

# Melhora da Função Ventricular Direita após Programa de Reabilitação Pulmonar em Pacientes com DPOC Avaliada por Ecocardiografia *Speckle Tracking*

*Right Ventricular Functional Improvement after Pulmonary Rehabilitation Program in Patients with COPD Determined by Speckle Tracking Echocardiography*

Batur Gonenc Kanar,<sup>1</sup> Ipek Ozmen,<sup>2</sup> Elif Ozari Yildirim,<sup>2</sup> Murat Ozturk,<sup>2</sup> Murat Sunbul<sup>1</sup>

Marmara University,<sup>1</sup> Istanbul – Turquia

Sureyyapasa Chest Medicine Research and Training Hospital,<sup>2</sup> Istanbul - Turquia

## Resumo

**Fundamento:** Embora a disfunção do ventrículo direito (VD) nas doenças pulmonares tenha sido associada ao aumento da morbidade, as ferramentas para a identificação da disfunção do VD não estão bem definidas.

**Objetivo:** O objetivo deste estudo foi avaliar a disfunção do VD por ecocardiografia *speckle tracking* (STE) em pacientes com doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC), e se a STE pode ser usada como indicador de melhora da função ventricular direita após um programa de reabilitação pulmonar (RP).

**Métodos:** Quarenta e seis pacientes com DPOC submetidos ao programa de RP e 32 controles sadios pareados por sexo e idade foram incluídos no estudo. A função do VD foi avaliada na admissão e após o programa de RP por ecocardiografia bidimensional convencional e por STE. Além disso, a tolerância ao exercício foi avaliada pelo teste de caminhada de seis minutos (TC6M).

**Resultados:** Pacientes com DPOC apresentaram pior função do VD segundo STE e ecocardiografia bidimensional convencional. Em comparação ao método convencional, a STE mostrou maior sensibilidade em determinar melhora da função ventricular direita após o programa de RP – *strain* longitudinal (SL) global do VD:  $20,4 \pm 2,4\%$  vs.  $21,9 \pm 2,9\%$   $p < 0,001$ ; SL da parede livre do VD:  $18,1 \pm 3,4\%$  vs.  $22,9 \pm 3,7\%$ ,  $p < 0,001$ . O SL da parede livre do VD relacionou-se diretamente com a distância percorrida no TC6M basal ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,001$ ) e com a variação no TC6M  $\Delta$  (TC6M) ( $r = 0,41$ ,  $p = 0,04$ ).

**Conclusões:** Concluímos que a STE pode ser tão eficaz como a ecocardiografia bidimensional convencional na avaliação das funções globais e regionais do VD. Ainda, a STE pode se tornar uma importante ferramenta de avaliação e acompanhamento de pacientes com DPOC submetidos à RP para determinar a relação entre função ventricular direita e tolerância ao exercício. (Arq Bras Cardiol. 2018; [online].ahead print, PP.0-0)

**Palavras-chave:** Disfunção Ventricular Direita / reabilitação; Doença Pulmonar Obstrutiva Crônica / reabilitação; Ecocardiografia / métodos; Strain; Speckle Tracking.

## Abstract

**Background:** Although right ventricular (RV) dysfunction in pulmonary diseases has been associated with increased morbidity, tools for RV dysfunction identification are not well defined.

**Objective:** The aim of this study was to evaluate the magnitude of RV dysfunction by means of speckle tracking echocardiography (STE) in patients with chronic obstructive pulmonary disease (COPD) and to investigate whether STE could be used as an index of RV improvement after a pulmonary rehabilitation (PR) program.

**Methods:** Forty-six patients with COPD undergoing PR program and 32 age-sex matched healthy subjects were enrolled. RV function was evaluated at admission and after PR program by conventional two-dimensional echocardiography (2DE) and STE. In addition, exercise tolerance of subjects was evaluated using the six-minute walk test (6MWT).

**Results:** COPD patients had worse RV function according to STE and 2DE as well. STE was more sensitive than conventional 2DE in determining RV improvement after PR program – RV global longitudinal strain (LS):  $20.4 \pm 2.4\%$  vs.  $21.9 \pm 2.9\%$   $p < 0.001$  and RV free wall LS:  $18.1 \pm 3.4\%$  vs.  $22.9 \pm 3.7\%$ ,  $p < 0.001$ . RV free wall LS was directly related to distance walked at baseline 6MWT ( $r = 0.58$ ,  $p < 0.001$ ) and to the change in the 6MWT distance (6MWT  $\Delta$ ) ( $r = 0.41$ ,  $p = 0.04$ ).

**Conclusions:** We conclude that STE might be as effective as 2DE for evaluation of global and regional RV functions. STE may become an important tool for assessment and follow-up of COPD patients undergoing PR program to determine the relationship between RV function and exercise tolerance. (Arq Bras Cardiol. 2018; [online].ahead print, PP.0-0)

**Keywords:** Ventricular Dysfunction, Right / rehabilitation; Pulmonary Disease, Chronic Obstructive / rehabilitation; Echocardiography / methods; Strain, Speckle Tracking.

