

Fração de Ejeção e Volumes do Ventrículo Esquerdo Medidos com ECO 3D e com Tomografia Ultra-Rápida

Left Ventricular Ejection Fraction and Volumes as Measured by 3D Echocardiography and Ultrafast Computed Tomography

Marcelo Luiz Campos Vieira, César H. Nomura, Bernardino Tranchesi Junior, Wercules A. de Oliveira, Gustavo Naccarato, Bruna S. Serpa, Rodrigo B. D. Passos, Marcelo B. G. Funari, Cláudio H. Fischer, Samira S. Morhy
Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP - Brasil

Resumo

Fundamento: O ecocardiograma tridimensional em tempo real (ECO 3D) e a tomografia computadorizada ultra-rápida (CT) são dois novos métodos de análise da fração de ejeção e dos volumes do VE.

Objetivo: Comparar as medidas da FEVE e dos volumes do VE aferidos pelo ECO 3D e pela CT ultra-rápida.

Métodos: Foram estudados pelo ECO 3D e pela CT ultra-rápida de 64 cortes, 39 pacientes consecutivos (27 homens, média etária de 57 ± 12 anos). Foram analisados: FEVE e volumes do VE. Análise estatística: coeficiente de correlação (r: Pearson), teste de Bland & Altman, teste de regressão linear, 95 % IC, $p < 0,05$.

Resultados: Medidas do ECO 3D: a FEVE variou de 56,1 a 78,6 ($65,5 \pm 5,58$)%; volume diastólico final variou de 49,6 a 178,2 ($87 \pm 27,8$)ml; volume sistólico final variou de 11,4 a 78 ($33,1 \pm 13,6$)ml. Medidas da CT: a FEVE variou de 53 a 86 ($67,8 \pm 7,78$)%; volume diastólico final variou de 51 a 186 ($106,5 \pm 30,3$) ml; volume sistólico final variou de 7 a 72 ($35,5 \pm 13,4$)ml. As correlações entre ECO 3D e CT foram: FEVE (r: 0,7888, $p < 0,0001$, 95% IC 0,6301 a 0,8843); volume diastólico final (r: 0,7695, $p < 0,0001$, 95% IC 0,5995 a 0,8730); volume sistólico final (r: 0,8119, $p < 0,0001$, 95% IC 0,6673 a 0,8975).

Conclusão: Nesta série, foi observada boa correlação entre as medidas da FEVE e entre os volumes ventriculares aferidos pelo ECO3D e pela CT ultra-rápida de 64 cortes. (Arq Bras Cardiol 2009;92(4):294-301)

Palavras-chave: Ecocardiografia tridimensional, tomografia computadorizada por emissão, coração/anatomia fisiologia, volume sistólico.

Summary

Background: Real-time three-dimensional echocardiography (RT-3D-Echo) and ultrafast computed tomography (CT) are two novel methods for the analysis of LV ejection fraction and volumes.

Objective: To compare LVEF and volume measurements as obtained using RT-3D-Echo and ultrafast CT.

Methods: Thirty nine consecutive patients (27 men, mean age of 57 ± 12 years) were studied using RT-3D-Echo and 64-slice ultrafast CT. LVEF and LV volumes were analyzed. Statistical analysis: coefficient of correlation (r: Pearson), Bland-Altman analysis, linear regression analysis, 95% CI, $p < 0.05$.

Results: RT-3D-Echo measurements: LVEF ranged from 56.1 to 78.6 (65.5 ± 5.58)%; end-diastolic volume ranged from 49.6 to 178.2 (87 ± 27.8) ml; end-systolic volume ranged from 11.4 to 78 (33.1 ± 13.6) ml. CT scan measurements: LVEF ranged from 53 to 86% (67.8 ± 7.78); end-diastolic volume ranged from 51 to 186 (106.5 ± 30.3) ml; end-systolic volume ranged from 7 to 72 (35.5 ± 13.4)ml. Correlations between RT-3D-Echo and CT were: LVEF (r: 0.7888, $p < 0.0001$, 95% CI 0.6301 to 0.8843); end-diastolic volume (r: 0.7695, $p < 0.0001$, 95% CI 0.5995 to 0.8730); end-systolic volume (r: 0.8119, $p < 0.0001$, 95% CI 0.6673 to 0.8975).

Conclusion: Good correlation between LVEF and ventricular volume parameters as measured by RT-3D-Echo and 64-slice ultrafast CT was found in the present case series. (Arq Bras Cardiol 2009;92(4):278-284)

Key words: Echocardiography, three-dimensional; tomography, emission-computed; heart/anatomy & histology; stroke volume.

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

Correspondência: Marcelo Luiz Campos Vieira •

Rua Cardoso de Melo, 463/21 - Vila Olímpia - 04548-002, São Paulo, SP - Brasil
E-mail: mluiz766@terra.com.br, mlvieira@cardiol.br

Artigo recebido em 23/05/08; revisado recebido em 26/06/08; aceito em 17/07/08.

