

## Strain Longitudinal Global ou Twist do Ventrículo Esquerdo e Torção? Qual se Correlaciona Melhor com a Fração de Ejeção?

*Global Longitudinal Strain or Left Ventricular Twist and Torsion? Which Correlates Best with Ejection Fraction?*

Marcio Silva Miguel Lima,<sup>1</sup> Hector R Villarraga,<sup>2</sup> Maria Cristina Donadio Abduch,<sup>1</sup> Marta Fernandes Lima,<sup>1</sup> Cecilia Beatriz Bittencourt Viana Cruz,<sup>1</sup> João Cesar Nunes Sbrano,<sup>1</sup> Mariana Callil Voos,<sup>1</sup> Wilson Mathias Junior,<sup>1</sup> Jeane Mike Tsutsui<sup>1</sup>

Instituto do Coração (InCor), Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo<sup>1</sup>, São Paulo, SP – Brasil; Mayo Clinic,<sup>2</sup> Rochester – EUA

### Resumo

**Fundamento:** A estimativa da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) é uma das principais indicações para a ecocardiografia. *Speckle tracking* (ST) permite a análise da mecânica de contração do VE que inclui a deformação (*strain*) longitudinal global (SLG) e o *twist* / torção, sendo ambos os mais utilizados. A comparação direta de correlações entre esses novos parâmetros e a FEVE nunca foi feita antes.

**Objetivo:** Verificar qual delas tem a maior correlação com a FEVE.

**Métodos:** Pacientes com FEVE normal ( $> 0,55$ ) e disfunção sistólica (FEVE  $< 0,55$ ) foram prospectivamente inscritos e submetidos a ecocardiograma com análise do ST. A correlação das variáveis foi realizada por análise de regressão linear. Além disso, também foi testada a correlação entre os níveis de comprometimento sistólico do VE.

**Resultados:** Foram incluídos 131 pacientes (média de idade de  $46 \pm 14$  anos e 43% de homens). A FEVE e SLG apresentaram forte correlação ( $r = 0,95$ ;  $r^2 = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ), mais evidente em grupos com disfunção sistólica do VE do que naqueles com FEVE preservada. Também foi encontrada boa correlação com a taxa de deformação (*strain rate*) longitudinal (SRL) global ( $r = 0,85$ ;  $r^2 = 0,73$ ;  $p < 0,001$ ). Comparando-a à SLG, a correlação entre FEVE e mecânica de torção foi mais fraca: *twist* ( $r = 0,78$ ;  $r^2 = 0,60$ ;  $p < 0,001$ ); Torção ( $r = 0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,001$ ).

**Conclusão:** A SLG do ventrículo esquerdo apresenta alta correlação positiva com o parâmetro clássico de fração de ejeção, principalmente nos casos de comprometimento sistólico do VE. O SRL também demonstrou uma boa correlação. A SLG incrementa a análise da função sistólica do VE. Por outro lado, apesar de ser a pedra angular da mecânica do VE, o *twist* e a torção têm uma correlação mais fraca com a ejeção do VE, quando comparados ao SLG. (Arq Bras Cardiol. 2017; 109(1):23-29)

**Palavras-chave:** Volume Sistólico; Torção Mecânica; Strain; Anormalidade Torcional; Ecocardiografia Doppler; Disfunção Ventricular Esquerda.

### Abstract

**Background:** Estimative of left ventricular ejection fraction (LVEF) is a major indication for echocardiography. *Speckle tracking* echocardiography (STE) allows analysis of LV contraction mechanics which includes global longitudinal strain (GLS) and twist/torsion, both the most widely used. Direct comparison of correlations between these novel parameters and LVEF has never been done before.

**Objective:** To check which one has the highest correlation with LVEF.

**Methods:** Patients with normal LVEF ( $> 0,55$ ) and systolic dysfunction (LVEF  $< 0,55$ ) were prospectively enrolled, and underwent echocardiogram with STE analysis. Correlation of variables was performed by linear regression analysis. In addition, correlation among levels of LV systolic impairment was also tested.

**Results:** A total of 131 patients were included (mean age,  $46 \pm 14$ ; 43%, men). LVEF and GLS showed a strong correlation ( $r = 0.95$ ;  $r^2 = 0.89$ ;  $p < 0.001$ ), more evident in groups with LV systolic dysfunction than those with preserved LVEF. Good correlation was also found with global longitudinal strain rate ( $r = 0.85$ ;  $r^2 = 0.73$ ;  $p < 0.001$ ). Comparing to GLS, correlation of LVEF and torsional mechanics was weaker: *twist* ( $r = 0.78$ ;  $r^2 = 0.60$ ;  $p < 0.001$ ); torsion ( $r = 0.75$ ;  $r^2 = 0.56$ ;  $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** GLS of the left ventricle have highly strong positive correlation with the classical parameter of ejection fraction, especially in cases with LV systolic impairment. Longitudinal strain rate also demonstrated a good correlation. GLS increments analysis of LV systolic function. On the other hand, although being a cornerstone of LV mechanics, twist and torsion have a weaker correlation with LV ejection, comparing to GLS. (Arq Bras Cardiol. 2017; 109(1):23-29)

**Keywords:** Stroke Volume; Torsion, Mechanical; Strain; Torsion Abnormality; Echocardiography, Doppler; Ventricular Dysfunction, Left.