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

Correspondência: Murat Sunbul •

Marmara Üniversitesi Eğitim ve Araştırma Hastanesi, Pendik. 34899, Istanbul – Turquia

E-mail: drmuratsunbul@gmail.com, dresraaydin@yahoo.com

Artigo recebido em 11/11/2017, revisado em 11/04/2018, aceito em 11/04/2018

DOI: 10.5935/abc.20180123

## Introdução

O ventrículo direito (VD) exerce um importante papel na morbidade e na mortalidade de pacientes com sinais e sintomas de doença cardiopulmonar.<sup>1</sup> Apesar de a ecocardiografia transtorácica bidimensional fornecer dados importantes sobre a anatomia e a função do VD, a complexa geometria, e a estrutura em forma de meia lua ao redor do ventrículo esquerdo dificultam sua avaliação.<sup>2</sup> Além disso, medidas por ecocardiografia transtorácica bidimensional convencional, incluindo análises de velocidade e de deslocamento, podem ser afetadas por movimento translacional do coração por variação na respiração. O novo método ecocardiográfico baseado na técnica de rastreamento de pontos (STE, do inglês *speckle tracking echocardiography*) avalia a deformação miocárdica em imagens em escala de cinza (modo-B) e pode ser usado para avaliar tanto a deformação (*strain*) miocárdica global como regional sem ser limitado pelo ângulo de feixe do método de Doppler.<sup>3,4</sup>

Pacientes com doença respiratória crônica em estágio avançado apresentam sintomas graves apesar de um tratamento farmacológico adequado. A reabilitação pulmonar (RP) complementa o tratamento médico convencional, e parece atuar na redução da dispneia, aumentar o desempenho no exercício, e melhorar funções do VD.<sup>5</sup> Atualmente, sabe-se que a doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC) está associada à alta mortalidade e morbidade por disfunção do VD.<sup>6,7</sup>

A ecocardiografia transtorácica bidimensional foi usada em vários estudos para avaliação do VD de pacientes com doenças cardiopulmonares. No entanto, há dados relativamente limitados sobre a avaliação da função do VD por técnica de *strain* obtida por *speckle tracking* (*speckle tracking-derived strain*).<sup>8,9</sup> Portanto, nosso objetivo foi analisar o uso da STE na avaliação da função global e regional do VD e o impacto do programa de RP sobre a função ventricular direita.

## Métodos

### Delineamento do estudo e participantes

Os indivíduos foram recrutados do hospital de pesquisa em medicina torácica *Sureyyapasa Chest Medicine and Thoracic Surgery Research and Training Hospital*, Istambul, Turquia. Foram incluídos 57 pacientes com DPOC moderada a muito grave (estádio II a IV segundo classificação da GOLD - Iniciativa Global para a doença pulmonar obstrutiva crônica, do inglês *Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease*). Seis pacientes foram excluídos das análises pela baixa qualidade dos registros ecocardiográficos. Nos demais pacientes, não foi possível analisar o segmento apical da parede livre do VD em 3 pacientes, e a região apical do septo em 2 pacientes.

Todos os pacientes tinham um diagnóstico prévio de DPOC sintomática. O grupo controle incluiu 32 voluntários saudáveis. Foram excluídos pacientes com disfunção sistólica do VE (fração de ejeção < 55%), doença valvular cardíaca importante, cardiomiopatia, história de doença arterial coronariana, cardiomiopatia, história de doença arterial coronariana, ou doença maligna. O estudo foi realizado segundo princípios da Declaração de Helsinque. O estudo foi

aprovado pelo comitê de ética local e todos os participantes assinaram termo de consentimento.

Pacientes adultos com DPOC e doença pulmonar sintomática controlada, admitidos no programa de RP ambulatorial, foram encaminhados por pneumologistas após uma avaliação clínica multidisciplinar (incluindo pneumologista, cardiologista, enfermeiro e fisioterapeuta) inicial. Antes de iniciar o programa de RP, foi adquirida a história médica dos pacientes e realizado exame físico. Medidas específicas registradas no início e no final do programa de RP incluíram o teste de caminhada de seis minutos (TC6M), escala de dispneia do mMRC (*modified Medical Research Council*), índice BODE – índice de massa corporal, grau de obstrução (FEV1), dispneia (escala mMRC), capacidade no exercício. O programa de RP consistiu de 2 sessões/dia por 6 dias/semana, durante 4 semanas. Cada sessão teve duração de 30 minutos e incluiu exercício de caminhada ou bicicleta (limitado por sintomas dos participantes).

Todos os TC6Ms foram realizados em superfície plana, em corredor fechado, sob temperatura controlada, seguindo instruções padronizadas.<sup>10,11</sup> Dois TC6Ms e os testes ecocardiográficos foram realizados no início da pré-reabilitação e também após a reabilitação ao final do programa de RP devido ao possível efeito aprendido. O TC6M com melhor desempenho foi registrado e usado para análise. O delta ( $\Delta$ )TC6M foi determinado pela diferença entre os resultados dos testes realizados antes após reabilitação. O efeito do TC6M após o programa de RP foi avaliado pelo índice BODE e o escore mMRC.