Introdução

A ecocardiografia tem se caracterizado por ser método diagnóstico de escolha para o estudo morfofuncional das estruturas cardíacas em razão de sua correspondência anatômica, facilidade de execução, baixo custo, ausência de radiação ionizante e boa reprodutibilidade. No entanto, a ecocardiografia bidimensional, técnica atualmente mais utilizada na análise cardíaca estrutural, apresenta limitações para a observação da anatomia cardíaca. Isso decorre das inferências geométricas assumidas para o cálculo dos diâmetros e volumes cardíacos a partir de limitado número de planos de observação¹⁻⁷. Situações de maior divergência anatômica ocorrem na eventualidade da dilatação das câmaras cardíacas. Dessa forma, foi desenvolvida a ecocardiografia tridimensional (Eco 3D), possibilitando a visualização estrutural a partir de múltiplos planos simultâneos de observação, o que ocasiona maior proximidade com a realidade anatômica.

A validação da análise dos volumes e da fração de ejeção do ventrículo esquerdo com o emprego do Eco 3D tem sido demonstrada em estudos prévios com o emprego da ressonância magnética (RM)⁸⁻¹¹. A RM apresenta, no entanto, limitações com relação a pacientes portadores de próteses mecânicas, marcapassos, dispositivos metálicos, obesos ou que tenham dificuldades a permanecer em pequenos espaços físicos. Neste contexto, outro método de investigação por imagem, a tomografia computadorizada ultra-rápida de 64 cortes (TC), tem também sido empregada para a análise estrutural cardíaca, especialmente para a observação da anatomia coronariana. A TC de 64 cortes apresenta possibilidade de análise anatômica superior à ecocardiografia, enquanto a análise ecocardiográfica permite identificação temporal superior ao estudo tomográfico. Poucos estudos na literatura compararam a análise da fração de ejeção e os volumes do ventrículo esquerdo aferidos por meio da ecocardiografia e pela tomografia¹¹⁻¹⁴.

Dessa forma, o objetivo deste estudo foi comparar as medidas da fração de ejeção e dos volumes do ventrículo esquerdo aferidos pelo ECO 3D e pela TC ultra rápida de 64 cortes.

Método

População

No período de outubro de 2006 a julho de 2007 foram estudados de forma prospectiva e consecutiva 39 pacientes, 17 indivíduos com história pregressa de doença arterial coronariana e 21 indivíduos sem história pregressa de doença arterial coronariana. Os indivíduos foram submetidos a investigação ecocardiográfica e tomográfica no laboratório de ecocardiografia e no setor de tomografia computadorizada do Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo. A média etária dos pacientes foi de 57 ± 12 anos, sendo 27 do sexo masculino. Todos os pacientes apresentavam ritmo cardíaco regular (ritmo sinusal). Os pacientes foram previamente avaliados clinicamente pelo mesmo investigador (BTJ). O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, Instituto de Ensino e Pesquisa, Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo, SP.

Os indivíduos foram submetidos a análise ecocardiográfica bidimensional, tridimensional e a análise tomográfica.

Ecocardiografia

Os exames ecocardiográficos bidimensionais foram realizados de acordo com recomendações da Sociedade Americana de Ecocardiografia, em equipamento comercialmente disponível (Philips IE33, Andover, MA, EUA), equipado com transdutor de 2-5 MHz, e transdutor matricial X3 para a aquisição das imagens tridimensionais. Os parâmetros ecocardiográficos estudados foram:

I) Ecocardiograma bidimensional:

- 1) Volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDFVE);
- 2) Volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSFVE);
- 3) Fração de ejeção do ventrículo esquerdo (método de Simpson).

II) Ecocardiografia tridimensional:

- 1) Volume diastólico final do ventrículo esquerdo (VDFVE);
- 2) Volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSFVE);
- 3) Fração de ejeção do ventrículo esquerdo (FEVE). Foi utilizado modelo de 17 segmentos ventriculares para a análise da contratilidade ventricular esquerda (figura1).

A aquisição das imagens tridimensionais foi realizada na seqüência do exame ecocardiográfico bidimensional. As imagens foram obtidas com o mesmo equipamento ecocardiográfico, com o emprego de transdutor matricial, estando o paciente em apnéia expiratória, tendo sido a imagem acoplada ao registro eletrocardiográfico. As imagens foram armazenadas no disco rígido do aparelho ecocardiográfico e analisadas "off-line" em software específico do próprio equipamento (Q Lab, versão 5.0, Philips, Andover, MA, EUA). As análises foram realizadas por dois observadores independentes. Os pacientes que não apresentaram imagem ecocardiográfica bidimensional ou tridimensional consideradas como de qualidade técnica adequada para a análise dos parâmetros estudados ou que apresentaram grande irregularidade do ritmo cardíaco não foram incluídos neste estudo. Dessa forma, não foram incluídos no estudo quatro pacientes, dois com imagem considerada como não adequada para a análise ventricular esquerda, dois em razão de irregularidade acentuada do ritmo cardíaco.