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

**Correspondência:** Marcio Silva Miguel Lima •

Serviço de Ecocardiografia do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas. Av. Dr. Eneas de Carvalho Aguiar, 44. CEP 05403-900, Cerqueira César, São Paulo, SP – Brasil

E-mail: marciolimamd@cardiol.br

Artigo recebido em 06/06/2016, revisado em 22/01/2017, aceito em 09/03/2017

DOI: 10.5935/abc.20170085

## Introdução

A estimativa da fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE) é um dos principais objetivos de um estudo ecocardiográfico, sendo geralmente realizada por meio da fórmula de Teichholz ou pelo método biplanar de Simpson. A FEVE reflete a força de contração do miocárdio e é um parâmetro reconhecido de longa data na Cardiologia, importante em uma ampla gama de condições cardíacas.

*Speckle tracking* (ST) é um método relativamente novo, mas que já foi amplamente validado. Ao rastrear o deslocamento de *speckles* do miocárdio, quadro a quadro, de forma independente do ângulo, ST permite a determinação de múltiplos aspectos da mecânica de contração do VE, tais como deslocamento segmentar e velocidade, *strain* e *strain rate*, rotações, *twist* / torção e seus derivados. A integração de todos estes parâmetros compreende um método muito preciso e sensível, que caracteriza completamente a função sistólica do VE.<sup>1-3</sup> Entre todos esses parâmetros, o *strain* longitudinal global (SLG) e o *twist* / torção são atualmente os mais utilizados (Figura 1). A dinâmica torcional é a essência da mecânica de contração do VE.<sup>4-10</sup> A comparação direta das correlações entre esses novos parâmetros e a FEVE nunca foi feita antes. A utilidade clínica destes dados se baseia especialmente nos casos de valores inferiores limite da FEVE (0,50-0,55), onde existe uma possibilidade de disfunção ventricular sistólica. Esta informação é crucial e tem um papel importante no tratamento e prognóstico do paciente. Neste estudo procurou-se correlacionar esses parâmetros mais recentes de avaliação sistólica do VE com a FEVE, a fim de se determinar qual deles apresenta a maior correlação com esse índice clássico na ecocardiografia.

## Métodos

### Participantes do estudo

De janeiro de 2010 a agosto de 2013, 135 pacientes foram recrutados prospectivamente para participar deste estudo de centro único. Foram incluídos voluntários normais e pacientes de um ambulatório de cardiologia geral. A inscrição dos pacientes compreendeu um amplo intervalo de FEVE, de normal a disfunção sistólica importante. Os critérios de exclusão foram a presença de arritmias supraventriculares (fibrilação atrial ou flutter), pressão arterial sistêmica acima de 180/110 mmHg, história de infarto do miocárdio ou doença arterial coronariana, marcapasso, doença significativa da tireoide, insuficiência renal terminal e pacientes menores de 18 anos.

O comitê de ética institucional aprovou o estudo, e todos os participantes deram o consentimento esclarecido. Todas as investigações clínicas foram conduzidas de acordo com os princípios expressos na Declaração de Helsinque.

### Ecocardiografia e aquisição de imagem STE

A ecocardiografia foi realizada em plataformas ecocardiográficas comercialmente disponíveis equipadas com sonda MS5 (GE Vivid 7 e E9, GE Healthcare, Milwaukee, Wisconsin). A avaliação completa do ecocardiograma 2D e do Doppler foi realizada seguindo as recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia.<sup>11</sup> A FEVE foi medida pela regra de Simpson. A função diastólica foi avaliada pelo padrão E / A do fluxo mitral e pelas curvas Doppler anular (e'/a'). As valvas foram avaliadas por Doppler colorido, pulsado e contínuo.