### Ecocardiografia convencional e *speckle-tracking*

Todos os exames de ecocardiografia dos pacientes e controles saudáveis foram realizados de acordo com as diretrizes da Sociedade Americana de Ecocardiografia, utilizando-se um sistema de ultrassom (IE33, Philips Medical Systems, Andover, MA, US).<sup>12</sup> A pressão sistólica da artéria pulmonar (PSAP) foi estimada com base na velocidade máxima da regurgitação tricúspide, utilizando-se a equação simplificada de Bernoulli:  $4 \times (\text{velocidade máxima da regurgitação tricúspide})^2 + \text{pressão atrial direita (PAD)}$ . A PAD foi estimada com base no diâmetro da veia cava inferior e no índice de colapamento.<sup>2</sup> A excursão sistólica do anel tricúspide (TAPSE) é definida como a excursão total do anel tricúspide do final da diástole ao final da sístole, e é tipicamente medida no anel lateral utilizando o módulo M. O tempo de relaxamento isovolumétrico (TRIV), o tempo de contração isovolumétrica (TCIV), o índice de desempenho miocárdico (IDM) [calculado como TRIV + TCIV]/tempo de ejeção, e intervalos de tempo de ejeção foram medidos por Doppler pulsado ou por Doppler tecidual no anel lateral tricúspide. As frações de ejeção do VD e do VE dos métodos bidimensionais foram calculadas como  $(\text{volume diastólico final} - \text{volume sistólico final})/\text{volume diastólico final}$ .

Os princípios gerais do método bidimensional *speckle-tracking* foram descritos previamente.<sup>13,14</sup> Foram obtidas imagens apicais quatro câmaras em escala de cinza e taxa de quadros de 70-80 quadros/s, o que parecem ser os parâmetros mais apropriados para se obter uma boa resolução temporal e definição espacial do VD lateral e da parede livre do VD. Na análise pós-processamento, a região de interesse foi obtida delimitando-se o endocárdio do VD ao nível do septo e a parede

livre em uma imagem estática ao final da sístole. Um programa automático calculou os deslocamentos dos pontos quadro a quadro na região de interesse ao longo do ciclo cardíaco. As curvas do *strain* longitudinal foram obtidas a partir de seis segmentos do VD – basal, medial e apical da parede livre e do septo. A curva do *strain* global do VD baseou-se na média das seis curvas regionais do *strain*, e curvas do *strain* longitudinal da parede lateral do VD foram obtidas repetindo-se as mesmas análises (Figura 1). A extensão da deformação do miocárdio (*strain* longitudinal global ou regional) foi expressa como porcentagem do encurtamento longitudinal na sístole em comparação ao encurtamento longitudinal na diástole para cada segmento de interesse. No dia seguinte, todas as análises foram repetidas duas vezes pelo mesmo observador, para avaliar a variabilidade intraobservador, a qual foi calculada como a diferença média entre as 10 medidas realizadas. Um segundo observador independente repetiu as análises para avaliação da variabilidade interobservador, calculada como a média de duas observações de todos os parâmetros. As variabilidades intraobservador e interobservador foram 5% e 7%, respectivamente.

