

## Fracción de Eyección y Volúmenes del Ventrículo Izquierdo Medidos con Eco- 3DTR y con Tomografía Ultrarrápida

Marcelo Luiz Campos Vieira, César H. Nomura, Bernardino Tranches 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

### Resumen

**Fundamento:** La ecocardiografía tridimensional en tiempo real (Eco-3DTR) y la tomografía computarizada ultrarrápida (TC ultrarrápida) son dos nuevos métodos de análisis de la fracción de eyección (FE) y de los volúmenes del ventrículo izquierdo (VI).

**Objetivo:** Comparar las mediciones de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI) y de los volúmenes del VI apurados por la Eco-3DTR y por la TC ultrarrápida.

**Métodos:** Se estudiaron, mediante la Eco-3DTR y la TC ultrarrápida de 64 cortes, a 39 pacientes consecutivos (27 varones, promedio de edad de  $57 \pm 12$  años). Se analizaron: FEVI y volúmenes del VI. Análisis estadístico: coeficiente de correlación (r: Pearson), prueba de Bland & Altman, prueba de regresión lineal, 95 % IC,  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Valores de la Eco-3DTR: variación de la FEVI de 56,1 a 78,6 ( $65,5 \pm 5,58$ ); variación del volumen diastólico final de 49,6 a 178,2 ( $87 \pm 27,8$ ) mL; variación del volumen sistólico final de 11,4 a 78 ( $33,1 \pm 13,6$ ) mL. Valores de la TC ultrarrápida: variación de la FEVI de 53 a 86 ( $67,8 \pm 7,78$ ); variación del volumen diastólico final de 51 a 186 ( $106,5 \pm 30,3$ ) mL; variación del volumen sistólico final de 7 a 72 ( $35,5 \pm 13,4$ ) mL. Las correlaciones entre la Eco-3DTR y la TC ultrarrápida fueron: FEVI (r: 0,7888,  $p < 0,0001$ , 95% IC 0,6301 a 0,8843); volumen diastólico final (r: 0,7695,  $p < 0,0001$ , 95% IC 0,5995 a 0,8730); volumen sistólico final (r: 0,8119,  $p < 0,0001$ , 95% IC 0,6673 a 0,8975).

**Conclusión:** En esta serie, se observó una buena correlación entre las mediciones de la FEVI y entre los volúmenes ventriculares apurados por la Eco-3DTR y por la TC ultrarrápida de 64 cortes. (Arq Bras Cardiol 2009;92(4):286-292)

**Palabras clave:** Ecocardiografía tridimensional, tomografía computarizada por emisión, corazón / anatomía fisiología, volumen sistólico.

### Introducción

La ecocardiografía es el método diagnóstico de elección para el estudio morfofuncional de las estructuras cardiacas en razón de su correspondencia anatómica, facilidad de ejecución, bajo costo, ausencia de radiación ionizante y buena reproducibilidad. Sin embargo, la ecocardiografía bidimensional, técnica más utilizada en los días actuales en el análisis cardiaco estructural, presenta limitaciones para la observación de la anatomía cardiaca. Eso resulta de las inferencias geométricas asumidas para el cálculo de los diámetros y volúmenes cardiacos a partir de limitado número de planes de observación<sup>1-7</sup>. Situaciones de mayor divergencia anatómica tienen lugar en la eventualidad de la dilatación de las cámaras cardiacas. De esa manera, se desarrolló la ecocardiografía tridimensional (Eco-3D), que posibilitó la visibilidad estructural desde múltiples planes simultáneos de observación, otorgando mayor proximidad con la realidad anatómica.

La validación del análisis de los volúmenes y de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo con el empleo de la Eco-3D ha sido evidenciada en estudios previos con la utilización de la resonancia magnética nuclear (RMN)<sup>8-11</sup>. La RMN presenta, no obstante, limitaciones con relación a pacientes portadores de prótesis mecánicas, marcapasos, dispositivos metálicos, obesos o que tienen dificultades en permanecer en pequeños espacios físicos. En este marco, otro método de investigación por imagen, la tomografía computarizada ultrarrápida de 64 cortes (TC ultrarrápida), ha sido también empleada para el análisis estructural cardiaco, sobre todo para la observación de la anatomía coronaria. La TC de 64 cortes presenta posibilidad de análisis anatómico superior a la ecocardiografía, mientras que el análisis ecocardiográfico permite identificación temporal superior al estudio tomográfico. Pocos estudios en la literatura han comparado el análisis de la fracción de eyección y los volúmenes del ventrículo izquierdo apurados por medio de la ecocardiografía y por la tomografía<sup>11-14</sup>.