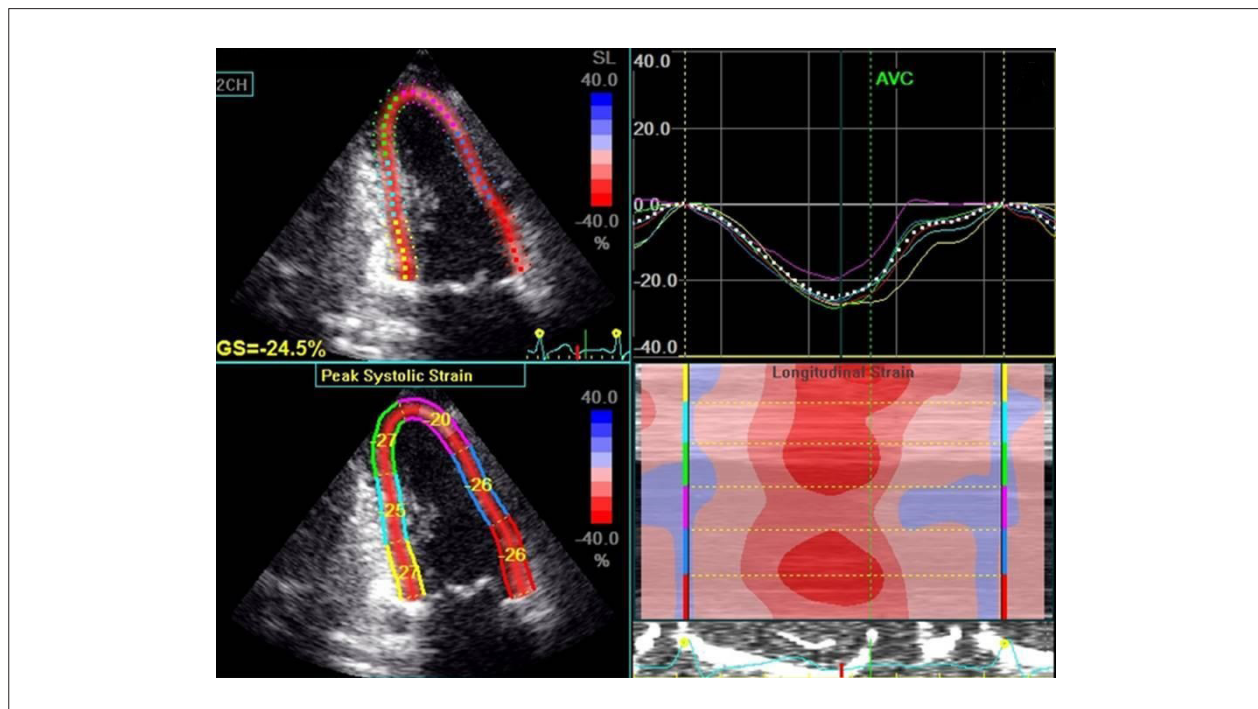


Figura 1 – Exemplo de análise de deformação longitudinal global usando ecocardiografia de speckle tracking. GS: strain longitudinal global; AVC: fechamento da valva aórtica.

O protocolo de eco-ST incluiu a aquisição de eixos curtos e incidências apicais. As incidências paraesternais no eixo curto foram obtidas na base do VE (nível da valva mitral) e no ápice do VE, próximo à obliteração apical quando ainda há uma clara visualização dos segmentos. Para este "corte" apical, a fim de evitar o viés de quantificação, criamos outro novo critério: uma clara identificação visual do ápice no sentido anti-horário.

O *twist* ventricular esquerdo é o movimento de torção do coração em torno de seu eixo longo. É calculado como a diferença absoluta entre as rotações apical e basal ( $VE_{twist} = ROT_{apical} - ROT_{basal}$ ). A torção é uma normalização do *twist* do VE para o comprimento do eixo longo do VE ( $VE_{twist} / VE_{comprimento}$ ). Por convenção amplamente assumida, a rotação apical teve valores positivos e a basal, negativos (Figura 2).<sup>12</sup>

A aquisição de incidências apicais (A3C, A2C e A4C) se seguiu às imagens transversais. As imagens foram adquiridas a uma taxa de enquadramento de 40-80 qps. Foram armazenados três ciclos cardíacos consecutivos.

A análise de ST foi realizada de forma offline usando um software dedicado (EchoPAC, v. BT10, GE Healthcare). Para imagens de eixos curtos<sup>7-12</sup> e para apical foram colocados 3 pontos de ancoragem. O software definiu automaticamente a região de interesse (ROI) para toda a espessura miocárdica, que foi dividida em seis segmentos codificados por cores (total: 18 segmentos). Especial atenção foi dada para não incluir as trabéculas miocárdicas e o pericárdio. Foram possíveis ajustes. Após esta etapa, realizou-se um rastreamento automático de *speckles* miocárdicos e foram fornecidos resultados finais sobre a qualidade deste rastreamento para cada segmento codificado por cor. Se houve um rastreamento