Tomografia computadorizada

Os exames de tomografia computadorizada cardíaca foram realizados em tomógrafo com multidetectores Toshiba, com 64 fileiras de detectores. Foi utilizado contraste iodado não-iônico (Henetix -350 mg/ml) injetado por veia periférica com velocidade de 5 ml/s, seguido por infusão de 50 ml de solução salina. As imagens foram adquiridas com acoplamento eletrocardiográfico, sendo necessário período de apnéia de 8-10 segundos. Os parâmetros de imagem incluíram tempo de rotação do "gantry" de 0,4s, voltagem do tubo de 120kV, 400 mA e colimação de 64 x 0,5 mm. Para análise da função ventricular, as imagens foram reconstruídas com 1 mm de espessura em dez fases do ciclo cardíaco. Foi utilizado betabloqueador endovenoso (metoprolol 5 mg, dose máxima de 20 mg) em pacientes com frequência cardíaca acima de 65 bpm.

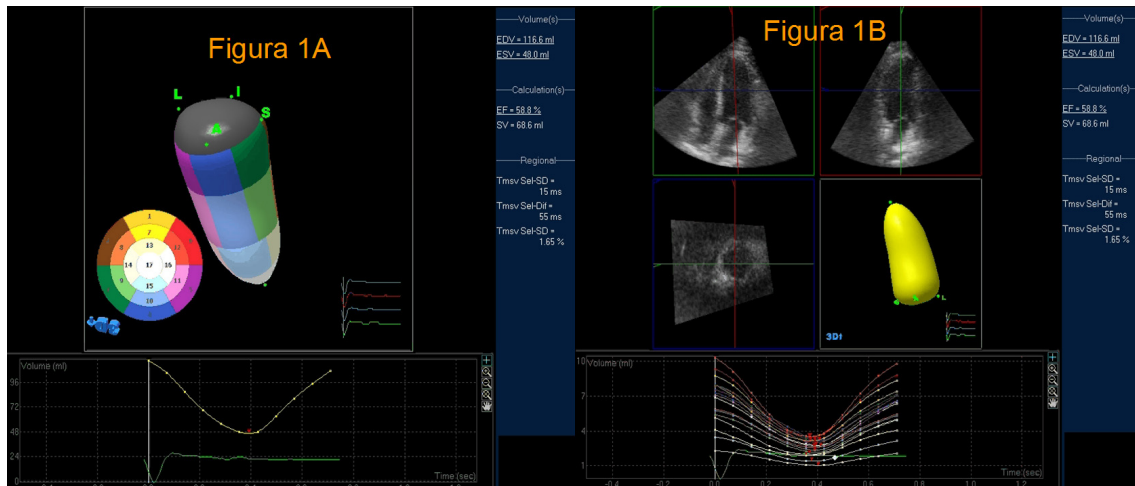


Fig. 1 - Imagem de ecocardiografia tridimensional de ventrículo esquerdo (modelo de 17 segmentos, fig.1A), com a aferição dos volumes ventriculares e da fração de ejeção. A aferição dos volumes e da fração de ejeção foi derivada a partir de ecocardiografia bidimensional (fig.1B) analisada em múltiplos planos de observação.

A análise da fração de ejeção e dos volumes ventriculares foi realizada “off-line” em estação de trabalho. A análise da função ventricular quantitativa foi feita por método semi-automatizado (método de área-comprimento) por dois observadores, utilizando-se o eixo curto do coração, projeção apical para modelo de 17 segmentos cardíacos (figuras 2 e 3).

Estatística

Foram realizadas análises descritiva, de correlação e de comparação entre métodos. A análise descritiva das variáveis contínuas foi feita pela observação dos valores mínimos e máximos, e do cálculo de médias e desvios-padrão. A análise de correlação foi feita pelo método de correlação de Pearson (r), 95% de intervalo de confiança.

