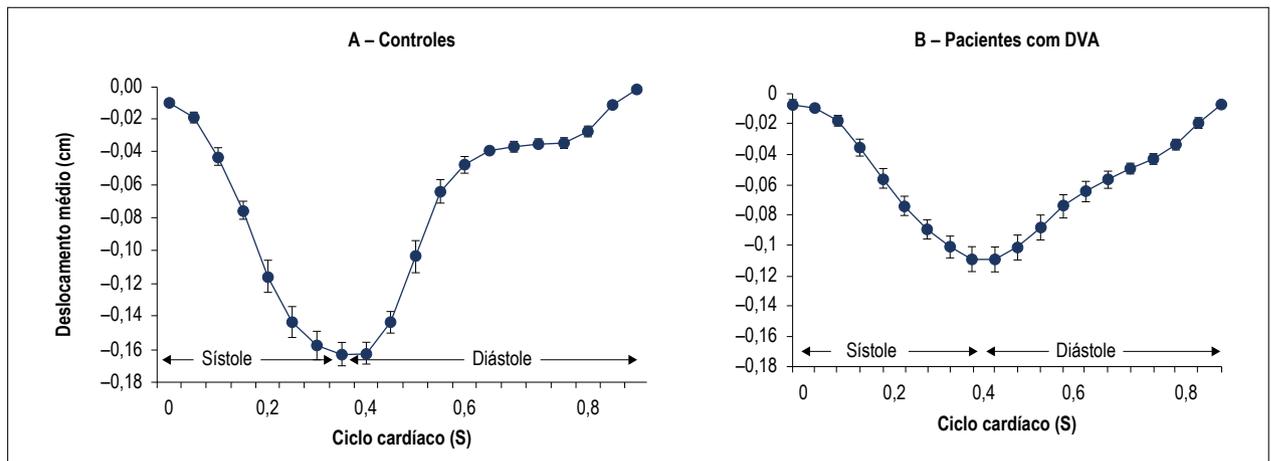


Figura 3 – Gráfico deslocamento versus tempo em indivíduos controles (A) e pacientes com doença valvar aórtica (DVA) (B). Barras de erros representam um desvio padrão acima e abaixo da média.