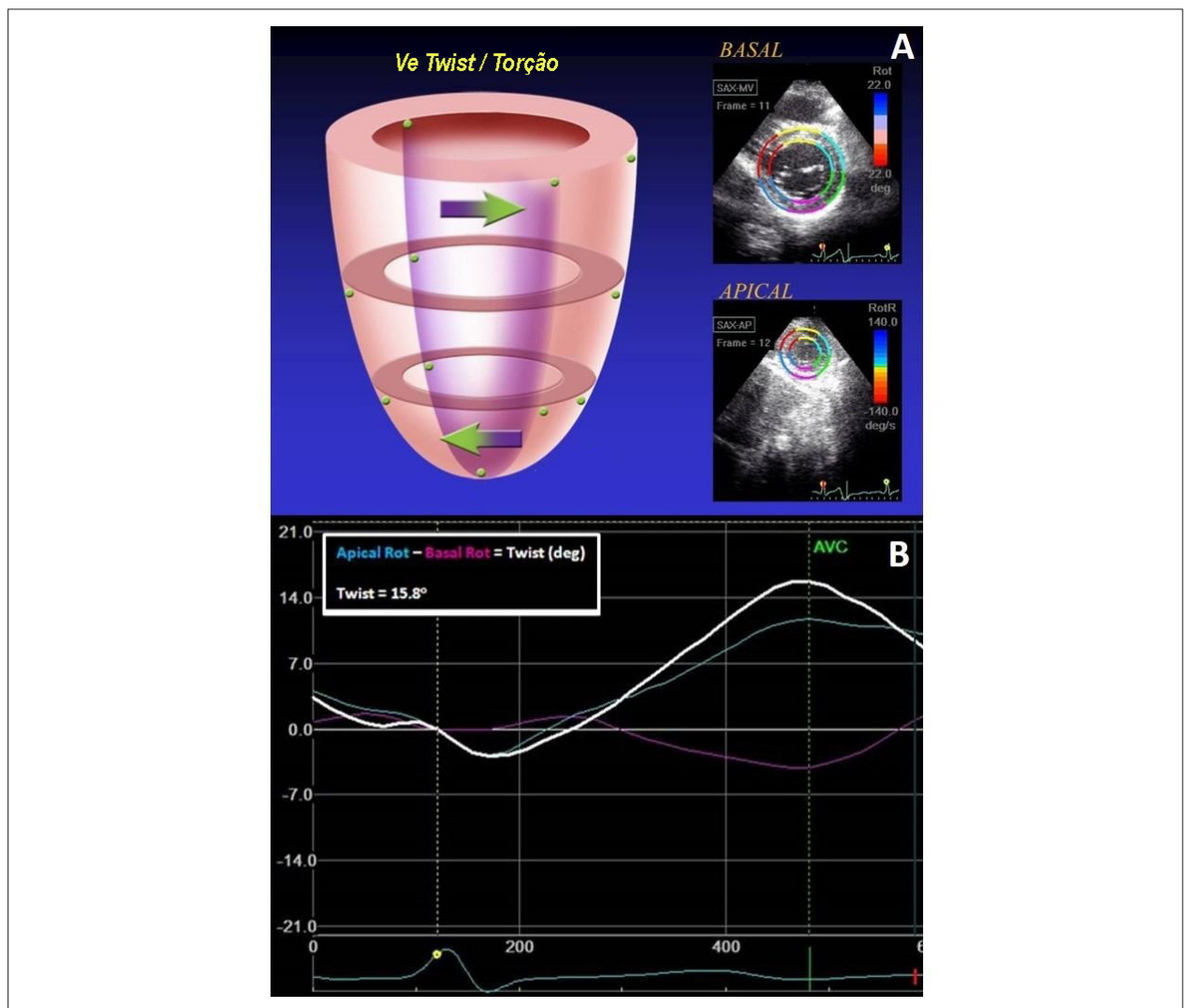


Figura 2 – A: Representação de twist / torção do VE no sentido horário na base e no sentido anti-horário no ápice (vista do ápice). B: Exemplo de análise de twist de VE (linha branca, twist VE, linha ciana, rotação apical, linha rosa, rotação basal).

subótimo de um segmento, o ajuste também foi possível. Após a aceitação desta análise, curvas foram fornecidas para todas as variáveis estudadas e esses dados foram exportados para uma planilha. Os valores globais foram definidos como a média dos segmentos analisados.

As análises de correlação foram realizadas usando dados globais e por grupos, de acordo com a sua FEVE: grupo 1 (FEVE > 0,55), grupo 2 (FEVE: 0,55-0,30) e grupo 3 (FEVE < 0,30).

### Análise estatística

As variáveis contínuas são apresentadas como média  $\pm$  DP e as variáveis categóricas como números e proporções. Realizou-se o teste de Kolmogorov-Smirnov e uma análise de histograma para verificar a normalidade da distribuição dos dados. Assumiu-se uma distribuição normal das variáveis analisadas. A correlação das variáveis foi realizada por análise de regressão linear com determinação do coeficiente de correlação de Pearson. Seis pacientes foram escolhidos aleatoriamente, três com FEVE normal e três com disfunção sistólica, para análise da variabilidade interobservador e intraobservador. Valores de  $p$  bicaudal < 0,05 num intervalo de confiança de 95% foram considerados estatisticamente significativos. As estatísticas foram realizadas usando SPSS 20.0 para Macintosh (SPSS Inc., Chicago, IL).

### Resultados

Entre os 135 pacientes inicialmente incluídos neste estudo, 4 foram excluídos porque a análise ST não foi possível devido a imagens acústicas de baixa qualidade. Portanto, a população final do estudo foi representada por um total de 131 indivíduos. A exequibilidade global para a análise ST foi de 97%. A idade média foi de  $46 \pm 14$  anos e 57 (43%) eram homens. Um total de 27 (20,6%) indivíduos tinham hipertensão.

As características clínicas da linha de base estão descritas na tabela 1. A maior quantidade de pacientes estava na classe I (NYHA) da classificação funcional de insuficiência cardíaca congestiva e entre todos os medicamentos cardiovasculares rotineiramente prescritos, os inibidores da enzima conversora de angiotensina,  $\beta$ -bloqueador e diuréticos foram os mais utilizados.

