

Como eu Faço o Strain Longitudinal do Ventrículo Direito com Softwares Automatizados 2D e 3D

My Approach to Right Ventricular Longitudinal Strain with Automated 2D and 3D Software

Lucas Arraes de França,^{1,2} Lucas Velloso Dutra^{3,4}

Hospital Israelita Albert Einstein,¹ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Samaritano Paulista,² São Paulo, SP – Brasil

Hospital Sírio Libanês,³ São Paulo, SP – Brasil

Hospital Edmundo Vasconcelos,⁴ São Paulo, SP – Brasil

Resumo

A análise da deformação miocárdica ventricular direita tem surgido como uma ferramenta diagnóstica importante na detecção de disfunção sistólica ventricular direita inicial não detectada pelas técnicas ecocardiográficas convencionais. Além disso, é capaz de trazer informações diagnósticas e prognósticas adicionais aos parâmetros tradicionais de avaliação da função sistólica ventricular direita em diversas patologias. O método ecocardiográfico de escolha para sua avaliação é o strain longitudinal derivado do speckle-tracking. Ele tem se mostrado mais sensível para pequenas mudanças na função sistólica quando comparado à excursão sistólica do plano do anel tricúspide, estudo da onda s' ao Doppler tecidual do anel tricúspide e variação da área fracional do ventrículo direito. O avanço da inteligência artificial e a presença de softwares com análise automatizada entram neste cenário visando tornar a aplicabilidade do método mais simples, rápida e com menor variabilidade inter e intraobservador. O objetivo deste artigo de revisão é demonstrar o passo a passo da técnica, desde a otimização e aquisição de imagens até a interpretação dos resultados, com figuras ilustrativas de casos selecionados.

Introdução

Por muito tempo a avaliação da função sistólica do ventrículo direito (VD) foi negligenciada. Nos últimos anos, houve um grande salto no entendimento da importância do VD na função cardíaca. Isso fez com que surgissem técnicas ecocardiográficas avançadas não invasivas que tornam sua avaliação funcional mais acurada.

Diversas são as patologias cardíacas adquiridas e congênitas que podem afetar a função sistólica ventricular

direita, levando a uma redução do volume sistólico ejetado (stroke volume) e do débito cardíaco.

A análise da função sistólica ventricular direita tem características extremamente peculiares. Primeiramente pela sua geometria complexa que impede a análise volumétrica bidimensional (2D) com a aplicação de suposições geométricas rotineiramente usadas para aferição dos volumes do ventrículo esquerdo. O VD é composto de via de entrada, corpo, região apical e via de saída (Figura 1), sendo necessária, por meio da ecocardiografia 2D, a realização de diversos planos de corte em janelas ecocardiográficas distintas para avaliação de sua função, sendo impossível por meio da ecocardiografia 2D estimar a fração de ejeção do VD. Além disso, a estimativa de sua função sistólica sofre influência de alterações físicas da respiração e da mecânica ventricular esquerda que interferem na interdependência ventricular. É fundamental ainda entender que a contratilidade miocárdica das paredes do VD apresenta um padrão diferenciado de deformação em relação ao ventrículo esquerdo. Por último,

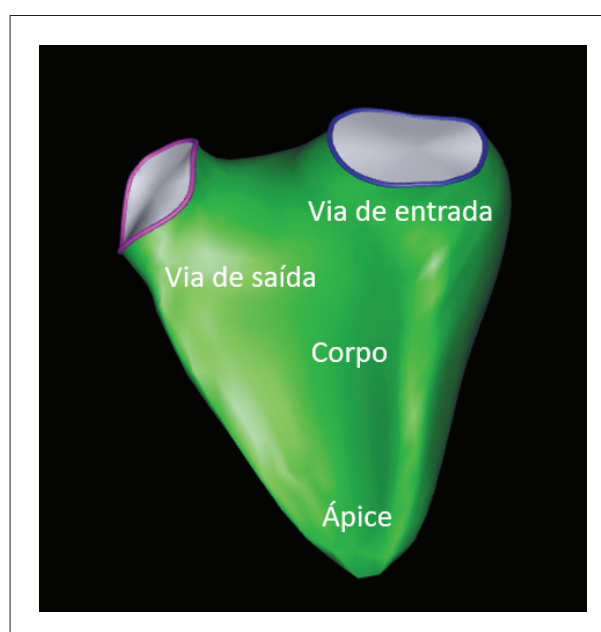


Figura 1 – Reconstrução tridimensional do VD em software automatizado demonstrando sua geometria peculiar.