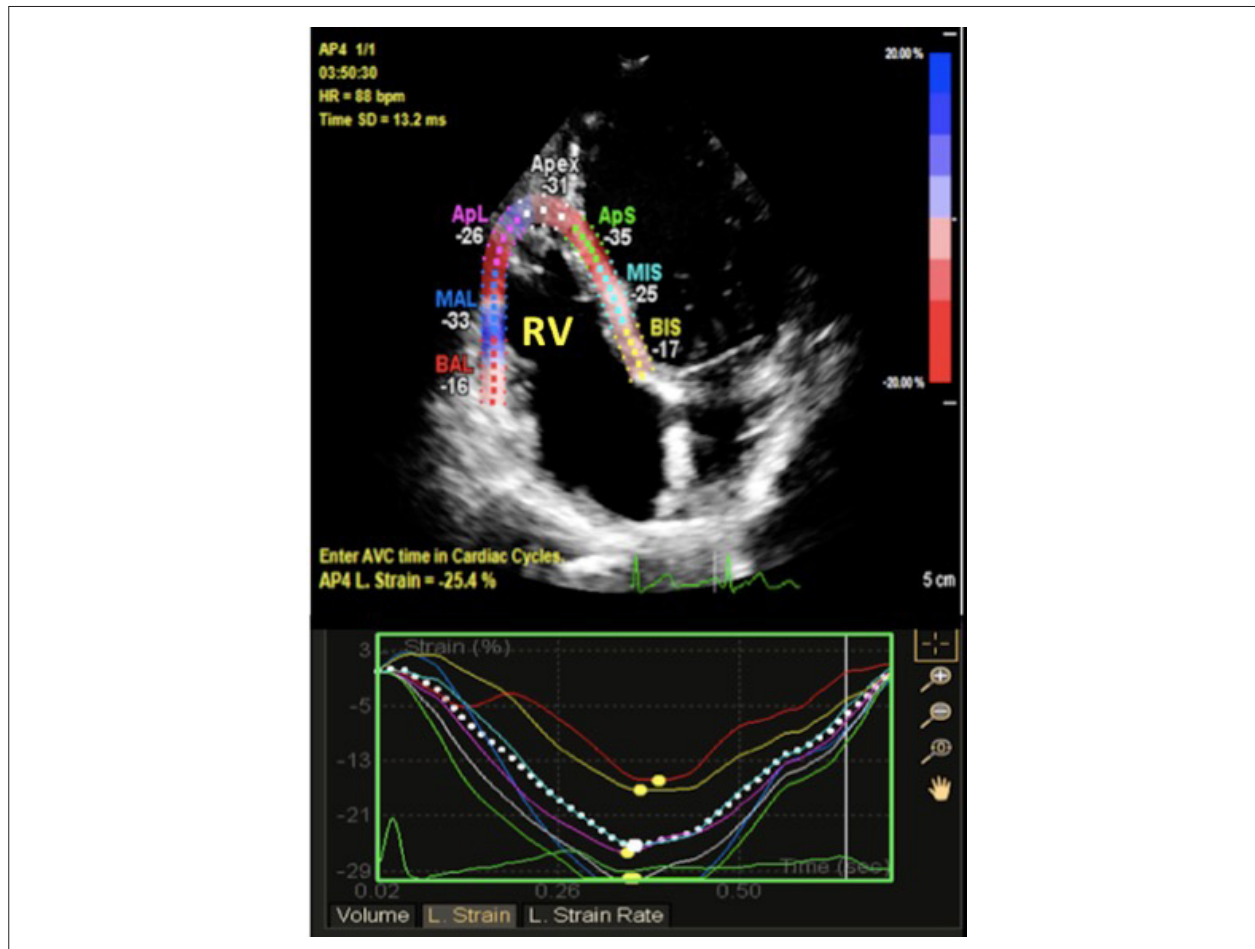
#### Análise estatística

Todos os testes estatísticos foram realizados utilizando-se um programa disponível comercialmente (SPSS 16.0 for Windows;

SPSS, Inc., Chicago, IL, EUA). As variáveis foram investigadas por recursos visuais (histogramas, gráficos de probabilidade) e métodos analíticos (teste de Kolmogorov-Smirnov, teste de Shapiro-Wilk) para verificar se os dados apresentavam distribuição normal. No cálculo amostral, seriam necessários 46 pacientes com DPOC e 32 indivíduos sadios em cada grupo para detectar diferença de dois pontos na escala DAN, com poder de 80% e nível de significância de 1%. As variáveis categóricas são apresentadas em números e porcentagens, e os dados contínuos expressos em média  $\pm$  desvio padrão. Uma vez que todas as variáveis apresentaram distribuição normal, coeficientes de correlações foram calculados pelo teste de Pearson, e comparações dos dados quantitativos pelo teste *t* para amostras pareadas. Um valor de  $p < 0,05$  foi considerado estatisticamente significativo.

#### Resultados

Em nosso estudo, foram incluídos 46 pacientes (idade média  $60,8 \pm 10,2$  anos; 28 homens) com DPOC leve a muito grave, submetidos à RP, e 32 indivíduos sadios (idade média  $58,5 \pm 8,9$  anos; 13 homens). As características basais são apresentadas na Tabela 1. Distribuições de sexo e idade foram similares entre os dois grupos. Segundo a classificação GOLD,



**Figura 1** – Imagens bidimensionais representativas do strain ventricular direito. Corte apical de quatro câmaras pela técnica speckle tracking mostrando o strain longitudinal global e regional do ventrículo direito. L. Strain: strain longitudinal; L. Strain Rate: taxa de strain longitudinal.

**Tabela 1 – Dados clínicos, resultados da ecocardiografia convencional, e *strain* ventricular em pacientes submetidos à reabilitação pulmonar e em indivíduos sadios controles**

	Pacientes submetidos à reabilitação pulmonar (n: 46)	Indivíduos sadios controle (n: 32)	Valor de p
Idade (anos)	60,8 ± 10,2	58,5 ± 8,9	0,15
Sexo (masculino,%)	28(61%)	13(41%)	
Índice de massa corporal (kg/m <sup>2</sup> )	28,2 ± 8,4	27,9 ± 7,2	0,67
Frequência cardíaca (batimentos/min)	78 ± 12	80 ± 10	0,77
Estádios 2/3/4 classificação GOLD, n	22/18/7		
Diâmetro diastólico final basal do VD (mm)	38,1 ± 4,1	27,6 ± 3,5	< 0,001
Diâmetro longitudinal final do VD (mm)	74,2 ± 9,4	60,4 ± 6,4	< 0,001
Espessura da parede anterior do VD (mm)	4,35 ± 0,21	4,19 ± 0,31	0,82
Área sistólica final do AD (mm <sup>2</sup> )	17,2 ± 2,9	12,9 ± 1,8	< 0,001
PSAP (mmHg)	46,7 ± 15,4	24,8 ± 10,5	< 0,001
TAPSE (mm)	16,6 ± 2,6	20,4 ± 3,1	< 0,001
IDM (Doppler tecidual)	0,58 ± 0,08	0,35 ± 0,05	< 0,001
Fração de ejeção do VD (%)	54,8 ± 4,9	56,3 ± 5,5	0,41
Fração de ejeção do VE (%)	57,7 ± 5,5	59,4 ± 4,4	0,34
Excursão sistólica por DTI-VD	12,9 ± 2,93	13,6 ± 3,06	0,38
<i>Strain</i> longitudinal da parede livre do VD (%)	18,1 ± 3,4	27,9 ± 3,6	< 0,001
<i>Strain</i> longitudinal global do VD (%)	20,4 ± 2,4	26,8 ± 3,2	< 0,001

Dados expressos em média ± desvio padrão ou porcentagens. Valores em negrito indicam significância estatística ( $p < 0,05$ ). GOLD: Global Initiative for Chronic Obstructive Lung Disease; VD: ventrículo direito; AD: átrio direito; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; TAPSE: excursão sistólica do anel tricúspide; DTI: Doppler tecidual; IDM: índice do desempenho miocárdico; VE: ventrículo esquerdo.