As características ecocardiográficas convencionais e os dados das análises de ST são apresentados na tabela 2. A FEVE média foi de  $0,52 \pm 0,17$ , variando de 0,12 a 0,72. Os valores médios e intervalos de dados de ST são os seguintes: SLG,  $17,64\% \pm 5,73$  (3,47-2,64); SRL,  $1,00 \text{ s-1} \pm 0,27$  (0,39-1,58); Twist,  $14,90^\circ \pm 7,08$  (-9,54 - 31,60); Torção,  $1,78^\circ/\text{cm} \pm 0,91$  (-1,03-4,05).

Uma correlação muito forte foi identificada entre a FEVE e a SLG ( $r = 0,95$ ;  $r^2 = 0,89$ ;  $p < 0,001$ ) (Figura 3). A correlação entre FEVE e SRL também foi boa ( $r = 0,85$ ;  $r^2 = 0,73$ ;  $p < 0,001$ ). Por outro lado, comparando-se a esses parâmetros longitudinais, a correlação entre FEVE e mecânica de torção foi mais fraca: twist ( $r = 0,78$ ;  $r^2 = 0,60$ ;  $p < 0,001$ ); Torção ( $r = 0,75$ ,  $r^2 = 0,56$ ,  $p < 0,001$ ).

Tabela 1 – Características clínicas, demográficas e hemodinâmicas

Variáveis	
Idade (a)	46 $\pm$ 14
Gênero M	57 (43%)
Peso (Kg)	70,3 $\pm$ 14,4
Altura (cm)	165 $\pm$ 10
SC (m <sup>2</sup> )	1,77 $\pm$ 0,21
IMC (kg/m <sup>2</sup> )	25,6 $\pm$ 3,9
HAS	27 (21%)
DM	6 (5%)
<b>CHF (NYHA) (NYHA)†</b>	
I	38 (29%)
II	20 (15%)
III/IV	3 (2%)
<b>Terapia</b>	
Digital	10 (8%)
IECA	46 (35%)
Bloqueador	50 (38%)
BRA	14 (11%)
Diuréticos	40 (30%)
Ant. Aldost.	31 (24%)
FC (bpm)	69 $\pm$ 12
PAS (mmHg)	123 $\pm$ 15
PAD (mmHg)	75 $\pm$ 11

SC: superfície do corpo; IMC: índice de massa corporal; HAS: hipertensão arterial sistêmica; DM: diabetes mellitus; CHF (NYHA): classe funcional de insuficiência cardíaca congestiva; IECA: inibidor da enzima de conversão da angiotensina;  $\beta$  bloqueador: bloqueador beta, BRA: bloqueador do receptor da angiotensina II; Ca ++: bloqueador dos canais de cálcio; Aldost Ant: antagonista de aldosterona; FC: frequência cardíaca; PAS: pressão arterial sistólica; PAD: pressão arterial diastólica.

A análise das correlações de acordo com os níveis de dados de comprometimento sistólico é apresentada na tabela 3. A correlação foi maior entre SLG e FEVE em grupos com disfunção sistólica leve / moderada ( $r = 0,88$ ;  $p < 0,001$ ) e grave ( $p < 0,001$ ). Por outro lado, esta correlação foi muito fraca nos casos de contração do VE preservada ( $r = 0,40$ ;  $p < 0,001$ ).

### Variabilidade intraobservador e interobservador

As variabilidades interobservador e intraobservador para parâmetros longitudinais foram de 6% e 5%, respectivamente, com menor variabilidade para strain longitudinal (3 e 4%).

Para as variáveis obtidas a partir da incidência de eixo curto, incluindo twist e torção, a variabilidade interobservador foi de 23%. A torção apresentou o maior valor (38%). A variabilidade intraobservador foi de 19%. A rotação basal foi a mais alta (32%).

Tabela 2 – Variáveis ecocardiográficas

Variáveis	
AE (mm)	37,3 ± 6,2
DDVE (mm)	54,7 ± 10,7
DSVE (mm)	40,8 ± 13,8
EFVE (%)	26,7 ± 10,8
VDFVE (ml)	138,9 ± 66,3
VSFVE (ml)	76,2 ± 61,2
FEVE (%)	51,7 ± 17,2
<b>Disfunção Diastólica</b>	
Normal	71 (54%)
Grau I	40 (30%)
Grau II	14 (11%)
Grau III	1 (1%)
Grau IV	5 (4%)
E onda (m/s)	0,77 ± 0,21
TDE (ms)	214,0 ± 65,9
A onda (m/s)	0,60 ± 0,21
s' (cm/s)	0,06 ± 0,02
e' (cm/s)	0,08 ± 0,03
a' (cm/s)	0,07 ± 0,02
E/e'	12,7 ± 8,3
<b>Grau de RM</b>	
Ausente/Trivial	77 (59%)
Leve	38 (29%)
Moderado	10 (8%)
Severo	6 (5%)
SLG (%)	-17,64 (± 5,73)
SRL (1/s)	-1,00 (± 0,27)
Twist (°)	14,91 (± 7,08)
Torção (°/cm)	1,78 (± 0,91)