Palavras-chave

Ecocardiografia; Insuficiência Cardíaca; Disfunção ventricular direita

Correspondência: Lucas Arraes de França •

Av. Albert Einstein, 627/701. Postal code: CEP: 05652-900. Morumbi, São Paulo, SP - Brazil

E-mail: lucas.franca81@gmail.com

Artigo recebido em 15/11/2022; revisado em 20/11/2022; aceito em 29/11/2022.

DOI: <https://doi.org/10.36660/abcimg.20230010>

a parede miocárdica do VD é mais trabeculada, o que torna mais difícil a definição de suas bordas endocárdicas e da interface sangue-tecido.¹

O encurtamento sistólico do VD ocorre principalmente pela deformação miocárdica das fibras com disposição longitudinal, que correspondem a aproximadamente 75% delas, sendo a contribuição da deformação das fibras radiais muito pobre. E é justamente por esta razão que o strain longitudinal do VD surgiu nos últimos anos como uma ferramenta importante na avaliação da função sistólica ventricular direita.²

Há duas formas de se estudar o strain longitudinal do VD: strain derivado do Doppler tecidual e strain derivado do speckle-tracking. A segunda forma é a preferível e vastamente difundida nos principais laboratórios de ecocardiografia no mundo, devido a não dependência do ângulo entre a deformação longitudinal e o feixe de ultrassom. Pela técnica do speckle-tracking é possível aferir o strain longitudinal da parede livre do VD (média do strain de pico sistólico dos 3 segmentos da parede livre) e o strain longitudinal de 6 segmentos (média do strain de pico sistólico dos 3 segmentos do septo e dos 3 segmentos da parede livre) (Figura 2). O strain longitudinal da parede livre do VD é a técnica mais validada devido à grande participação da mecânica ventricular esquerda na deformação do septo.³⁻⁵

Inicialmente, os softwares existentes no mercado para avaliação do strain 2D derivado de speckle-tracking eram destinados exclusivamente a estudar a deformação miocárdica ventricular esquerda e a análise do VD era realizada utilizando estes mesmos softwares o que frequentemente dificultava a análise, levando a resultados inacurados.

Com o desenvolvimento tecnológico e o surgimento da inteligência artificial, nos dias de hoje já é possível de forma completamente automatizada realizar a análise do strain longitudinal do VD a partir de imagens 2D e tridimensionais (3D) com softwares dedicados para este fim com mínima necessidade de ajustes.¹

Aplicabilidades clínicas

Diversas são as indicações clínicas para o estudo da função sistólica ventricular direita por meio do strain longitudinal. Ele apresenta papel importante em diversas patologias que envolvem o VD. Já é bem documentado na literatura que o strain longitudinal do VD tem valor prognóstico adicional aos parâmetros ecocardiográficos convencionais como preditor de morte e rehospitalizações por insuficiência cardíaca, detecção de envolvimento sutil em pacientes portadores de cardiomiopatia hipertrófica e predição de desenvolvimento desta doença em familiares. Ele ainda é capaz de prever sobrevida de eventos cardíacos maiores após infarto agudo do miocárdio de forma mais acurada que a excursão sistólica do plano do anel tricúspide (TAPSE) e a variação da área fracional do VD (FAC),² tendo o strain longitudinal do VD melhor correlação com a ressonância nuclear magnética na estimativa de sua função sistólica.⁶⁻¹⁰

O strain longitudinal do VD já demonstra superioridade ao TAPSE para prever eventos em diferentes etiologias e graus de hipertensão pulmonar. Na insuficiência tricúspide grave, ele é um fator independente associado à mortalidade por todas as causas, demonstrando valor prognóstico adicional ao TAPSE e FAC. Por fim, nas cardiopatias congênitas como tetralogia de Fallot, ele é um parâmetro sensível para detectar disfunção sistólica