22 pacientes com DPOC foram classificados como estágio II, 18 como estado III, e 7 como estágio IV. Os pacientes com maior diâmetro do VD, área sistólica final do átrio direito, PSAP, IDM e menor TAPSE basais foram avaliados por ecocardiografia convencional em comparação aos controles sadios. Ainda, observaram-se diferenças significativas no *strain* longitudinal global do VD e no *strain* longitudinal da parede livre do VD entre os dois grupos.

Nas avaliações ecocardiográficas e do TC6M pós-reabilitação, houve melhora significativa nas medidas do VD pela técnica do *speckle tracking* (Tabela 2) e aumento no TC6M. Na avaliação por ecocardiografia transtorácica bidimensional, observaram-se diferenças na PSAP, no IDM e na TAPSE; contudo, somente o PSAP mostrou diferença estatisticamente significativa.

Observou-se relação direta do *strain* longitudinal da parede livre do VD com a distância percorrida no TC6M ( $r = 0,58$ ;  $p < 0,001$ ) e com o  $\Delta$  TC6M ( $r = 0,41$ ;  $p = 0,04$ ) (Figura 2). Houve melhora no índice BODE e nos parâmetros MRC, com diferença estatisticamente significativa no índice BODE. Houve correlação estatisticamente significativa entre o *strain* longitudinal da parede livre do VD e o índice BODE ( $r: 0,52$ ;  $p < 0,001$ ).

## Discussão

Em nosso estudo, avaliamos a disfunção do VD em pacientes com DPOC moderada a muito grave em

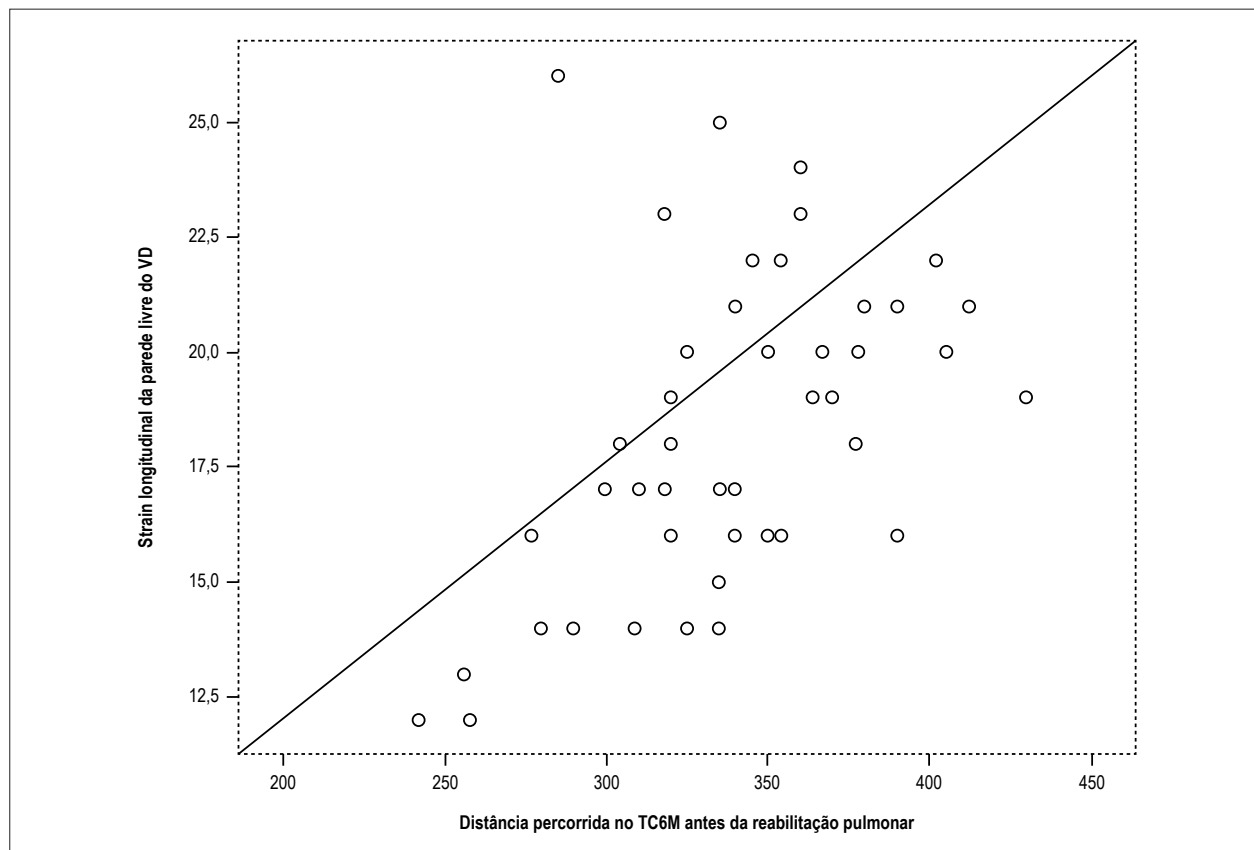
comparação a indivíduos sadios, bem como sua melhora após programa de RP. Mostramos que, para determinar uma melhora da função (tanto global como regional) do VD, a STE mostrou-se tão efetiva como a ecocardiografia bidimensional convencional. Além disso, observou-se relação direta do *strain* longitudinal global com a tolerância ao exercício determinada pelo TC6M e o índice BODE.