De esa manera, este estudio tuvo por objeto comparar los valores de la fracción de eyección y de los volúmenes del ventrículo izquierdo apurados por la Eco-3DTR y la TC ultrarrápida de 64 cortes.

**Correspondencia:** 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

Artículo recibido el 23/05/08; revisado recibido el 26/06/08;

aceptado el 17/07/08.

## Método

### Población

En el período de octubre de 2006 a julio de 2007 se estudiaron a 39 pacientes, de forma prospectiva y consecutiva, con historia previa de enfermedad arterial coronaria, y a 21 individuos sin historia previa de enfermedad arterial coronaria. Los individuos fueron sometidos a investigación ecocardiográfica y tomográfica en el laboratorio de ecocardiografía y en el sector de tomografía computarizada del Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo. El promedio de edad de los pacientes fue de  $57 \pm 12$  años; y 27 individuos eran del sexo masculino. Todos los pacientes presentaban ritmo cardiaco regular (ritmo sinusal). El mismo investigador (BTJ) evaluó a los pacientes previa y clínicamente. El Comité de Ética en investigación, el Instituto de Enseñanza e Investigación, y el Hospital Israelita Albert Einstein, São Paulo-SP aprobaron el estudio.

Los individuos fueron sometidos a análisis ecocardiográfico bidimensional, tridimensional y análisis tomográfico.

### Ecocardiografía

Se realizaron los exámenes ecocardiográficos bidimensionales de acuerdo con recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía, en equipo comercialmente disponible (Philips IE33, Andover, MA, EUA), con transductor de 2-5 MHz, y transductor matricial X3, para la adquisición de las imágenes tridimensionales. Los parámetros ecocardiográficos estudiados fueron:

#### I) Ecocardiografía bidimensional:

1- Volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI); 2- Volumen sistólico final del ventrículo izquierdo (VSFVI); 3- Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (método de Simpson).

#### II) Ecocardiografía Tridimensional:

1- Volumen diastólico final del ventrículo izquierdo (VDFVI); 2- Volumen sistólico final del ventrículo izquierdo (VSFVI); 3- Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (FEVI). Se utilizó el modelo de 17 segmentos ventriculares para el análisis de la contractilidad ventricular izquierda (figura1).

Tras el examen ecocardiográfico bidimensional, se realizó la adquisición de las imágenes tridimensionales. Se obtuvieron las imágenes por medio del mismo equipo ecocardiográfico, con el empleo de transductor matricial, con el paciente en apnea espiratoria. La imagen se acopló al registro electrocardiográfico. En el disco rígido del aparato ecocardiográfico se almacenaron las imágenes y se las analizaron "fuera de línea" en software específico del propio equipo (Q Lab, versión 5.0, Philips, Andover, MA, EE.UU.). Dos observadores independientes realizaron los análisis. No se incluyeron en este estudio a los pacientes que no presentaron imagen ecocardiográfica bidimensional o tridimensional, consideradas como de calidad técnica adecuada para el análisis de los parámetros estudiados, o que presentaron gran irregularidad del ritmo cardiaco. De esa manera, no se incluyeron en el estudio a cuatro pacientes, dos con imagen considerada como no adecuada para el análisis ventricular izquierda, dos en razón de irregularidad acentuada del ritmo cardiaco.

#### Tomografía computarizada

Los exámenes de tomografía computarizada cardiaca se llevaron a cabo en tomógrafo con multidetectores Toshiba, con 64 coronas de detectores. Se utilizó contraste yodado no iónico (Henetix -350 mg/ml) inyectado por vena periférica con velocidad de 5 ml/s, seguido por infusión de 50 ml de solución salina. Se adquirieron las imágenes con acoplamiento electrocardiográfico, necesitándose un período de apnea