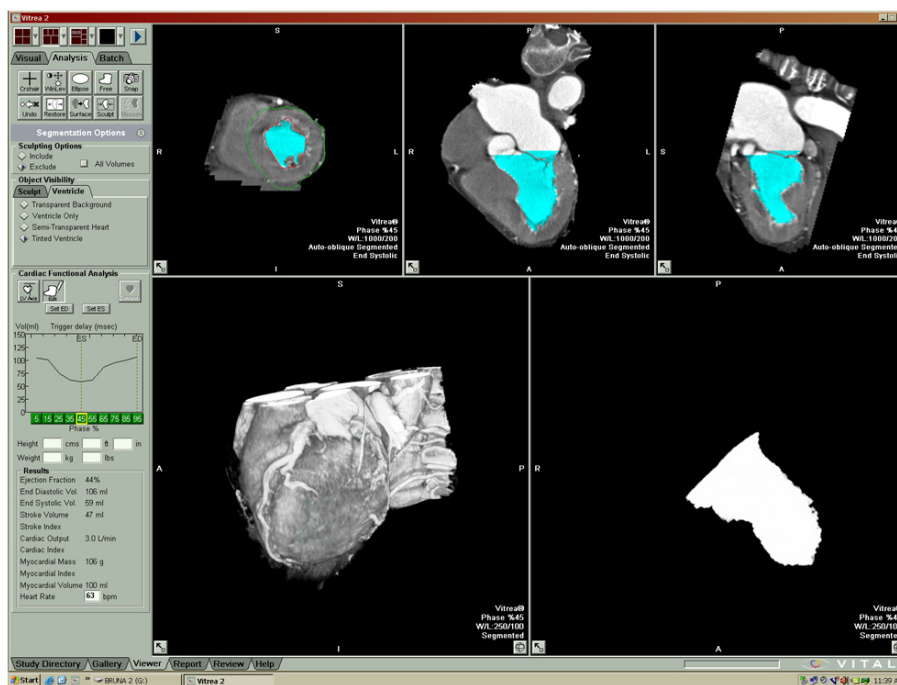


Fig. 2 - Imagem tomográfica do ventrículo esquerdo (eixo curto, 4 e 2 câmaras) para a determinação dos pontos de referência para a aferição dos volumes ventriculares (em azul).

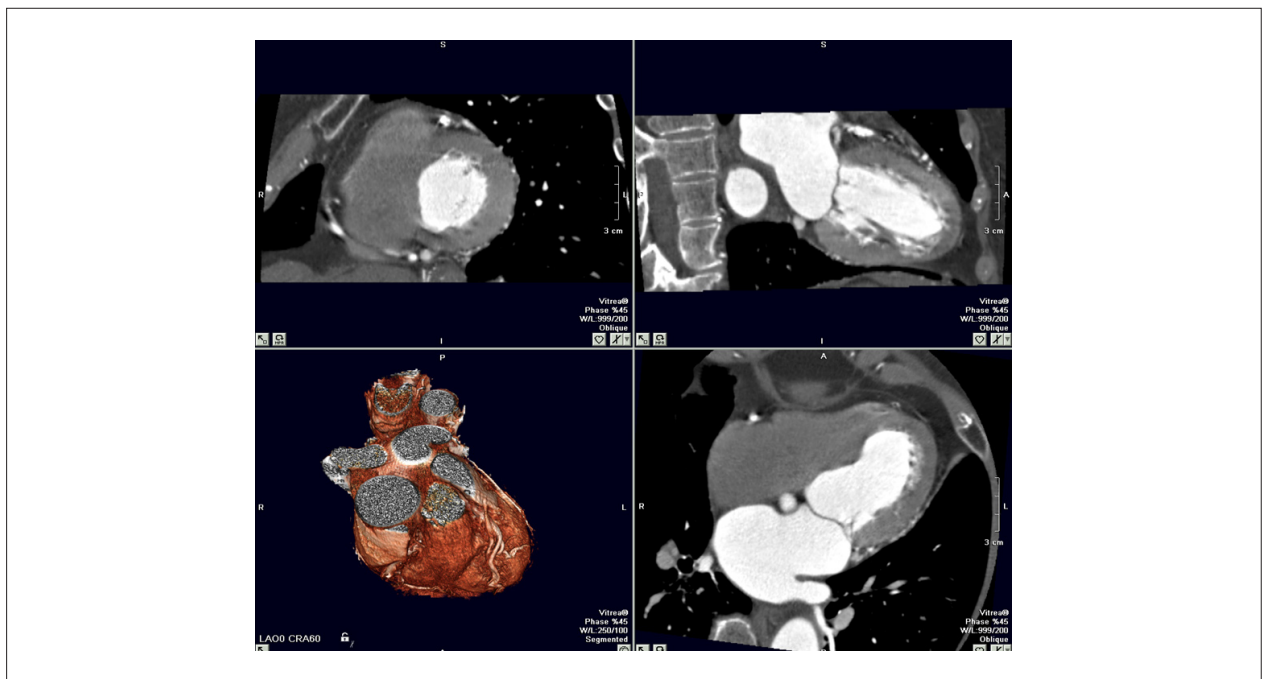


Fig. 3 - Imagem tomográfica para a determinação tridimensional dos volumes ventriculares e da fração de ejeção do ventrículo esquerdo a partir de imagens em eixo curto, 4 e 2 câmaras (método de área-comprimento).

A comparação entre métodos foi realizada com o emprego do teste de Bland & Altman. Foi também realizado o teste de regressão linear entre os parâmetros aferidos com a ecocardiografia bidimensional e tridimensional. As medidas foram realizadas por dois observadores independentes. Valores de $p < 0,05$ foram considerados significantes. Os dados foram processados com o sistema de análise estatística MedCalc, Mariakerke, Belgium.

Resultados

A análise descritiva das características ecocardiográficas e tomográficas (volumes e fração de ejeção do ventrículo esquerdo) da população estudada é demonstrada na tabela 1. Os pacientes apresentavam fração de ejeção ventricular dentro dos limites da normalidade, assim como volumes ventriculares (médias).