Apesar de os modelos prognósticos de DPOC atualmente disponíveis não incluírem função do VD, essa pode ser utilizada como desfecho substituto na determinação das taxas de mortalidade e de morbidade em várias doenças cardiopulmonares.<sup>15,16</sup> Por outro lado, a avaliação do VD pode ser desafiador. A STE supera a maioria das limitações inerentes à ecocardiografia bidimensional convencional, uma vez que independe da translação cardíaca, e é independente de ângulo e da carga, o que permite uma quantificação precisa da função miocárdica. A STE também mostra se o desempenho reduzido do VD deve-se à disfunção global ou à disfunção da contração local.<sup>17</sup> Ainda, a técnica identifica perdas sutis e localizadas na contratilidade, que não chegam a afetar a função sistólica global, mas tem implicações diagnósticas e prognósticas potenciais. O principal resultado do estudo de Focardi et al.,<sup>18</sup> foi a maior correlação entre o *strain* longitudinal (global e da parede livre) do VD com a fração de ejeção do VD calculada por ressonância magnética cardíaca em comparação a índices ecocardiográficos convencionais. Entre os dois parâmetros, a maior acurácia diagnóstica e a maior correlação com a fração de ejeção medida por ressonância cardíaca magnética foram

**Tabela 2 – Dados da ecocardiografia convencional e de strain ventricular em pacientes antes e após a reabilitação pulmonar**

	Antes da reabilitação pulmonar (n:46)	3 meses após a reabilitação pulmonar (n:46)	Valor de p
Diâmetro diastólico final basal do VD (mm)	38,1 ± 4,1	37,7 ± 4,0	0,23
Diâmetro longitudinal final do VD (mm)	74,2 ± 9,4	73,5 ± 9,3	0,69
Espessura da parede anterior do VD (mm)	4,35 ± 0,21	4,22 ± 0,26	0,87
Área sistólica final do AD (mm <sup>2</sup> )	17,22,9	16,9 ± 2,4	0,18
PSAP (mmHg)	46,7 ± 15,4	43,2 ± 16,3	0,03
TAPSE (mm)	16,6 ± 2,6	17,2 ± 3,1	0,09
IDM (Doppler tecidual)	0,58 ± 0,08	0,55 ± 0,07	0,09
Fração de ejeção do VD (%)	54,8 ± 4,9	55,2 ± 5,0	0,72
Fração de ejeção do VE (%)	57,7 ± 5,5	57,4 ± 5,2	0,57
Excursão sistólica por DTI-VD	12,9 ± 2,93	11,8 ± 3,06	0,47
Strain longitudinal da parede livre do VD (%)	18,1 ± 3,4	22,9 ± 3,7	< 0,001
Strain longitudinal global do VD (%)	20,4 ± 2,4	21,9 ± 2,9	< 0,001
Teste de caminhada de seis minutos (m)	326 ± 42,2	355 ± 57,1	< 0,001
Escore mMRC	1,8 ± 0,8	1,7 ± 0,7	0,14
Índice BODE	3,0 ± 2,1	2,8 ± 1,9	0,04

Dados expressos em média ± desvio padrão ou porcentagens. Valores em negrito indicam significância estatística ( $p < 0,05$ ). VD: ventrículo direito; AD: átrio direito; PSAP: pressão sistólica da artéria pulmonar; TAPSE: excursão sistólica do anel tricúspide; DTI: Doppler tecidual; IDM: índice do desempenho miocárdico; VE: ventrículo esquerdo; mMRC: modified medical research council; BODE: índice de massa corporal, grau de obstrução (FEV1), escore de dispneia (escala mMRC), capacidade no exercício (teste de caminhada de seis minutos).



**Figura 2 – Correlação entre strain longitudinal da parede livre do ventrículo direito e distância percorrida no teste de caminhada de 6 minutos (TC6M) antes da reabilitação pulmonar ( $r = 0,58$ ,  $p < 0,001$ ). VD: ventrículo direito.**



observadas para o *strain* longitudinal da parede livre do VD. Em nosso estudo, o *strain* longitudinal da parede livre do VD mostrou maior melhora que o *strain* longitudinal global do VD após o programa de RP, além de correlação estatisticamente significativa com índices de tolerância ao exercício dos pacientes, tais como distância percorrida no TC6M e índice de BODE. Esse resultado pode ser explicado pelo fato de a fina parede livre do VD contrair-se contra a baixa resistência pulmonar, levando à melhora significativa do *strain* após o declínio da resistência pulmonar alcançado pelo programa de RP. Por outro lado, o septo é constituído das mesmas fibras que formam o VE e suporta condições de sobrecarga no VD e de pós-carga do VE. No entanto, essa hipótese deve ser confirmada por outros estudos. Nós analisamos o septo como parte do VD; ele não pode ser considerado uma parte do VE, uma vez que seu encurtamento contribui para a fase de ejeção do VD, e qualquer disfunção em sua contratilidade reduz o desempenho do VD.<sup>14,19</sup>