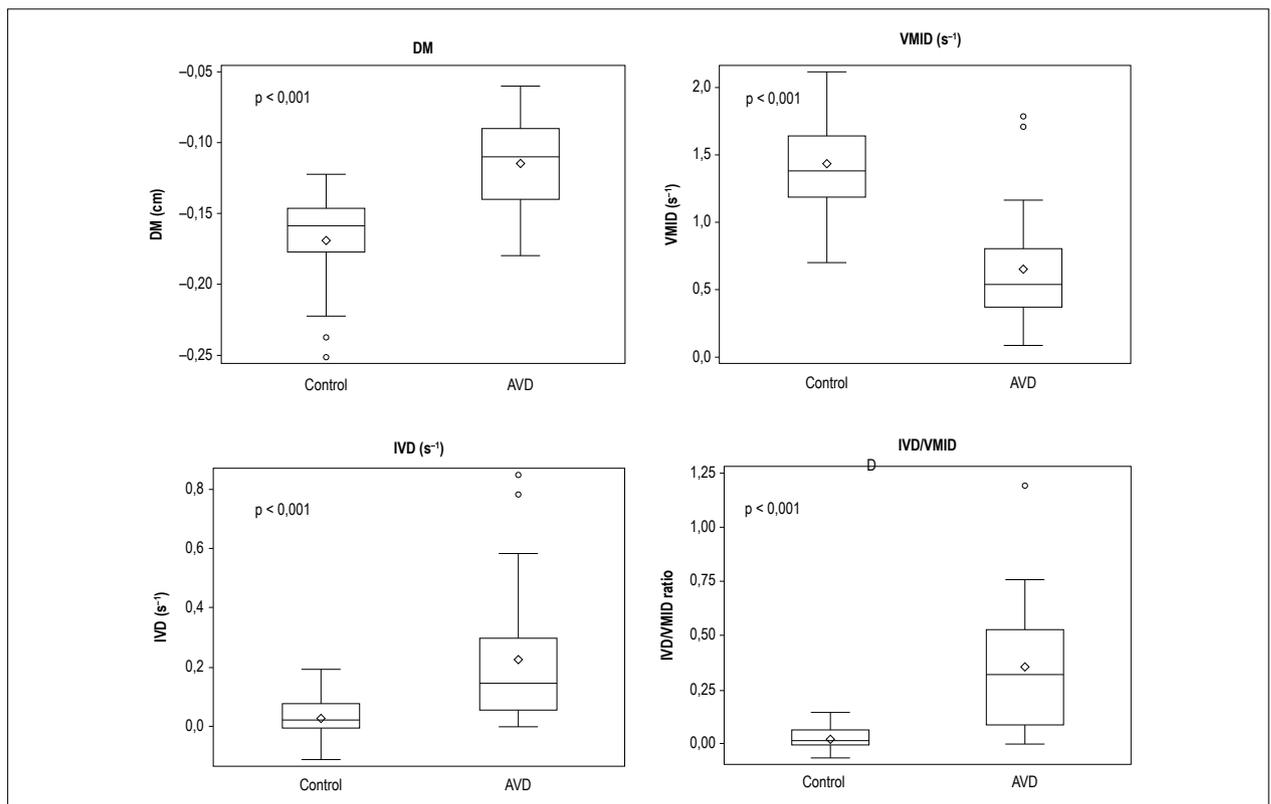


Figura 4 – Box plots das variáveis do deslocamento da junção atrioventricular (JAV) em pacientes com doença aórtica valvar e voluntários sadios. Em ambos os grupos, os box plots apresentam o limite inferior, o primeiro quartil (subdivisão inferior da caixa), mediana (linha horizontal), quartil superior (subdivisão superior da caixa) e limite superior para cada uma das variáveis do deslocamento da JAV – deslocamento máximo (DM); velocidade máxima em início de diástole (VMID); inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da JAV na diástase (IVD) e razão IVD/VMID. Os circulos indicam os valores atípicos (outliers) ($p < 0,0001$ para todos).

Discussão

Novos parâmetros relacionados à função do VE medidos por RMC, e avaliados neste estudo original, encontraram-se notavelmente anormais em pacientes com DVA. A avaliação da JAV mostrou que os pacientes com DVA apresentaram

deslocamento máximo significativamente menor, menor velocidade durante enchimento diastólico, e maior velocidade durante diástase quando comparados a indivíduos controle.

Saba et al.⁹ relataram alterações na função do VE avaliadas pela movimentação da JAV por RMC em pacientes com

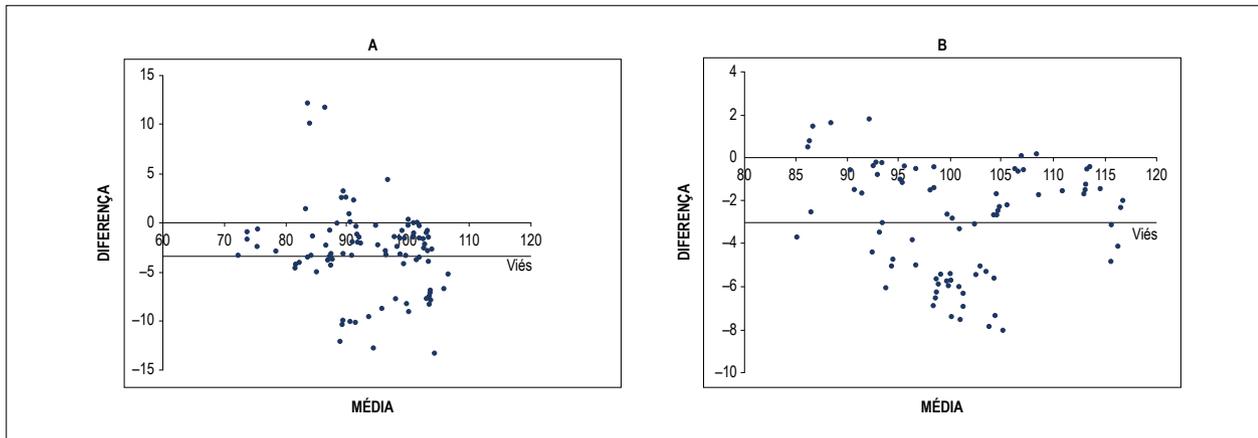


Figura 5 – Comparação entre observadores das medidas de deslocamento máximo (MD) em controles (A) e pacientes com doença valvar aórtica (B).

Tabela 4 – Variáveis do deslocamento da junção atrioventricular em pacientes com estenose aórtica e regurgitação aórtica

	Estenose	Regurgitação	p
DM (cm)	-0,130 ± 0,036	-0,093 ± 0,018	0,0026
VMID (s ⁻¹)	0,790 ± 0,479	0,470 ± 0,200	0,0312
IVD (s ⁻¹)	0,317 ± 0,262	0,097 ± 0,093	0,0075
IVD/VMID	0,440 ± 0,295	0,231 ± 0,252	0,0703

DM: deslocamento máximo; VMID: velocidade máxima em início de diástole; IVD: inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da junção atrioventricular na diástase.