A análise de correlação (Pearson:r) e a equação de regressão linear para a comparação entre as medidas de volumes e de fração de ejeção do ventrículo esquerdo aferidos com a ecocardiografia tridimensional e com a tomografia computadorizada são demonstrados na tabela 2. Foi observada boa correlação (r) para a aferição dos volumes e da fração de ejeção com os dois diferentes métodos.

A análise de concordância (teste de Bland & Altman) e as equações de regressão linear para as medidas de fração de ejeção e dos volumes do ventrículo esquerdo aferidos com a ecocardiografia tridimensional e com a tomografia computadorizada são demonstradas nos gráficos 1, 2 e 3.

Foi observada boa concordância (r) entre as medidas ecocardiográficas de FEVE 3D e FEVE 2D, (r): 0,8472, $p < 0,0001$, IC: 0,8254 a 0,9141. O coeficiente de concordância

Tabela 1 - Análise descritiva das características ecocardiográficas e tomográficas (volumes e fração de ejeção do ventrículo esquerdo) da população do estudo

n:39	ECO 3D	TC de 64 cortes
FEVE (%)	56,1 a 78,6 (65,5±5,58)	53 a 86 (67,8±7,78)
VSFVE (ml)	11,4 a 78 (33,1±13,6)	7 a 72 (35,5±13,4)
VDFVE (ml)	49,6 a 178,2 (87±27,8)	51 a 186 (106,5±30,3)