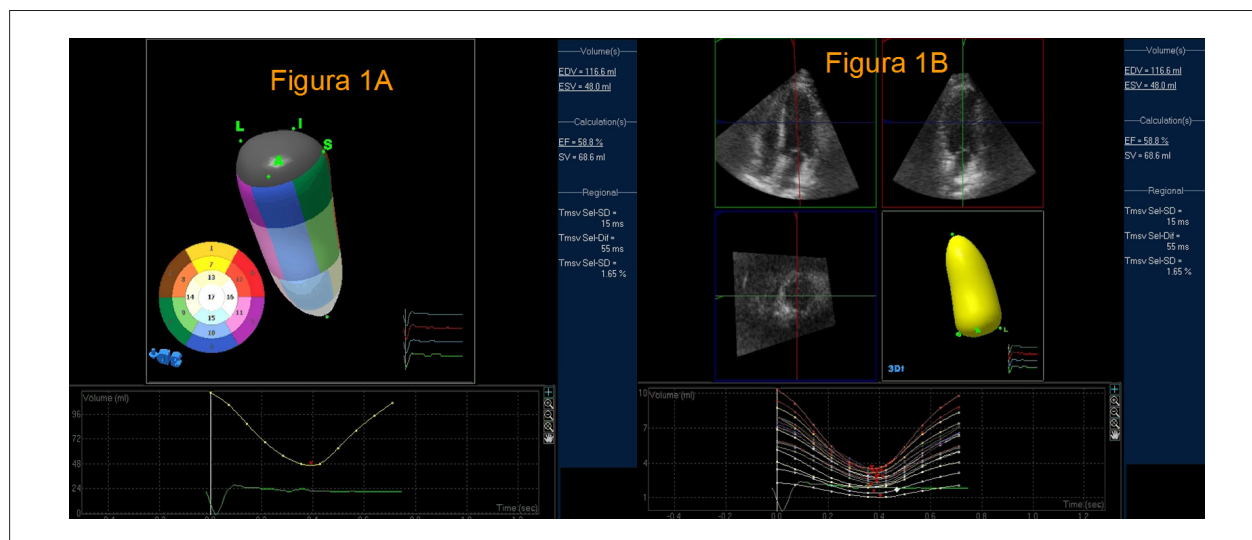


Figura 1 - Imagen de ecocardiografía tridimensional de ventrículo izquierdo (modelo de 17 segmentos, fig.1A), con la apuración de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección. La apuración de los volúmenes y de la fracción de eyección se averiguó desde la ecocardiografía bidimensional (fig.1B) analizada en múltiples planes de observación.

## Artículo Original

de 8-10 segundos. Los parámetros de imagen incluyeron tiempo de rotación del "gantry" de 0,4s, voltaje del tubo de 120kV, 400 mA y colimación de 64 x 0,5 mm. Para análisis de la función ventricular, se reconstruyeron las imágenes con 1 mm de espesor en 10 fases del ciclo cardiaco. Se utilizó betabloqueante endovenoso (metoprolol 5 mg, dosis máxima de 20 mg) en pacientes con frecuencia cardiaca superior a 65 lpm.

El análisis de la fracción de eyección y de los volúmenes ventriculares se realizó "fuera de línea" en estación de trabajo. El análisis de función ventricular cuantitativa se hizo con el método semiautomatizado (método de área-longitud) por dos observadores, utilizándose el eje corto del corazón, proyección apical para modelo de 17 segmentos cardiacos (figuras 2 y 3).

### Análisis estadístico

Se realizaron análisis descriptivo, de correlación y de comparación entre métodos. El análisis descriptivo de las variables continuas se llevó a cabo por medio de la observación de los valores mínimos y máximos, y del cálculo de promedios y desviaciones-estándar. El análisis de correlación se hizo con el método de correlación de Pearson (r), 95% de intervalo de confianza. Se realizó la comparación entre métodos con el empleo de la prueba de Bland & Altman. También se realizó la prueba de regresión lineal entre los parámetros apurados con la ecocardiografía bidimensional y tridimensional. Dos observadores independientes realizaron las mediciones.

Se consideraron significantes los valores de  $p < 0,05$ . Se procesaron los datos con el sistema de análisis estadístico MedCalc, Mariakerke, Belgium.

### Resultados

El análisis descriptivo de las características ecocardiográficas y tomográficas (volúmenes y fracción de eyección del ventrículo izquierdo) de la población estudiada está detallado en la Tabla 1. Los pacientes presentaban fracción de eyección ventricular dentro de los límites de la normalidad, así como también volúmenes ventriculares (promedios).