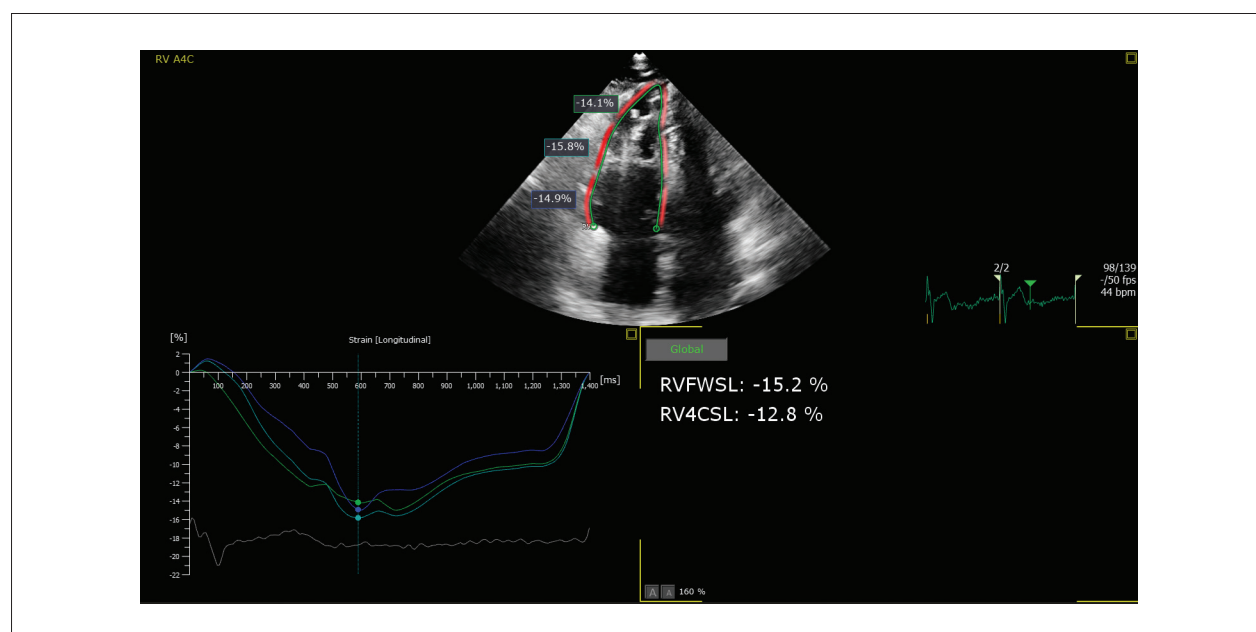


Figura 2 – Análise do strain longitudinal de parede livre e do strain longitudinal de 6 segmentos estimados, respectivamente, em -15,2% e -12,8% em paciente portador de cardiomiopatia arritmogênica do VD com software automatizado.

Artigo de Revisão

ventricular direita e preditor de capacidade funcional aos esforços e disfunção sistólica no pós-operatório.^{2,11}

Aquisição da imagem

A qualidade da imagem adquirida é fundamental para obter resultados acurados. Os passos para aquisição da imagem ideal para realização do strain longitudinal 2D derivado do speckle-tracking em softwares automatizados são:

1. Adquirir um corte apical de 4 câmaras focado no VD (Figura 3). A análise é preferível neste plano de corte devido a uma melhor visibilização da parede livre do VD. Para sua aquisição, é necessário após a realização de um corte apical de 4 câmaras convencional, movimentar o ombro direito do paciente para trás e “bascular” o transdutor em direção ao fígado. Desta forma é possível manter a fonte emissora de ultrassom próxima ao ápice do ventrículo esquerdo e o VD adequadamente posicionado no centro da imagem.

2. A imagem deve conter uma taxa de quadros por segundo (*frame rate*) entre 50 e 80 Hz. Para otimizar a resolução temporal é necessária a redução da largura do setor (*sector width*) e da profundidade.

3. Deve-se adquirir a imagem com no mínimo 2 a 3 ciclos cardíacos com paciente em apneia expiratória, visando um posterior melhor reconhecimento dos *speckles* por parte do software.

4. Nos softwares automatizados atuais, não é necessária a marcação do tempo efetivo de sístole ventricular direita (tempo desde o pico da onda R até o fechamento da valva pulmonar), que era rotineiramente realizada para análise em softwares não automatizados e habitualmente adquirida por meio do estudo com Doppler pulsátil da via de saída do VD.

5. Para resultados acurados, o ideal é que o paciente esteja com frequência cardíaca entre 60 e 100 bpm e com ritmo cardíaco regular. Caso o paciente esteja em ritmo de fibrilação atrial, a variabilidade da frequência cardíaca entre os batimentos não deve superar 10%.^{2,3}

Quando se fala em aferição do strain longitudinal do VD por meio da ecocardiografia 3D com softwares automatizados que utilizam a inteligência artificial, é possível aferir o strain longitudinal da parede livre do VD a partir de uma aquisição “*full volume*” na modalidade *dynamic heart model* (DHM). Os passos para se adquirir um bloco piramidal 3D grande que contenha toda geometria do VD consistem em:

1. Realizar um corte apical de 4 câmaras focado no VD.

2. Ativar o modo de aquisição *heart model* (HM), preferencialmente, com *layout* duplo, atentando-se para o fato do tamanho lateral do bloco 3D e da largura da elevação conter todo o VD (Figura 4).

3. Idealmente o *volume rate* do bloco 3D deve ser superior a 20 Hz, sendo necessários ajustes da largura da elevação e do tamanho lateral para otimização da resolução temporal.