Devido à escassez dos dados, não foram estabelecidos limites de referência para o *strain* longitudinal do VD nas diretrizes mais recentes. Estudos recentes envolvendo STE tiveram como foco investigar a função do VD em pacientes com doença cardiopulmonar. Hardegree et al.,<sup>20</sup> mostraram que o *strain* longitudinal da parede livre do VD e a distância percorrida no TC6M aumentaram após o início da terapia medicamentosa em pacientes com hipertensão arterial pulmonar (HAP). Motoji et al.,<sup>21</sup> mostraram que o *strain* longitudinal do VD < 19.4% indica alto risco de eventos cardiovasculares adversos em pacientes com HAP. Ainda, Guendouz et al.,<sup>22</sup> relataram que um valor de *strain* longitudinal absoluto inferior a 21% em pacientes com insuficiência cardíaca congestiva detecta pacientes com alto risco de eventos cardíacos adversos. Contudo, em nosso conhecimento, não existem estudos publicados utilizando STE para determinar disfunção do VD e sua melhora após um programa de RP em pacientes com DPOC.

O efeito do programa de RP sobre a função do VD em pacientes com DPOC foi explorado em estudos com ecocardiografia bidimensional. Caminiti et al.,<sup>8</sup> mostraram que TAPSE  $\leq$  16 mm foi um indicador de uma menor distância percorrida no TC6M no basal, e na mudança na distância percorrida no teste em pacientes com DPOC submetidos à RP. De acordo com nossos resultados, a STE foi mais sensível na determinação de disfunção ventricular direita em comparação à ecocardiografia bidimensional. Em outro estudo baseado na ecocardiografia bidimensional, Tanaka et al.,<sup>23</sup> mostraram um aumento no IDM, bem como uma forte correlação entre o IDM e o escore de falta de ar do MRC em pacientes com DPOC. Nossos dados estão de acordo com esses estudos que analisaram a função ventricular direita de pacientes com DPOC por ecocardiografia bidimensional.

#### Limitações do estudo

Algumas limitações de nosso estudo merecem ser consideradas. A principal delas foi o pequeno tamanho da

nossa amostra. Outra limitação foi o fato de que o *strain* do VD foi avaliado apenas no corte de quatro câmaras dos seis segmentos do VD; no entanto, a função longitudinal do VD medida na câmara de entrada é responsável por 80% da função do VD.<sup>24</sup> Se tivéssemos acompanhado a população desse estudo, poderíamos ter investigado o impacto do programa de RP na função do VD, bem como na mortalidade e na morbidade. Finalmente, não comparamos nossos resultados com os obtidos por ressonância magnética cardíaca. No entanto, estudos prévios de *strain* do VE obtido por STE validaram o uso da ressonância magnética cardíaca. Ainda, apesar de a ressonância magnética ser considerada padrão ouro na avaliação do volume e da função do VD, o método tem como limitações seu custo e sua disponibilidade, além de ser considerado inviável de ser realizado após implante de marca-passo cardíaco.<sup>25</sup>

#### Conclusão

Nosso estudo demonstrou que a função ventricular direita melhorou após o programa de RP em pacientes com DPOC. A STE parece ser tão efetiva como os parâmetros já bem estabelecidos da função do VD (i.e., TAPSE, fração de ejeção do VD, e IDM). A avaliação do *strain* global e regional do VD é uma ferramenta simples e efetiva na avaliação clínica de rotina de pacientes com DPOC para investigar a relação entre função do VD e tolerância ao exercício.

#### Contribuição dos autores

Concepção e desenho da pesquisa, obtenção de dados, obtenção de financiamento e redação do manuscrito: Kantar BG, Ozmen I, Yildirim EO, Ozturk M, Sunbul M; Análise e interpretação dos dados e análise estatística: Kantar BG, Sunbul M; Revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: Sunbul M.

#### 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.

#### Aprovação ética e consentimento informado

Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética da Marmara University sob o número de protocolo 70737436-050.06.04. Todos os procedimentos envolvidos nesse estudo estão de acordo com a Declaração de Helsinki de 1975, atualizada em 2013. O consentimento informado foi obtido de todos os participantes incluídos no estudo.