El análisis de correlación (Pearson:r) y la ecuación de regresión lineal para la comparación entre los valores de volúmenes y de fracción de eyección del ventrículo izquierdo, apurados con la ecocardiografía tridimensional y con la tomografía computarizada, están detallados en la Tabla 2. Se observó una buena correlación (r) para la apuración de los volúmenes y de la fracción de eyección con los dos diferentes métodos.

El análisis de concordancia (test de Bland & Altman) y las ecuaciones de regresión lineal para los valores de fracción de eyección y de los volúmenes del ventrículo izquierdo, apurados con la ecocardiografía tridimensional y la tomografía computarizada, están detallados en los gráficos 1, 2 y 3.

Una buena concordancia (r) se observó entre los valores ecocardiográficos de FEVI 3D y FEVI 2D, (r): 0,8472,  $p < 0,0001$ , IC: 0,8254 a 0,9141. El coeficiente de concordancia intraobservador para el análisis

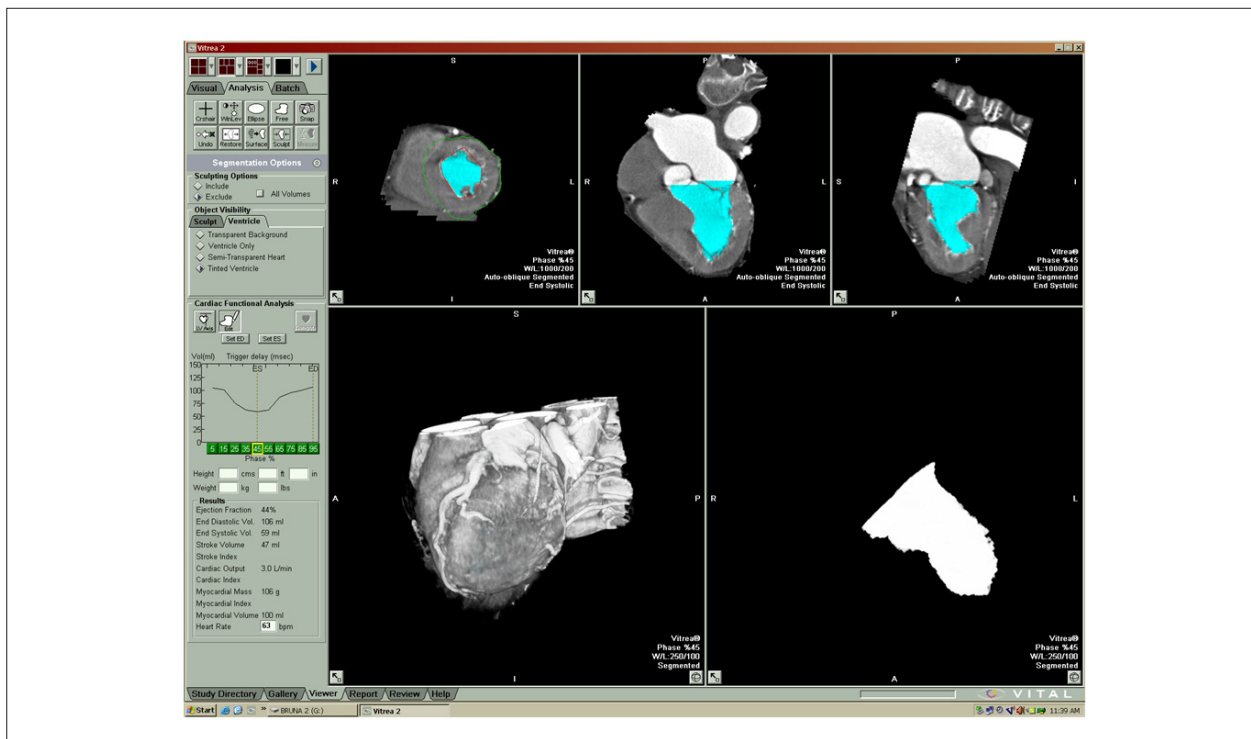
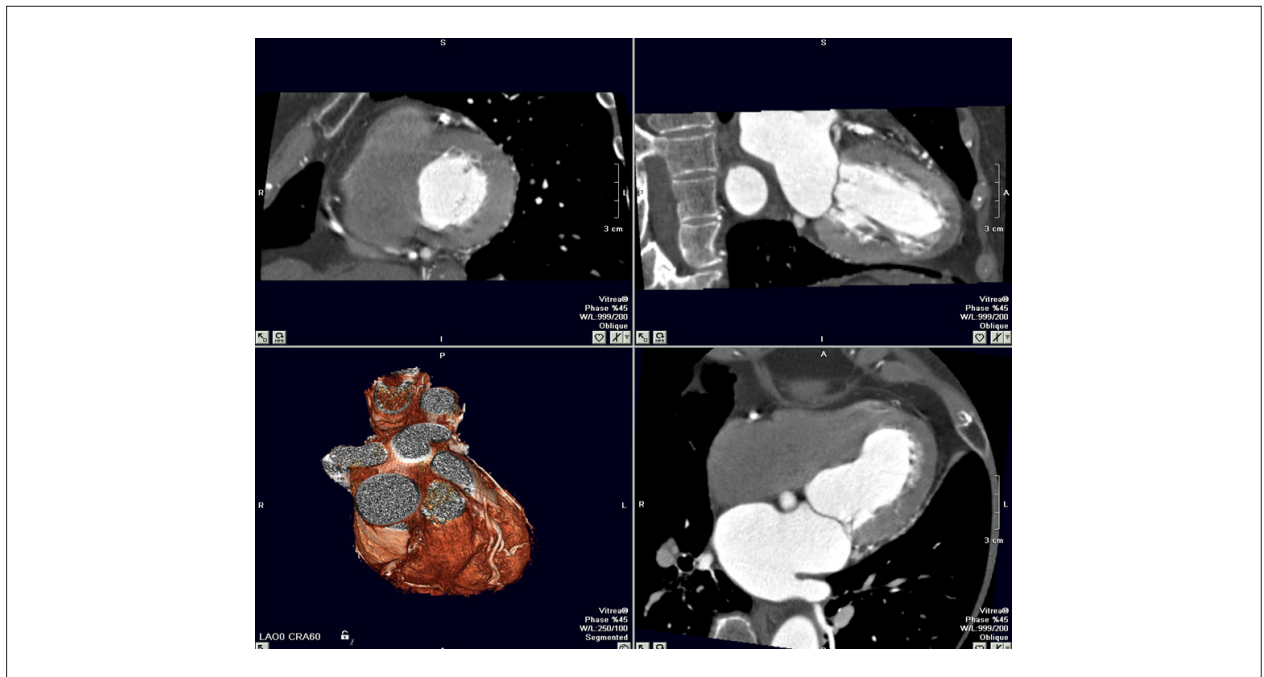