FEVE - fração de ejeção do ventrículo esquerdo; VSFVE - volume sistólico final do ventrículo esquerdo; VDFVE - volume diastólico final do ventrículo esquerdo; ECO 3D - Ecocardiografia transtorácica tridimensional em tempo real; TC - Tomografia computadorizada. Os valores são expressos como valores mínimos e máximos, média \pm desvio padrão.

intra-observador para a análise ecocardiográfica tridimensional da fração de ejeção do ventrículo esquerdo foi de 0,8634, IC 95% (0,7083 a 0,9436). O coeficiente de concordância interobservador para a análise ecocardiográfica tridimensional da fração de ejeção do ventrículo esquerdo foi de 0,8051, IC (0,5976 a 0,9221).

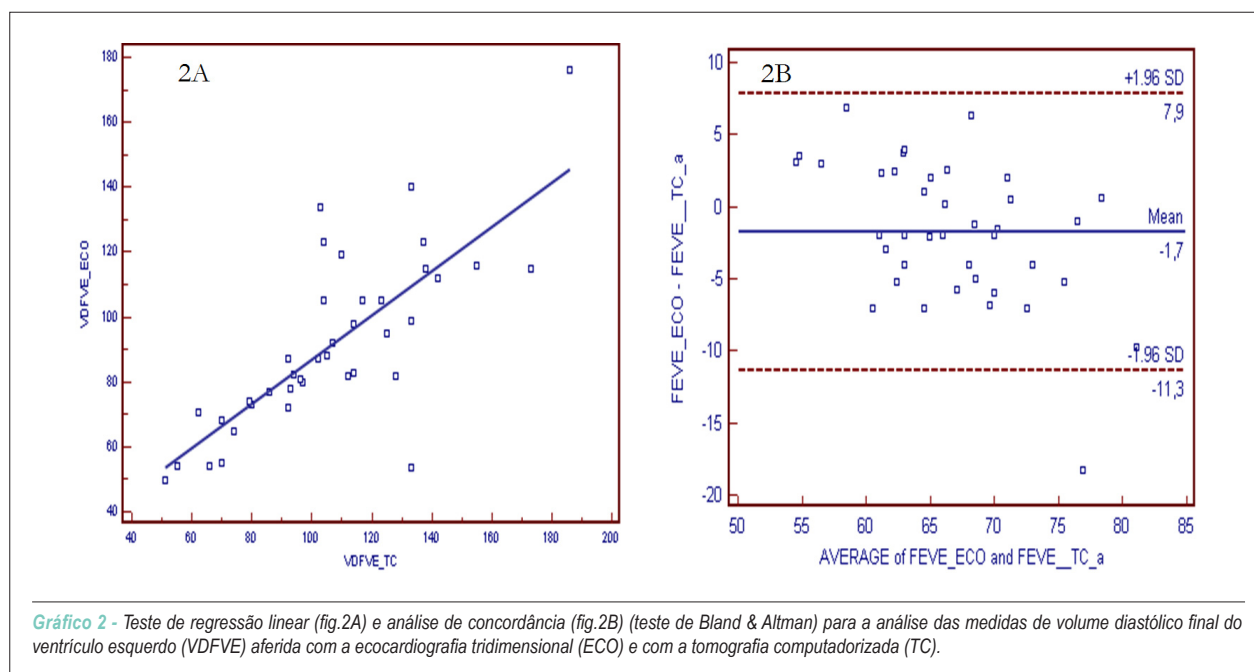
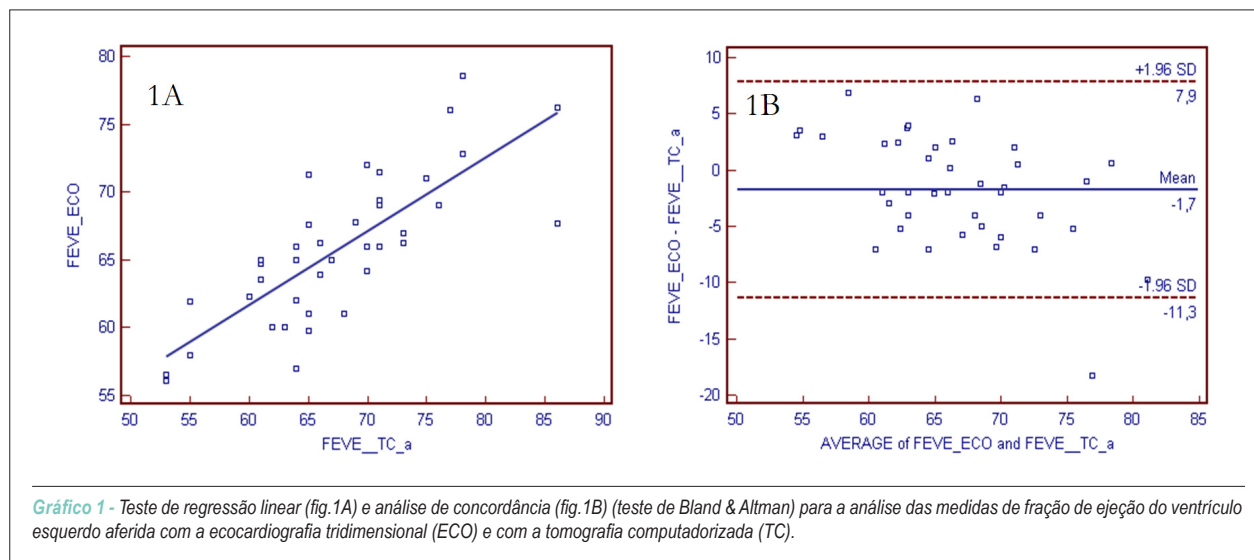
O coeficiente de concordância intra-observador para a análise tomográfica da fração de ejeção do ventrículo esquerdo foi de 0,8727, IC 95% (0,7437 a 0,9579). O coeficiente de concordância interobservador para a análise tomográfica da fração de ejeção do ventrículo esquerdo foi de 0,8347, IC (0,6176 a 0,9291). A concordância (r) entre as medidas de FEVE 2D e FEVE aferidas com a tomografia computadorizada foi de (r): 0,6172, $p < 0,0001$, IC: 0,5654 a 0,8171.