4. O número de ciclos cardíacos adquiridos deve ser de no mínimo 2 a 3 ciclos, com paciente em apneia expiratória e ritmo cardíaco preferencialmente regular.^{1,12}

Análise dos resultados

Nos últimos anos, apesar de demonstrada que a avaliação pelo strain longitudinal do VD pelo método de speckle-tracking na ecocardiografia 2D tem importante implicação no diagnóstico, prognóstico e tratamento de pacientes em diversos contextos clínicos, sua aplicação na prática diária vem sofrendo desafios pela falta da uniformização dos métodos, softwares e valores de referência. Em uma

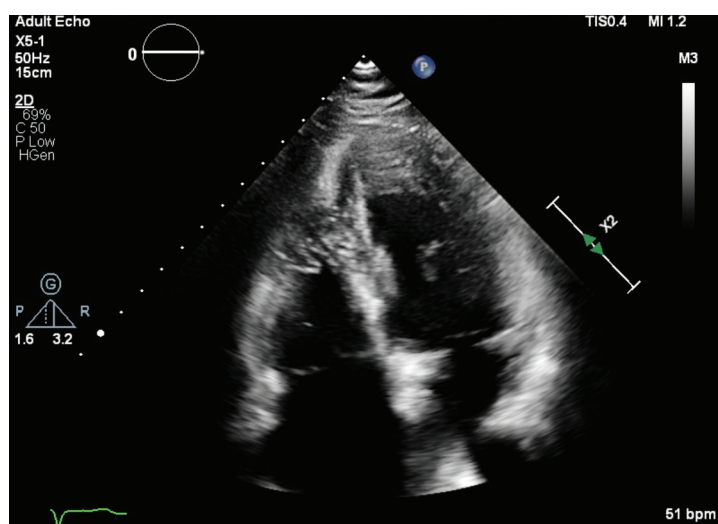


Figura 3 – Corte apical de 4 câmaras focado no VD.

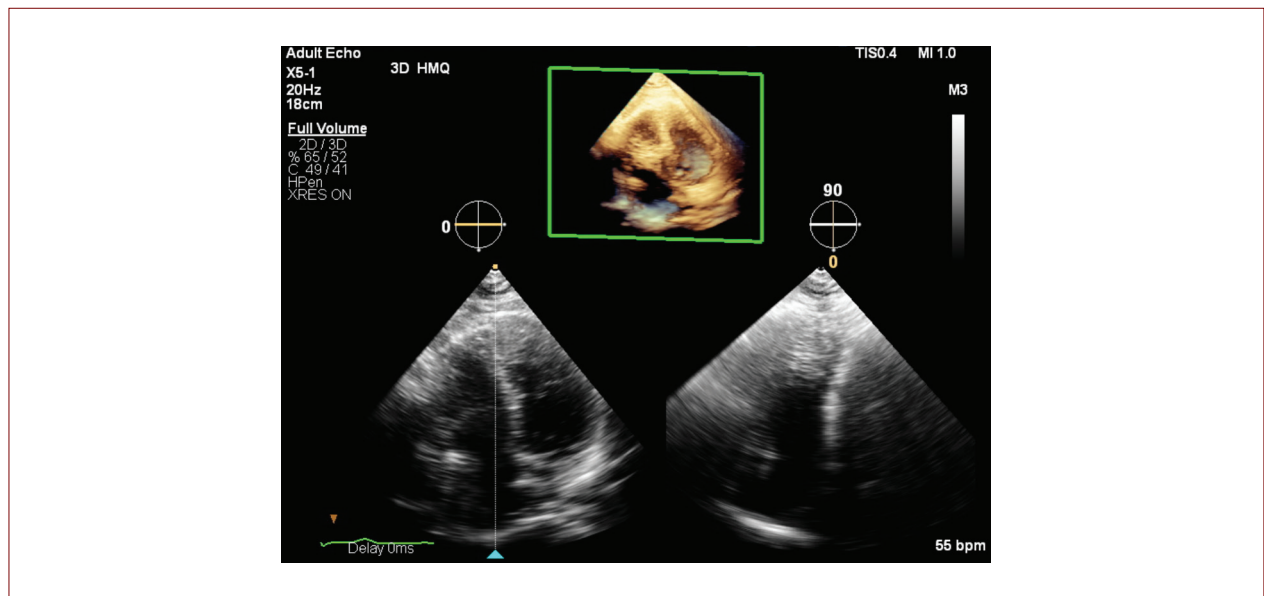


Figura 4 – Aquisição 3D “full volume” na modalidade HM com layout duplo.

publicação em 2016 foi sugerido os valores de corte de $-20,2\%$ para a média aritmética do modelo de 6 segmentos (incluindo parede livre e septo interventricular) e $-23,3\%$ para o modelo de 3 segmentos (parede livre).¹³

Desde então, uma força tarefa³ e um artigo de revisão¹⁴ tentaram uniformizar a forma de aquisição, fortalecendo como padrão a obtenção do corte apical de 4 câmaras focado para o VD. Porém, em muitos artigos publicados até a atualidade essa avaliação partiu do corte apical de 4 câmaras. Existe também uma grande variabilidade de resultados a depender do fabricante, desenvolvedor dos softwares e sexo (valores maiores para mulheres).