Variáveis contínuas expressas como média ± DP. Variáveis categóricas expressas em frequência (proporção). AE: átrio esquerdo; DDVE: diâmetro diastólico do ventrículo esquerdo; DSVE: diâmetro sistólico do ventrículo esquerdo; EFVE: encurtamento fracionário de ventrículo esquerdo; VDFVE: volume diastólico final do ventrículo esquerdo; VSFVE: volume sistólico final do ventrículo esquerdo; FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; TDE: tempo de desaceleração da onda E; A onda: velocidade da onda A; s': velocidade de onda s; e': velocidade da onda e; a': velocidade da onda a; Grau de RM: grau de regurgitação mitral. SLG: strain longitudinal global; SRL: strain rate longitudinal.

## Discussão

Neste estudo procurou-se correlacionar esses novos parâmetros de avaliação sistólica com a FEVE, a fim de determinar qual deles apresenta a maior correlação com esse índice clássico na ecocardiografia. Nosso principal interesse foi nas correlações SLG e twist / torção do VE, já que eles são os mais utilizados.

Nossos resultados mostraram uma forte correlação entre a FEVE e SLG. Essa correlação já foi demonstrada experimentalmente por Weideman et al.<sup>13</sup> e em estudos clínicos prévios de Reant et al.,<sup>14</sup> Hayat et al.<sup>15</sup> e Kleijn et al.<sup>16</sup> Esses autores também encontraram esta boa correlação, especialmente com a medição da área global de strain usando ecocardiografia tridimensional de rastreamento de speckles ( $r = 0,81-0,91$ ). Goo-Yeong Cho et al.<sup>17</sup> testaram SLG e strain circunferencial como substitutos da FEVE como ferramenta prognóstica para eventos adversos cardíacos em pacientes com insuficiência cardíaca aguda. Ambos foram preditores prognósticos independentes de morte e readmissão por insuficiência cardíaca.<sup>17</sup>

Nosso objetivo foi também buscar correlação com outros parâmetros de mecânica torcional do VE, twist e torção. Também demonstramos uma boa correlação com a FEVE, mas não tão forte quanto a que encontramos com SLG. Uma explicação para esse fato pode residir no movimento tridimensional dos segmentos miocárdicos. Como o 2D-ST perde uma orientação deste movimento, a precisão do rastreio do speckle do miocárdio diminui, possivelmente afetando esses valores. Isso é mais significativo no eixo curto do VE, onde são feitas medições circunferenciais e radiais. Movimento longitudinal fora do plano é perdido e tem um impacto razoável no rastreamento, às vezes aparecendo como ruído. Por outro lado, o movimento circunferencial e de rotação do VE não tem um impacto substancial no eixo longitudinal afetando ligeiramente o rastreamento.<sup>18</sup>