### Referências

1. Chen X, Tang S, Liu K, Li Q, Kong H, Zeng X, et al. Therapy in stable chronic obstructive pulmonary disease patients with pulmonary hypertension: a systematic review and meta-analysis. *J Thorac Dis.* 2015;7(3):309-19.
2. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hui L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the Echocardiographic Assessment of the Right Heart in Adults: A Report from the American Society of Echocardiography: Endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(7):685-713.
3. Rice JL, Stream AR, Fox DL, Geraci MW, Vandivier RW, Dorosz JL, et al. Speckle tracking echocardiography to evaluate for pulmonary hypertension in chronic obstructive pulmonary disease. *COPD.* 2016; 13(5):595-600.
4. Vitarelli A, Mangieri E, Terzano C, Gaudio C, Salsano F, Rosato E, et al. Three-dimensional echocardiography and 2D-3D speckle-tracking imaging in chronic pulmonary hypertension: diagnostic accuracy in detecting hemodynamic signs of right ventricular (RV) failure. *J Am Heart Assoc.* 2015;4(3):e001584.
5. Troosters T, Casaburi R, Gosselink R, Decramer M. Pulmonary rehabilitation in chronic obstructive pulmonary disease. *Am J Respir Crit Care Med.* 2005;172(1):19-38.
6. Cuttica MJ, Kalhan R, Shlobin OA, Ahmad S, Gladwin M, Machado RF, et al. Categorization and impact of pulmonary hypertension in patients with advanced COPD. *Respir Med.* 2010;104(12):1877-82.
7. Han MK, McLaughlin VV, Criner GJ, Martinez FJ. Pulmonary diseases and the heart. *Circulation.* 2007;116(25):2992-3005.
8. Caminiti G, Cardaci V, Conti V, D'Antoni V, Murugesan J, Battaglia D, et al. Right ventricular systolic dysfunction is related to exercise intolerance in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Cardiopulm Rehabil Prev.* 2015;35(1):70-4.
9. Cuttica MJ, Shah SJ, Rosenberg SR, Orr R, Beussin L, Dematte JE, et al. Right heart structural changes are independently associated with exercise capacity in non-severe COPD. *PLoS One.* 2011; 6(12):e29069.
10. ATS Committee on Proficiency Standards for Clinical Pulmonary Function Laboratories. ATS statement: guidelines for the six-minute walk test. *Am J Respir Crit Care Med.* 2002;166(1):111-7.
11. Caminiti G, Volterrani M, Murugesan J, Baratta P, D'Antoni V, Sposato B, et al. Tricuspid annular plane systolic excursion is related to performance at six minute walking test in patients with heart failure undergoing exercise training. *Int J Cardiol.* 2013;169(1):91-2.
12. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, Afilalo J, Armstrong A, Erhand 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. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015;16(3):233-70.
13. Dandel M, Lehmkuhl H, Knosalla C, Suramelashvili N, Hetzer R. Strain and strain rate imaging by echocardiography – basic concepts and clinical applicability. *Curr Cardiol Rev.* 2009;5(2):133-48.
14. Pirat B, McCulloch ML, Zoghbi WA. Evaluation of global and regional right ventricular systolic function in patients with pulmonary hypertension using a novel speckle tracking method. *Am J Cardiol.* 2006;98(5):699-704.
15. Galie N, Humbert M, Vachiery JL, Gibbs S, Lang I, Torbicki A, et al; ESC Scientific Document Group. 2015 ESC/ERS Guidelines for the diagnosis and treatment of pulmonary hypertension: The Joint Task Force for the Diagnosis and Treatment of Pulmonary Hypertension of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Respiratory Society (ERS): Endorsed by: Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC), International Society for Heart and Lung Transplantation (ISHLT). *Eur Heart J.* 2016;37(1):67-119.
16. Hilde JM, Skjorten I, Hansteen V, Melsom MN, Atar D, Hisdal J, et al. Assessment of right ventricular afterload in COPD. *COPD.* 2016;13(2):176-85.
17. Meris A, Faletta F, Conca C, Klersy C, Regoli F, Klimusina J, et al. Timing and magnitude of regional right ventricular function: a speckle tracking-derived strain study of normal subjects and patients with right ventricular dysfunction. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23(8):823-31.
18. Focardi M, Cameli M, Carbone SF, Massoni A, De Vito R, Lisi M, et al. Traditional and innovative echocardiographic parameters for the analysis of right ventricular performance in comparison with cardiac magnetic resonance. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2015; 16(1):47-52.
19. Sugiura E, Dohi K, Onishi K, Takamura T, Tsuji J, Ota S, et al. Reversible right ventricular regional non-uniformity quantified by speckle-tracking strain imaging in patients with acute pulmonary thromboembolism. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22(12):1353-9.
20. Hardegree EL, Sachdev A, Villarraga HR, Frantz RP, McGoon MD, Kushwaha SS, et al. Role of serial quantitative assessment of right ventricular function by strain in pulmonary arterial hypertension. *Am J Cardiol.* 2013;111(1):143-8.
21. Motoji Y, Tanaka H, Fukuda Y, Ryo K, Emoto N, Kawai H, et al. Efficacy of right ventricular free-wall longitudinal speckle-tracking strain for predicting long-term outcome in patients with pulmonary hypertension. *Circ J.* 2013;77(3):756-63.
22. Guendouz S, Rappeneau S, Nahum J, Dubois-Randé J, Gueret P, Monin JL, et al. Prognostic significance and normal values of 2D strain to assess right ventricular systolic function in chronic heart failure. *Circ J.* 2012;76(1):127-36.
23. Tanaka Y, Hino M, Mizuno K, Gemma A. Evaluation of right ventricular function in patients with COPD. *Respir Care.* 2013;58(5):816-23.
24. Carlsson M, Ugander M, Heiberg E, Arheden A. The quantitative relationship between longitudinal and radial function in left, right, and total heart pumping in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2007;293(1):H636-44.
25. Helle-Valle T, Crosby J, Edvardsen T, Lyseggen E, Amundsen BH, Smith HJ, et al. New noninvasive method for assessment of left ventricular rotation. *Circulation.* 2005;112(20):3149-56.