Além disso, os dados são limitados para indivíduos saudáveis acima de 60 anos e ainda escassos e inconsistentes para a população pediátrica, podendo os valores variarem de $-20,8\%$ a $-34,1\%$, com média de $-30,1\%$ no modelo de 3 segmentos (parede livre), por exemplo.

O uso de softwares automatizados com inteligência artificial, além de otimizar o fluxo de trabalho, pode auxiliar futuramente na uniformização dos resultados, reduzindo a diferença interobservador.

Como já citado anteriormente, o strain do VD derivado do speckle-tracking pode ser utilizado para avaliação de pacientes com hipertensão pulmonar (incluindo pacientes com embolia pulmonar aguda ou crônica), valvopatias (estenose mitral, insuficiência tricúspide funcional) e insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida ou preservada. Recente artigo de revisão¹⁵ citou as vantagens do método como parâmetro adicional na avaliação da função sistólica do VD, com alto valor preditivo, alta reprodutibilidade e avaliação mecânica de toda espessura da parede livre do VD, relativamente independente de carga e independente de ângulo. Além disso, apresenta alta disponibilidade, baixo custo, tempo curto para aquisição e a não necessidade de treinamento avançado, porém com as desvantagens de falta de um

consenso sobre valores de normalidade e sobre o modelo de 6 ou 3 segmentos, a necessidade de uma alta resolução temporal, dificuldade em janelas ecocardiográficas limitadas e visibilização da parede livre e a necessidade de um ritmo cardíaco estável. A aplicabilidade do strain longitudinal do VD mostrou ser mais robusta em estudos focados na avaliação de hipertensão pulmonar, insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida e insuficiência tricúspide. Em outros contextos clínicos, como na insuficiência cardíaca com fração de ejeção preservada, estenose aórtica e insuficiência mitral, os dados continuam escassos e existe a necessidade de maior investigação.¹⁵

Quanto à análise dos resultados, valores instantâneos do strain são dispostos em uma curva de taxa de deformação miocárdica percentual em função do tempo. No caso do strain longitudinal, as curvas são inscritas abaixo da linha horizontal neutra, considerando-se o nadir o valor máximo (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9). Por convenção o encurtamento sistólico das fibras é representado por valores negativos e o alongamento é expresso por valores positivos. O resultado é demonstrado em valores percentuais. Os valores normais do strain longitudinal variam de acordo com idade, sexo e software, sendo o limite inferior da normalidade de $-20,0\%$ para o modelo de 3 segmentos (parede livre) e $-18,2\%$ para o de 6 segmentos, utilizando o software automatizado TomTec com imagens de sistemas de ultrassom da Philips, Siemens e General Electric, conforme sugerido em um recente estudo,¹⁶ com uma amostra de 1.913 pacientes em que foi utilizado esse sistema.

Outra vantagem da avaliação da parede livre pelo método de strain do VD em relação aos métodos tradicionais de quantificação, é que podemos analisar os valores de deformação nos segmentos apical, médio e basal, como exemplificado na Figura 8 (cardiomiopatia não compactada) e Figura 9 (cardiomiopatia hipertrófica forma apical), em

Artigo de Revisão

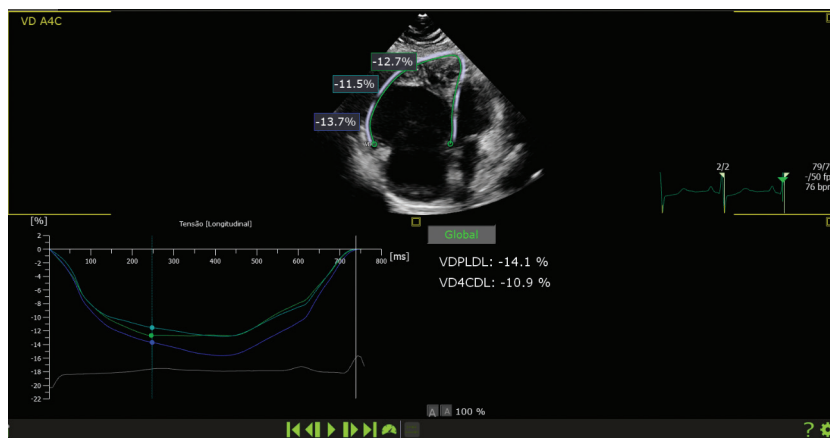


Figura 5 – AutoStrain VD TomTec: Hipertensão pulmonar primária (valor obtido de $-14,1\%$ para o strain longitudinal de parede livre).