Artigo Original

Tabela 2 - Correlação (Pearson:r) e equação de regressão linear para a comparação entre as medidas de volumes e de fração de ejeção do ventrículo esquerdo aferidos com a ecocardiografia tridimensional e com a tomografia computadorizada na população do estudo

ECO 3D e TC	FEVE	VDFVE	VSFVE
Pearson (r)	r: 0,7888, p<0,0001, 95% CI 0,6301 a 0,8843	r: 0,7695, p<0,0001, 95% CI 0,5995 a 0,873	r: 0,8119, p<0,0001, 95% CI 0,6673 a 0,8975
Regressão Linear ECO 3D(x) TC (y)	y = 27,4000+0,5656 x R2: 0,6222, p<0,0001	y = 18,632+0,6844 x R2: 0,5921, p<0,0001	y = 4,0462+0,8199 x R2: 0,6592, p<0,0001

FEVE - fração de ejeção do ventrículo esquerdo; VSFVE - volume sistólico final do ventrículo esquerdo; VDFVE - volume diastólico final do ventrículo esquerdo; ECO 3D - ecocardiografia transtorácica tridimensional em tempo real; TC - tomografia computadorizada.



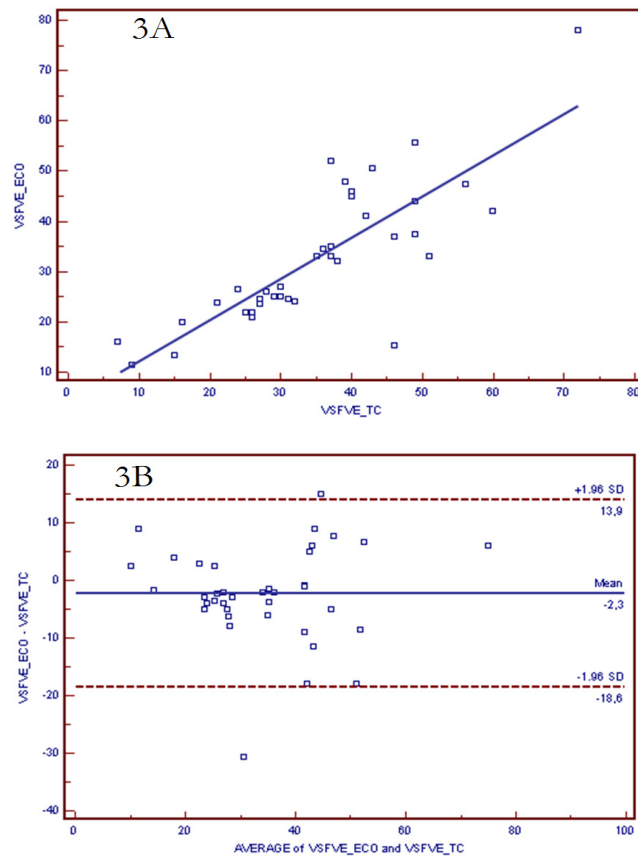


Gráfico 3 - Teste de regressão linear (fig.3A) e análise de concordância (fig.3B) (teste de Bland & Altman) para a análise das medidas de volume sistólico final do ventrículo esquerdo (VSFVE) aferida com a ecocardiografia tridimensional (ECO) e com a tomografia computadorizada (TC).

Discussão

A determinação da função sistólica ventricular e a aferição dos volumes ventriculares podem ser realizadas com o emprego de diferentes técnicas não-invasivas de análise por imagem. Cada técnica apresenta particularidades específicas, ocasionando vantagens e limitações ao seu emprego. Atualmente a ecocardiografia bidimensional é o método mais amplamente utilizado para a análise anatômica e funcional cardíaca. Permite a avaliação anatômica das diversas estruturas cardíacas, possibilita a análise da diástole cardíaca com o emprego das diferentes modalidades de ecocardiografia Doppler, podendo ainda ser realizada à beira do leito em ambiente de terapia intensiva e de emergência. Apresenta, no entanto, limitações em razão de imagem ecocardiográfica sub-ótima em pacientes obesos e em portadores de doença pulmonar obstrutiva crônica. Apresenta ainda razoável dependência da interpretação do realizador do estudo e limitação pelo emprego de pequeno número de planos anatômicos para a análise cardíaca.

O emprego da ecocardiografia tridimensional amplia a possibilidade de observação cardíaca ecocardiográfica a partir da observação estrutural, levando em consideração múltiplos planos espaciais de análise. A análise estrutural é

realizada a partir de novos planos de identificação, sem que haja a necessidade do emprego de extrapolações geométricas para a análise de formas anatômicas complexas (exemplo: ventrículo direito), e que nem sempre se limitam à formulação matemática específica. No entanto, a ecocardiografia tridimensional necessita de treinamento ecocardiográfico específico, requer estabilidade do ritmo cardíaco para a sua melhor análise e também depende da qualidade de imagem inicial para o seu melhor resultado.

A ressonância magnética é considerada hoje como referência para a análise anatômica da maioria das doenças anatômicas cardíacas. Porém, apresenta limitações com relação ao seu custo, em pacientes portadores de dispositivos metálicos; necessita de extenso treinamento específico e não se encontra disponível na grande maioria dos hospitais do país.

A tomografia computadorizada ultra-rápida de 64 cortes é técnica de realização mais rápida do que a ressonância magnética nuclear, permite a análise em pacientes portadores de dispositivos metálicos e também possibilita a observação conjunta da função ventricular, dos volumes ventriculares e da circulação coronariana. É, porém, técnica de maior custo quando comparada às modalidades ecocardiográficas.

Neste estudo, observamos boa correlação da análise da fração de ejeção, do volume diastólico final e do volume sistólico final do ventrículo esquerdo aferidos com a ecocardiografia tridimensional e com a tomografia computadorizada de 64 cortes ($r: 0,7888$, $r: 0,7695$, $r: 0,8119$, $p < 0,0001$, respectivamente). Esse achado é concordante com estudo prévio em que foi observada boa correlação ($r > 0,85$) entre a análise volumétrica e funcional do ventrículo esquerdo aferida com o emprego da ecocardiografia tridimensional e da tomografia computadorizada¹¹. Para a análise das medidas de fração de ejeção aferidas com a ecocardiografia bidimensional e com a tomografia computadorizada de 64 cortes observamos concordância menor entre os métodos ($r: 0,6172$, $p < 0,0001$), melhor do aquela observada em estudo em transplantados cardíacos ($r: 0,49$)¹³, e semelhante ($r: 0,59$) a estudo prévio em pacientes com suspeita de doença arterial coronariana em que foi utilizado tomógrafo de 16 cortes¹².

A concordância para as medidas de fração de ejeção aferidas com a ecocardiografia tridimensional e bidimensional foi boa ($r: 0,8472$, $p < 0,0001$). Esse achado justifica-se pela observação da função ventricular esquerda e da geometria ventricular preservadas na série de indivíduos estudados. Também foi observada boa reprodutibilidade da aferição da fração de ejeção com a ecocardiografia tridimensional (coeficiente de concordância interobservador de 0,8051) e com a tomografia computadorizada (coeficiente de concordância interobservador de 0,8347).