## Aspectos clínicos

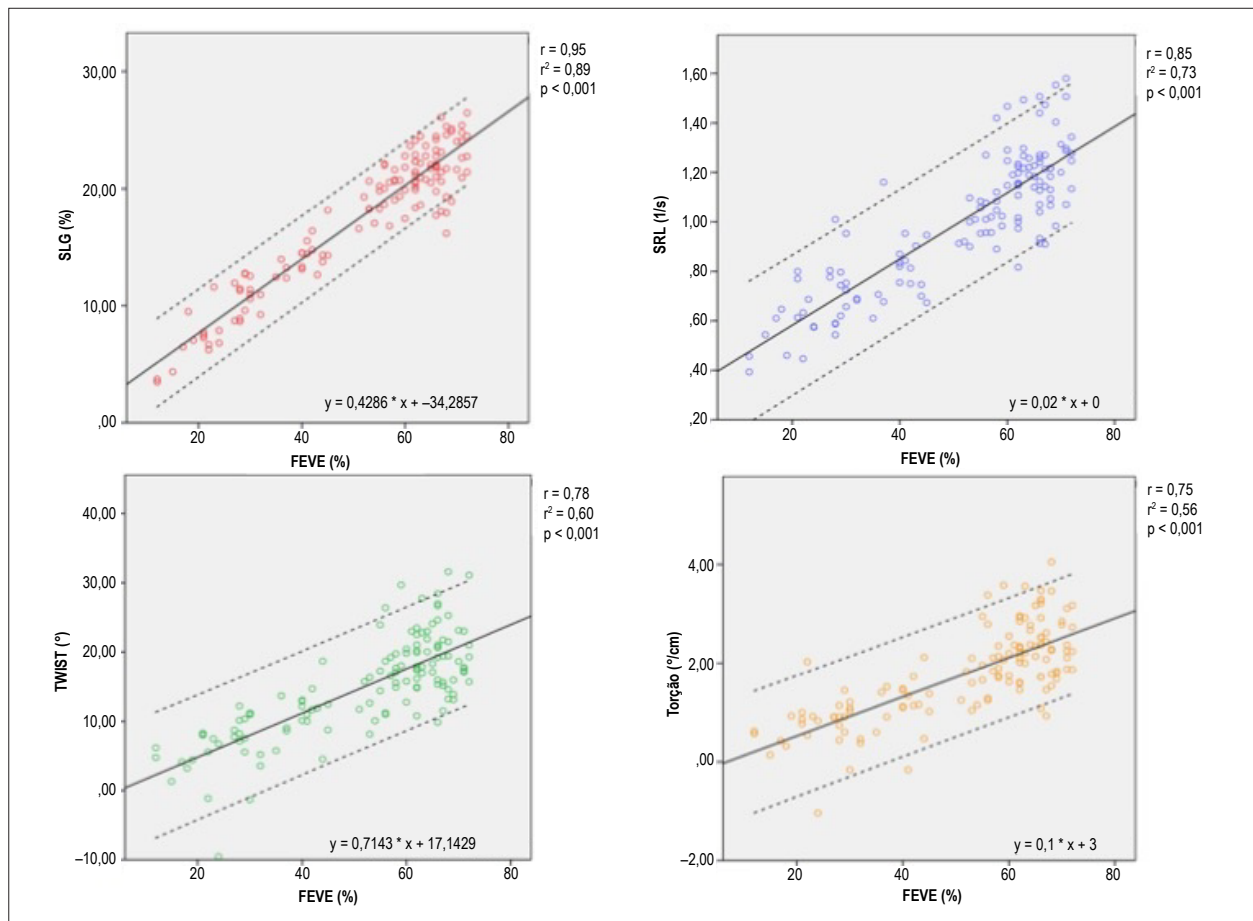
Os resultados obtidos neste estudo têm significância clínica e prática, especialmente nos casos de FEVE estimados em seus limites normais inferiores (FEVE 0,50-0,55). Nesses casos, SLG pode ajudar a definir objetivamente a força de contração do VE. Valores mais baixos de SLG em um ajuste de uma FEVE normal podem representar uma superestimação da fração de ejeção ou uma possível diminuição na deformação miocárdica, um passo imediatamente antes de uma futura redução global da contração do VE. Além disso, a análise SLG é relativamente fácil de ser realizada, levando apenas alguns minutos durante um ecocardiograma convencional e adiciona um parâmetro sensível e objetivo para a avaliação da função sistólica do ventrículo esquerdo.

Finalmente, apesar de apresentarem uma correlação ainda pior com a FEVE, o twist e a torção do VE são ainda bons parâmetros sensíveis que podem agregar uma caracterização objetiva da função sistólica global miocárdica.

## Limitações

Apesar do método ST ter sido amplamente validado, é uma técnica evolutiva, e ainda são necessárias melhorias, como a precisão de rastreamento. Além disso, essa precisão também é altamente dependente da qualidade da imagem. Uma resolução subótima pode produzir um impacto negativo nos resultados finais.

Neste estudo, utilizamos o 2D-ST, não contemplando a análise do movimento de segmentos miocárdicos tridimensionais.



**Figura 3** – Correlação de diferentes parâmetros de contração do VE com FEVE ( $p < 0,001$  para todas as correlações). SLG e SLGRs são exibidos em valores absolutos. FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; SLG: strain longitudinal global; SRL: strain rate longitudinal.

**Tabela 3** – Correlação entre FEVE e parâmetros de mecânica de contração do VE, de acordo com os níveis de comprometimento sistólico. Coeficiente de Pearson (r)

	FEVE > 0,55	FEVE 0,55 – 0,30	FEVE < 0,30
FEVE X SLG	-0,40 *	-0,88 *	-0,82 *
FEVE X SRL	-0,36 <sup>Δ</sup>	-0,57 *	-0,55 <sup>◊</sup>
FEVE X Twist	0,13 <sup>◊</sup>	0,44 *	0,34 <sup>◊</sup>
FEVE X Torção	0,14 <sup>◊</sup>	0,45 *	0,23 <sup>◊</sup>

FEVE: fração de ejeção do ventrículo esquerdo; SLG: strain longitudinal global; SRL: strain rate longitudinal. \*  $p < 0,001$ ; <sup>Δ</sup>  $p = 0,02$ ; \*  $p = 0,03$ ; <sup>◊</sup>  $p = NS$

A falta de análise de um movimento para fora do plano pode ter tido algum impacto no resultado final. Atualmente, o 3D-ST pode superar esse inconveniente.<sup>19</sup>

A subjetividade da ecocardiografia pode trazer vieses de quantificação. Isto é exemplificado quando se refere ao nível de "corte" do VE no seu eixo curto. Marcos anatômicos foram seguidos para tentar padronizar os níveis, como a valva

mitral para o nível basal e os músculos papilares para o nível médio. No entanto, para o segmento apical, não há marcador anatômico e pequenas variações no nível de aquisição de imagem podem levar a valores distorcidos. Para excluir este fato, estabelecemos outro critério: uma identificação visual de, pelo menos, uma tendência de rotação do ápice (diferenciando-se do nível médio do VE).