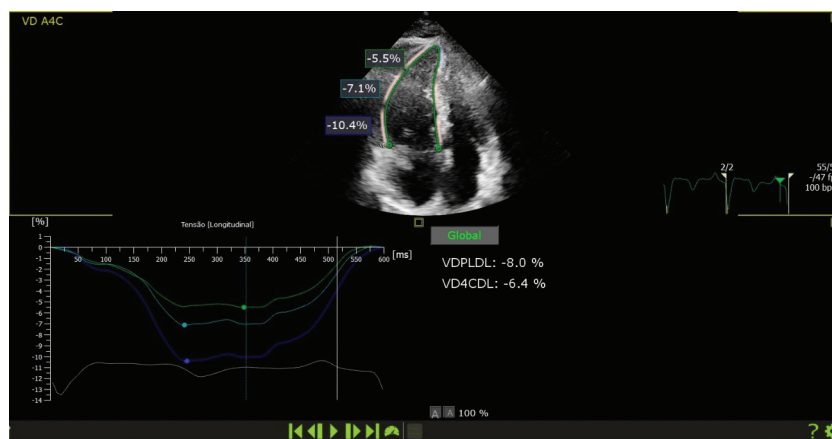


Figura 6 – AutoStrain VD TomTec: hipertensão pulmonar por tromboembolismo pulmonar agudo (valor obtido de $-8,0\%$ para o strain de parede livre).

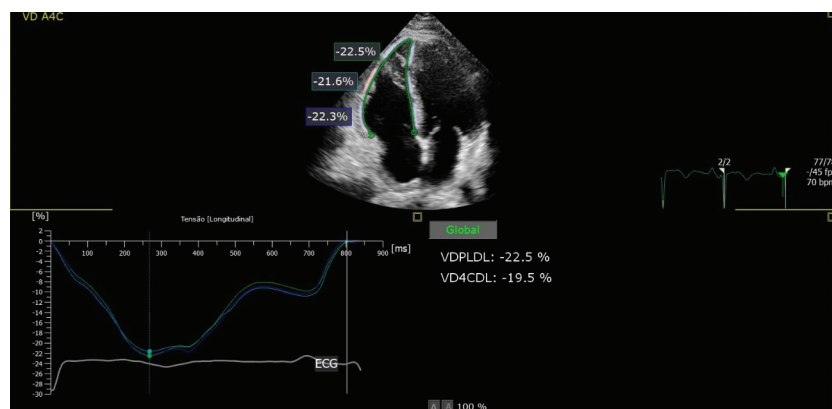


Figura 7 – AutoStrain VD TomTec: exame realizado no mesmo paciente da Figura 6 com tromboembolismo pulmonar agudo dois dias após o tratamento com fibrinolítico e anticoagulação plena (valor obtido de $-22,5\%$ para o strain de parede livre).

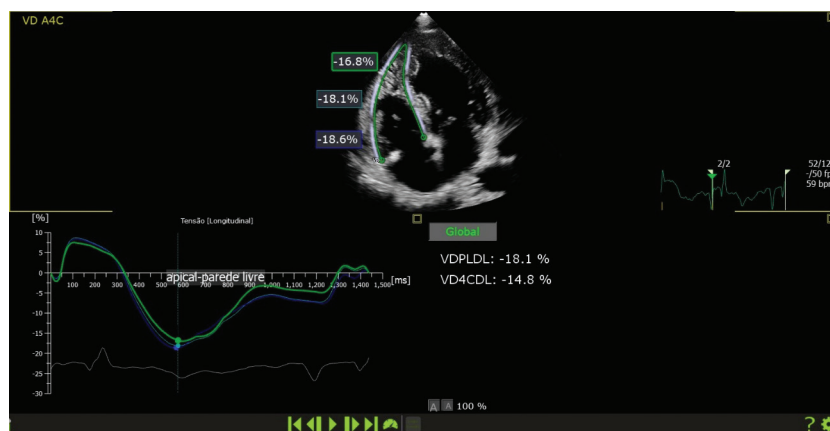


Figura 8 – AutoStrain VD TomTec: cardiomiopatia não compactada (valor obtido de $-18,1\%$ para o strain de parede livre).