Tabela 5 – Análise univariada e análise de regressão linear múltipla (valores de p) para a predição dos parâmetros de função diastólica derivados de medidas lineares

	DM		VMID		IVD		VDS/VMED	
	Univariada	Regressão linear múltipla						
Idade	0,087		0,059		0,912		0,130	
Sexo	0,070		0,272		0,819	0,04	0,705	
Massa do VE	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001	0,001	< 0,001	0,002	0,003
VDFVE	< 0,001		< 0,001		0,366		0,154	
VSFVE	< 0,001		< 0,001		0,605		0,083	
FEVE	0,002		< 0,001		0,610		0,004	0,006
FC	0,886		0,645		< 0,001	0,081	0,025	
PAS	0,140		0,028		0,399		0,051	
PAD	0,190		0,616		0,846		0,232	

DM: deslocamento máximo; VMID: velocidade máxima em início de diástole; IVD: inclinação da melhor linha de ajuste da velocidade da junção atrioventricular na diástase; VE: ventrículo esquerdo; VDFVE: volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSFVE: volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica

cardiomiopatia hipertrófica em comparação a pacientes controles. Os resultados do nosso grupo controle foram similares aos relatados por esses autores, porém com valores um pouco mais altos por termos usados uma marca anatômica mais lateral. Ainda, nós usamos somente uma medida do deslocamento da JAV em vez de duas, adotando, assim, um ponto de referência mais bem definido da parede lateral da JAV, por um método mais simplificado.

Hipertrofia do VE e função diastólica

A hipertrofia do VE é um fator de risco de morbidade e mortalidade cardíaca reconhecido¹⁵ e está associada com distúrbios da função sistólica e/ou diastólica.¹⁶⁻¹⁸ Em pacientes com DVA, distúrbios da função diastólica e sistólica têm implicações importantes para a morbidade e mortalidade, antes e após substituição da válvula aórtica.¹⁶⁻²¹ No estudo de Lamb et al.,²² a fração de ejeção manteve-se

inalterada no grupo de pacientes com DVA grave, sugerindo que uma deterioração da fração de ejeção poderia ser considerada um sinal de doença grave e avançada,²² o que foi corroborado por outros autores.^{20,22} Após a substituição da válvula aórtica, a função diastólica do VE melhora, como indicado pelos parâmetros do fluxo transmitral.²² Em nossos resultados, nós detectamos não somente uma disfunção diastólica nos pacientes com DVA em comparação a controles normais, mas também demonstramos uma pior disfunção diastólica em pacientes com disfunção diastólica. A massa do VE correlacionou-se significativamente e independentemente com todas as medidas lineares da função diastólica avaliadas por RMC.

Avaliação da disfunção diastólica

O exame de ressonância magnética com contraste de fase permite a medida da velocidade de fluxo e dos volumes de fluxo através do orifício da válvula mitral, fornecendo um novo meio de avaliação da função diastólica. Apesar de ser uma ferramenta bem estabelecida para avaliar a disfunção sistólica, é raramente utilizada na prática clínica para avaliar a função diastólica do VE, o que pode demandar mais sequências específicas e um pós-processamento mais longo.⁷ Nesse sentido, em um estudo recentemente publicado por Dusch et al.,⁷ os autores usaram uma sequência SSFP no eixo horizontal, a qual denominaram encurtamento fracional longitudinal da parede média. Eles verificaram a porcentagem de encurtamento da distância entre a base do folheto anterior da válvula mitral até o endocárdio apical na diástole em relação à sístole, comparando essas medidas com o ecocardiograma de 80 pacientes com várias cardiomiopatias e diferentes graus de função diastólica.^{23,24} Em um método mais simples que o usado no presente estudo, Dusch et al.⁷ detectaram que encurtamento fracional longitudinal da parede média foi significativamente menor no grau II/III em comparação ao grau 0/I.

Nosso estudo apresenta muitas vantagens deste método novo e preciso para avaliar a função diastólica do VE. O método não requer uma sequência de aquisição ou programa de pós-processamento, e a função diastólica do VE pode ser facilmente avaliado pelo equipamento existente. A função diastólica do VE pode ser avaliada retrospectivamente se imagens adquiridas por cine-RM previamente tenham sido armazenadas.