Os resultados deste estudo mostram que foi observada boa concordância para a análise morfofuncional do ventrículo esquerdo entre dois métodos de análise não-invasiva com diferentes possibilidades de observação temporal e espacial. A melhor observação temporal da ecocardiografia tridimensional permite a melhor identificação dos eventos funcionais cardíacos. Enquanto a melhor definição anatômica proporcionada pela análise tomográfica permite o maior detalhamento estrutural.

É importante, no futuro, a escolha de modalidade de investigação cardíaca não-invasiva que alie custos baixos, grande reprodutibilidade, acurácia diagnóstica e disponibilidade de uso a população de baixa renda.

Limitação do estudo

Neste estudo, a análise comparativa dos volumes e fração de ejeção do ventrículo esquerdo empregando-se a ecocardiografia tridimensional e a tomografia computadorizada ultra-rápida de 64 cortes foi restrita à série de indivíduos com função ventricular preservada, e volumes (média) dentro dos limites da normalidade. Há a necessidade da comparação em pacientes portadores de disfunção contrátil e dilatação ventricular, e também dentro de situações clínicas em que haja a presença de irregularidade do ritmo cardíaco.

Conclusão

Nesta série, foi observada boa correlação entre as medidas da fração de ejeção e entre os volumes do ventrículo esquerdo aferidos pela ecocardiografia transtorácica tridimensional em tempo real e pela tomografia computadorizada ultra-rápida de 64 cortes.

Potencial Conflito de Interesses

Declaro não haver conflito de interesses pertinentes.

Vinculação Acadêmica

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

Fontes de Financiamento

O presente estudo não teve fontes de financiamento externas.

Referências

1. Roelandt JRT, Yao J, Karsprzak JD. Three-dimensional echocardiography. *Curr Opin Cardiol*. 1998; 13: 386-98.
2. Kisslo J, Firek B, Ota T, Kang DH, Fleishman CE, Stetten G, et al. Real-time volumetric echocardiography: the technology and the possibilities. *Echocardiography*. 2000; 17: 773-9.
3. Ahmad M. Real-time three-dimensional echocardiography in assessment of heart disease. *Echocardiography*. 2001; 18 (1): 73-7.
4. Li J, Sanders SP. Three-dimensional echocardiography in congenital heart disease. *Curr Opin Cardiol*. 1999; 14: 53-9.
5. Vieira MLC, Pomerantzeff PMA, Leal SB, Mathias Jr W, Andrade JL, Ramires JAF. Ecocardiografia transesofágica tridimensional: acréscimo à informação diagnóstica e à análise anatômica. *Rev Bras Ecocardiogr*. 2003; 1: 47.
6. Vieira MLC, Ianni BM, Mady C, Encinas J, Pomerantzeff PM, Fernandes PP, et al. Mixoma de átrio esquerdo: avaliação ecocardiográfica tridimensional. Relato de caso. *Arq Bras Cardiol*. 2004; 82 (3): 281-3.
7. De Simone R, Glombitza G, Vahl CF, Meinzer HP, Hagl S. Three-dimensional Doppler: techniques and clinical applications. *Eur Heart J*. 1999; 20: 619-27.
8. Bu L, Munns S, Zhang H, Disterhoft M, Dixon M, Stolpen A, et al. Rapid full volume data acquisition by real-time 3-dimensional echocardiography for assessment of left ventricular indexes in children: a validation study compared with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005; 18 (4): 299-305.
9. Mannaerts HF, Van Der Heide JA, Kamp O, Papavassiliou T, Marcus JT, Beek A, et al. Quantification of left ventricular volumes and ejection fraction using freehand transthoracic three-dimensional echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003; 16 (2): 101-9.
10. Jenkins C, Bricknell K, Hanekom L, Marwick TH. Reproducibility and accuracy of echocardiographic measurements of left ventricular parameters using real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 2004; 44 (4): 878-86.
11. Sugeng L, Mor-Avi V, Weinert L, Niel J, Ebner C, Steringer-Mascherbauer R, et al. Quantitative assessment of left ventricular size and function: side-

- by-side comparison of real-time three-dimensional echocardiography and computed tomography with magnetic resonance reference. *Circulation*. 2006; 114 (7): 654-61.
12. Bansal D, Singh RM, Sarkar M, Sureddi R, Mcbreen KC, Griffis T, et al. Assessment of left ventricular function: comparison of cardiac multidetector-row computed tomography with two-dimensional standard echocardiography for assessment of left ventricular function. *Int J Cardiovasc Imaging*. 2008; 24 (3): 317-25.
 13. Ferencik M, Gregory AS, Butler J, Achenbach S, Yeh RW, Hoffmann U, et al. Analysis of cardiac dimensions, mass and function in heart transplant recipients using 64-slice multi-detector computed tomography. *J Heart Lung Transplant*. 2007; 26 (5): 478-84.
 14. Salm LP, Schuijff JD, de Roos A, Lamb HJ, Viegen HW, Jukema JW, et al. Global and regional left ventricular function assessment with 16-detector row CT: comparison with echocardiography and cardiovascular magnetic resonance. *Eur J Echocardiogr*. 2006; 7 (4): 308-14.