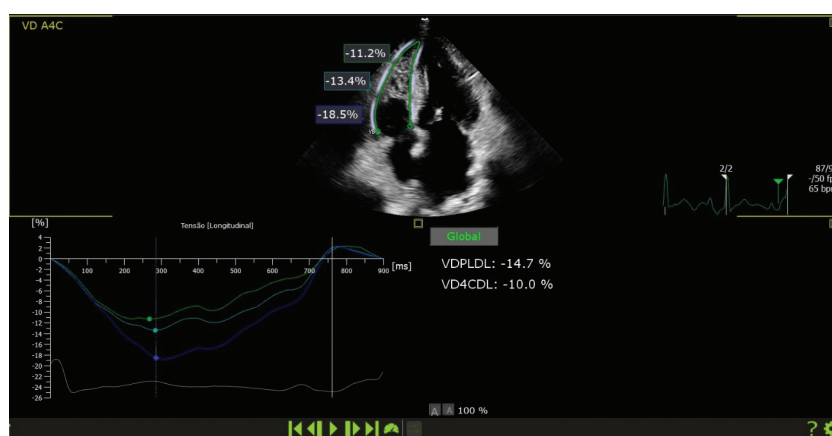


Figura 9 – AutoStrain VD TomTec: cardiomiopatia hipertrófica forma apical (valor obtido de $-14,7\%$ para o strain de parede livre, com menor valor em número absoluto no segmento apical).

que os valores absolutos estavam notadamente reduzidos nos segmentos apicais dos dois casos.

Após a aquisição de um bloco 3D piramidal do VD, é possível realizar a análise automatizada por um software dedicado (exemplo, 3D Auto RV da Philips). Além de ele fornecer informações detalhadas dos volumes e fração de ejeção 3D do VD (Figura 10), é possível obter parâmetros 2D a partir do bloco 3D, como medidas lineares e parâmetros de função sistólica, incluindo TAPSE, FAC e strain 2D no modelo que inclui o septo e parede livre, como no exemplo abaixo (Figura 11), com valores de $-17,6\%$ e $-18,9\%$, respectivamente.

Conclusão

Os softwares automatizados 2D e 3D facilitam o fluxo de trabalho, permitindo que o método do strain longitudinal

2D do VD seja incorporado na prática clínica. Os resultados obtidos em estudos recentes demonstram papel prognóstico no contexto clínico de diversas patologias como insuficiência cardíaca com fração de ejeção reduzida, insuficiência tricúspide e hipertensão pulmonar.

É considerado como limite inferior da normalidade para o strain de parede livre do VD o valor de -20% , levando-se em conta os últimos dados da literatura obtidos com software automatizado “agnóstico” da TomTec.¹⁶

Contribuição dos autores

Redação do manuscrito e revisão crítica do manuscrito quanto ao conteúdo intelectual importante: França LA, Dutra LV.

Potencial Conflito de Interesse

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Artigo de Revisão



Figura 10 – Volumes e fração de ejeção do VD obtidos de forma automatizada utilizando o software 3D Auto RV – TomTec.

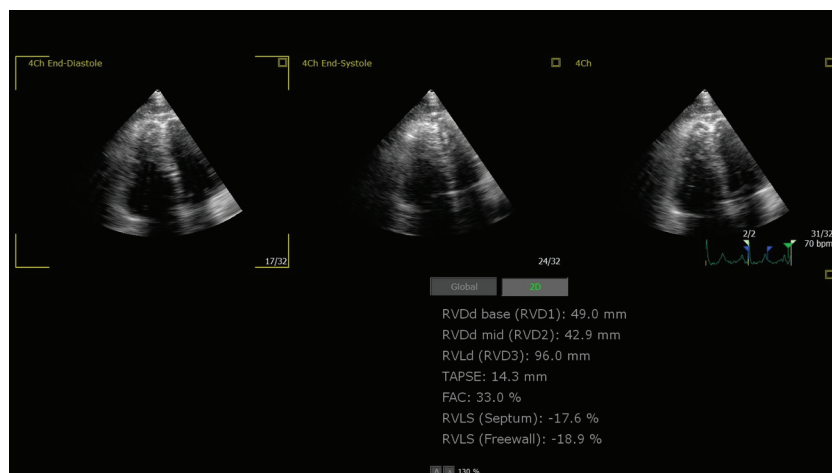


Figura 11 – Informações obtidas de forma automatizada a partir de imagem 2D derivada do volume 3D, utilizando o software 3D Auto RV – TomTec.