Porém, nosso estudo tem várias limitações. Uma das principais limitações em termos de praticidade é a necessidade de serem realizadas 20 medidas lineares em cada fase do ciclo cardíaco. No entanto, o uso de programas mais automatizados permitiria na realização mais rápida das medidas. Outra limitação importante foi o fato de que as variáveis da movimentação da JAV e variáveis ecocardiográficas não terem sido diretamente correlacionadas. É possível que o deslocamento longitudinal do VE e a velocidade desse deslocamento possa sofrer influência da morfologia do VE. Contudo, as dimensões do VE medidas como volume e diâmetro finais do VE não tiveram efeito significativo sobre os parâmetros diastólicos. Além disso, os deslocamentos longitudinais do VE são, por definição, normalizados pela dimensão longitudinal do

VE, e outras dimensões são incorporadas às medidas de volume. Apesar das vantagens práticas de se usar este novo método para avaliação da função diastólica do VE, seria importante, em estudos futuros, avaliar sua acurácia em comparação a outros métodos existente na avaliação geral das doenças cardíacas que causam disfunção diastólica do VE, verificando a sensibilidade e a especificidade em classificar diferentes graus de disfunção diastólica. Outra limitação do presente estudo foi o número relativamente pequeno de pacientes com DVA.

Finalmente, nós demonstramos que a avaliação da função diastólica pode ser realizada por sequências SSFP por cine-RM adquiridas de rotina em exames de RMC, sem necessidade de adquirir sequências específicas adicionais ou uso de programas específicos. A incorporação desta técnica à rotina clínica melhoraria a capacidade da RMC em analisar a função diastólica, inclusive retrospectivamente a partir de imagens previamente adquiridas por RMC.

Conclusão

O encurtamento longitudinal do VE é uma técnica rápida e confiável para avaliação da disfunção diastólica em pacientes com DVA que pode ser realizada em estudos de RMC de rotina sem necessidade de programas específicos ou sofisticados.

A curva de movimentação da JAV mostrou diferenças significativas em todos os parâmetros de função diastólica analisados entre pacientes com DVA e controles normais. Mais estudos são necessários para confirmar o valor do método em outras doenças cardíacas.

Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa: Ribeiro SM, Azevedo Filho CF, Sampaio R, Tarasoutchi F, Grinberg M, Kalil-Filho R, Rochitte CE; Obtenção de dados, Análise e interpretação dos dados e Redação do manuscrito: Ribeiro SM, Azevedo Filho CF, Rochitte CE; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Azevedo Filho CF, Sampaio R, Tarasoutchi F, Grinberg M, Kalil-Filho R.

Potencial conflito de interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Fontes de financiamento

O presente estudo foi financiado pela Fundação Zerbini.

Vinculação acadêmica

Este artigo é parte de tese de Pós-doutorado de Sergio Marrone Ribeiro pela Universidade de São Paulo – USP.