## Conclusões

O SLG do ventrículo esquerdo tem forte correlação positiva com o parâmetro clássico de fração de ejeção, especialmente em casos com comprometimento sistólico do VE. O SRL também demonstrou uma boa correlação. A utilidade clínica destes dados baseia-se especialmente nos casos de valores limite inferiores da FEVE (0,50-0,55), existindo uma possibilidade de disfunção ventricular sistólica. SLG incrementa a análise da função sistólica do VE. Por outro lado, apesar de ser a pedra angular da mecânica do VE, o *twist* e a torção têm uma correlação mais fraca com a ejeção do VE, quando comparados ao SLG.

## Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa, redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual

importante: Lima MSM, Villarraga HR, Mathias Junior W, Tsutsui JM; Obtenção de dados: Lima MSM, Abduch MCD, Lima MF, Cruz CBBV, Sbano JCN; Análise e interpretação dos dados e obtenção de financiamento: Lima MSM, Tsutsui JM; Análise estatística: Lima MSM, Villarraga HR.

## Potencial conflito de interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

## Fontes de financiamento

O presente estudo foi financiado pela FAPESP.

## Vinculação acadêmica

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

## Referências

1. Langeland S, D'Hooge J, Wouters PF, Leather HA, Claus P, Bijmens B, et al. Experimental validation of a new ultrasound method for the simultaneous assessment of radial and longitudinal myocardial deformation independent of insonation angle. *Circulation*. 2005;112(14):2157-62.
2. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, Lyseggen E, Amundsen BH, Smith HJ, et al. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation - Speckle tracking echocardiography. *Circulation*. 2005;112(20):3149-56.
3. Amundsen BH, Helle-Valle T, Edvardsen T, Torp H, Crosby J, Lyseggen E, et al. Noninvasive myocardial strain measurement by speckle tracking echocardiography - Validation against sonomicrometry and tagged magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2006;47(4):789-93.
4. Edvardsen T, Helle-Valle T, Smiseth OA. Systolic dysfunction in heart failure with normal ejection fraction: Speckle-tracking echocardiography. *Prog Cardiovasc Dis*. 2006;49(3):207-14.
5. Notomi Y, Lysyansky P, Sotner RM, Shiota T, Popovic ZB, Martin-Miklovic MG, et al. Measurement of ventricular torsion by two-dimensional ultrasound speckle tracking imaging. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45(12):2034-41.
6. Becker M, Bilke E, Kuehl H, Katoh M, Kramann R, Franke A, et al. Analysis of myocardial deformation based on pixel tracking in two dimensional echocardiographic images enables quantitative assessment of regional left ventricular function. *Heart*. 2006;92(8):1102-8.
7. Opdahl A, Helle-Valle T, Remme EW, Vartdal T, Pettersen E, Lunde K, et al. Apical rotation by speckle tracking echocardiography: A simplified bedside index of left ventricular twist. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(10):1121-8.
8. Kim H-K, Sohn D-W, Lee S-E, Choi S-Y, Park J-S, Kim Y-J, et al. Assessment of left ventricular rotation and torsion with two-dimensional speckle tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20(1):45-53.
9. Bansal M, Leano RL, Marwick TH. Clinical assessment of left ventricular systolic torsion: Effects of myocardial infarction and ischemia. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(8):887-94.
10. Park S-J, Miyazaki C, Bruce CJ, Ommen S, Miller FA, Oh JK. Left ventricular torsion by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with diastolic dysfunction and normal ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2008;21(10):1129-37.
11. 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.
12. Voigt JU, Pedrizzetti G, Lysyansky 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. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015;16(1):1-11.
13. Weidemann F, Jamal F, Sutherland GR, Claus P, Kowalski M, Hatle L, et al. Myocardial function defined by strain rate and strain during alterations in inotropic states and heart rate. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*. 2002;283(2):792-9.
14. Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, et al. Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012;25:68-79.
15. Hayat D, Kloeckner M, Nahum J, Ecohard-Dugelay E, Dubois-Rande JL, Jean-Francois D, et al. Comparison of real-time three-dimensional speckle tracking to magnetic resonance imaging in patients with coronary heart disease. *Am J Cardio*. 2012;109(2):180-6.
16. Kleijn SA, Brouwer WP, Aly MF, Russel IK, de Roest GJ, Beek AM, et al. Comparison between three-dimensional speckle-tracking echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for quantification of left ventricular volumes and function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13(10):834-9.
17. Cho GY, Marwick TH, Kim HS, Kim MK, Hong KS, Oh DJ. Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure. *J Am Coll Cardiol*. 2009;54(7):618-24.
18. Maffessanti F, Nesser HJ, Weinert L, Steringer-Mascherbauer R, Niel J, Gorissen W, et al. Quantitative evaluation of regional left ventricular function using three-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with and without heart disease. *Am J Cardiol*. 2009;104(12):1755-62.
19. Jasaityte R, Heyde B, D'hooge J. Current state of three-dimensional myocardial strain estimation using echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26(1):15-28.