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Aprovação ética e consentimento informado

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

Vinculação Acadêmica

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

Referências

1. Addetia K, Muraru D, Badano LP, Lang RM. New Directions in Right Ventricular Assessment Using 3-Dimensional Echocardiography. *JAMA Cardiol.* 2019 Sep 1;4(9):936-44. DOI: 10.1001/jamacardio.2019.2424.
2. Muraru D, Haugaa K, Donal E, Stankovic I, Voigt JU, Petersen SE, et al. Right ventricular longitudinal strain in the clinical routine: a state-of-the-art review. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2022 Jun 21;23(7):898-912. DOI: 10.1093/ehjci/jeac022.
3. Badano LP, Kolias TJ, Muraru D, Abraham TP, Aurigemma G, Edvardsen T, et al. Industry representatives; Reviewers: This document was reviewed by members of the 2016–2018 EACVI Scientific Documents Committee. Standardization of left atrial, right ventricular, and right atrial deformation imaging using two-dimensional speckle tracking echocardiography: a consensus document of the EACVI/ASE/Industry Task Force to standardize deformation imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2018 Jun 1;19(6):591-600. doi: 10.1093/ehjci/jeu042. Erratum in: *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2018 Jul 1;19(7):830-3. DOI: 10.1093/ehjci/jeu042.
4. 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 Jan;16(1):1-11. DOI: 10.1093/ehjci/jeu184.
5. Prihadi EA, van der Bijl P, Dietz M, Abou R, Vollema EM, Marsan NA, et al. Prognostic Implications of Right Ventricular Free Wall Longitudinal Strain in Patients With Significant Functional Tricuspid Regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2019 Mar;12(3):e008666. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.118.008666.
6. Leong DP, Grover S, Molaee P, Chakrabarty A, Shirazi M, Cheng YH, et al. Nonvolumetric echocardiographic indices of right ventricular systolic function: Validation with cardiovascular magnetic resonance and relationship with functional capacity. *Echocardiography.* 2012;29(4):455-63. DOI: 10.1111/j.1540-8175.2011.01594.x.
7. Vizzardi E, Bonadei I, Sciatti E, Pezzali N, Farina D, D'Aloia A, et al. Quantitative analysis of right ventricular (RV) function with echocardiography in chronic heart failure with no or mild RV dysfunction: comparison with cardiac magnetic resonance imaging. *J Ultrasound Med.* 2015;34(2):247-55. DOI: 10.7863/ultra.34.2.247.
8. Lu KJ, Chen JX, Profitis K, Kearney LG, DeSilva D, Smith G, et al. Right ventricular global longitudinal strain is an independent predictor of right ventricular function: a multimodality study of cardiac magnetic resonance imaging, real time three-dimensional echocardiography and speckle tracking echocardiography. *Echocardiography.* 2015;32(6):966-74. DOI: 10.1111/echo.12783.
9. 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;16:47-52. DOI: 10.1093/ehjci/jeu156.
10. Li YD, Wang YD, Zhai ZG, Guo XJ, Wu YF, Yang YH, et al. Relationship between echocardiographic and cardiac magnetic resonance imaging derived measures of right ventricular function in patients with chronic thromboembolic pulmonary hypertension. *Thromb Res.* 2015;135(4):602-6. DOI: 10.1016/j.thromres.2015.01.008.
11. Fine NM, Chen L, Bastiansen PM, Frantz RP, Pellikka PA, Oh JK, Kane GC. Outcome prediction by quantitative right ventricular function assessment in 575 subjects evaluated for pulmonary hypertension. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013 Sep;6(5):711-21. DOI: 10.1161/CIRCIMAGING.113.000640.
12. Medvedofsky D, Addetia K, Patel AR, Sedlmeier A, Baumann R, Mor-Avi V, Lang RM. Novel Approach to Three-Dimensional Echocardiographic Quantification of Right Ventricular Volumes and Function from Focused Views. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015 Oct;28(10):1222-31. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.013.
13. Muraru D, Onciu S, Peluso D, Soriani MD, Cucchini U, Aruta P, et al. Sex and Method-Specific Reference Values for Right Ventricular Strain by 2 Dimensional Speckle-Tracking Echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2016;9(2):2003866. DOI: 10.1016/j.echo.2015.06.013.
14. Badano LP, Muraru D, Parati G, Haugaa K, Voigt JU. How to do right ventricular strain. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2020;21(8):825. DOI: 10.1093/ehjci/jeaa126.
15. Tadic M, Nita N, Schneider L, Kersten J, Buckert D, Gonska B, et al. The Predictive Value of Right Ventricular Longitudinal Strain in Pulmonary Hypertension, Heart Failure, and Valvular Diseases. *Front Cardiovasc Med.* 2021;8:698158. DOI: 10.3389/fcvm.2021.698158.
16. Addetia K, Miyoshi T, Citro R, Daimon M, Gutierrez Fajardo P, et al. WASE Investigators. Two-Dimensional Echocardiographic Right Ventricular Size and Systolic Function Measurements Stratified by Sex, Age, and Ethnicity: results of the World Alliance of Societies of Echocardiography Study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2021 Nov;34(11):1148-57.e1. DOI: 10.1016/j.echo.2021.06.013.