Aprovação ética e consentimento informado

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

Referências

1. Zile MR, Brutsaert DL. New concepts in diastolic dysfunction and diastolic heart failure: part I: diagnosis, prognosis, and measurements of diastolic function. *Circulation*. 2002;105(11):1387-93.
2. Aurigemma GP. Diastolic heart failure—a common and lethal condition by any name. *N Engl J Med*. 2006;355(3):308-10.
3. Maurer MS, Burkhoff D, Fried LP, Gottdiener J, King DL, Kitzman DW. Ventricular structure and function in hypertensive participants with heart failure and a normal ejection fraction: the cardiovascular health study. *J Am Coll Cardiol*. 2007;49(9):972-81.
4. Fonarow GC, Stough WG, Abraham WT, Albert NM, Gheorghiade M, Greenberg BH, et al. Characteristics, treatments, and outcomes of patients with preserved systolic function hospitalized for heart failure: a report from the OPTIMIZE-HF registry. *J Am Coll Cardiol*. 2007;50(8):768-77.
5. Westermann D, Kasner M, Steendijk P, Spillmann F, Riad A, Weitmann K, et al. Role of left ventricular stiffness in heart failure with normal ejection fraction. *Circulation*. 2008;117(16):2051-60.
6. From AM, Scott CG, Chen HH. The development of heart failure in patients with diabetes mellitus and pre-clinical diastolic dysfunction: a population-based study. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55(4):300-5.
7. Dusch MN, Thadani SR, Dhillon GS, Hope MD. Diastolic function assessed by cardiac MRI using longitudinal left ventricular fractional shortening. *Clinical Imaging*. 2014;38(5):666-8.
8. Lamb HJ, Beyerbach HP, de Roos A, van der Laarse A, Vliegen HW, Leujes F, et al. Left ventricular remodeling early after aortic valve replacement: differential effects on diastolic function in aortic valve stenosis and aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol*. 2002;40(12):2182-8.
9. Saba SG, Chung S, Bhagavatula S, Donnino R, Srichai MB, Saric M, et al. A novel and practical cardiovascular magnetic resonance method to quantify mitral annular excursion and recoil applied to hypertrophic cardiomyopathy. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2014;16:35.
10. Okayama S, Nakano T, Uemura S, Fujimoto S, Somekawa S, Watanabe M, et al. Evaluation of left ventricular diastolic function by fractional area change using cine cardiovascular magnetic resonance: a feasibility study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:87.
11. Kawaji K, Codella NC, Prince MR, Chu CW, Shakoob A, LaBounty TM, et al. Automated segmentation of routine clinical cardiac magnetic resonance imaging for assessment of left ventricular diastolic dysfunction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2009;2(6):476-84.
12. Rathi VK, Doyle M, Yamrozik J, Williams RB, Caruppanan K, Truman C, et al. Routine evaluation of left ventricular diastolic function by cardiovascular magnetic resonance: a practical approach. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2008 Jul 8;10:36.
13. Fernandes VR, Edvardsen T, Rosen BD, Carvalho B, Campos O, Cordeiro MA, et al. The influence of left ventricular size and global function on regional myocardial contraction and relaxation in a population free of cardiovascular disease: a tagged CMR study of the MESA cohort. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2007;9(6):921-30.
14. Neizel M, Korosoglou G, Lossnitzer D, Kühl H, Hoffmann R, Ocklenburg C, et al. Impact of systolic and diastolic deformation indexes assessed by strain-encoded imaging to predict persistent severe myocardial dysfunction in patients after acute myocardial infarction at follow-up. *J Am Coll Cardiol*. 2010;56(13):1056-62.
15. Levy D, Garrison RJ, Savage DD, Kannel WB, Castelli WP. Prognostic implications of echocardiographically determined left ventricular mass in the Framingham Heart Study. *N Engl J Med*. 1990;322(22):1561-6.
16. Villari B, Hess OM, Kaufmann P, Krogmann ON, Grimm J, Krayenbuehl HP. Effect of aortic valve stenosis (pressure overload) and regurgitation (volume overload) on left ventricular systolic and diastolic function. *Am J Cardiol*. 1992;69(9):927-34.
17. Lund O, Flø C, Jensen FT, Emmertsen K, Nielsen TT, Rasmussen BS, et al. Left ventricular systolic and diastolic function in aortic stenosis. *Eur Heart J*. 1997;18(12):1977-87.
18. Villari B, Vassalli G, Monrad ES, Chiariello M, Turina M, Hess OM. Normalization of diastolic dysfunction in aortic stenosis late after valve replacement. *Circulation*. 1995;91(9):235-8.
19. Kumpuris AG, Quinones MA, Waggoner AD, Kanon DJ, Nelson JG, Miller RR. Importance of preoperative hypertrophy, wall stress and end-systolic dimension as echocardiographic predictors of normalization of left ventricular dilatation after valve replacement in chronic aortic insufficiency. *Am J Cardiol*. 1982;49(5):1091-100.
20. Faggino P, Rusconi C, Ghizzoni G, Sabatini T. Left ventricular remodeling and function in adult aortic stenosis. *Angiology*. 1994;45(12):1033-8.
21. Bech-Hanssen O, Wallentin I, Houltz E, Suurkuula MB, Larsson S, Caidahl K. Gender differences in patients with severe aortic stenosis: impact on preoperative left ventricular geometry and function, as well as early postoperative morbidity and mortality. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1999;15(1):24-30.
22. Lamb HJ, Beyerbach HP, van der Laarse A, Stoel BC, Doornbos J, van der Wall EE, et al. Diastolic dysfunction in hypertensive heart disease is associated with altered myocardial metabolism. *Circulation*. 1999;99(17):2261-7.
23. Karwatowski SP, Brecker SJD, Yang GZ, Firmin DN, Sutton MSJ, Underwood SR. Mitral valve flow measured with cine MR velocity mapping in patients with ischemic heart disease: comparison with Doppler echocardiography. *J Magn Reson Imaging*. 1995;5(1):89-92.
24. Pluim BM, Lamb HJ, Kayser HW, Leujes F, Beyerbach HP, Zwinderman AH, et al. Functional and metabolic evaluation of the athlete's heart using magnetic resonance imaging and dobutamine stress magnetic resonance spectroscopy. *Circulation*. 1998;97(7):666-72.