Figura 2 - Imagen tomográfica del ventrículo izquierdo (eje corto, 4 y 2 cámaras) para la determinación de los puntos de referencia para la apuración de los volúmenes ventriculares (en azul).



**Figura 3** - Imagen tomográfica para la determinación tridimensional de los volúmenes ventriculares y de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo a partir de imágenes en eje corto, 4 y 2 cámaras (método de área-longitud).

**Tabla 1** - Análisis descriptivo de las características ecocardiográficas y tomográficas (volúmenes y fracción de eyección del ventrículo izquierdo) de la población del estudio

n:39	Eco-3DTR	TC de 64 cortes
FEVI (%)	56,1 a 78,6 (65,5±5,58)	53 a 86 (67,8±7,78)
VSFVI (ml)	11,4 a 78 (33,1±13,6)	7 a 72 (35,5±13,4)
VDFVI (ml)	49,6 a 178,2 (87±27,8)	51 a 186 (106,5±30,3)

FEVI – fracción de eyección del ventrículo izquierdo; VSFVI – volumen sistólico final del ventrículo izquierdo; VDFVI – volumen diastólico final del ventrículo izquierdo; Eco-3DTR – ecocardiografía transtorácica tridimensional en tiempo real; TC – tomografía computarizada. Los valores están expresados como mínimos y máximos, promedio + desviación estándar.

ecocardiográfico tridimensional de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue de 0,8634, IC 95% (0,7083 a 0,9436). El coeficiente de concordancia interobservador para el análisis ecocardiográfico tridimensional de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue de 0,8051, IC (0,5976 a 0,9221).

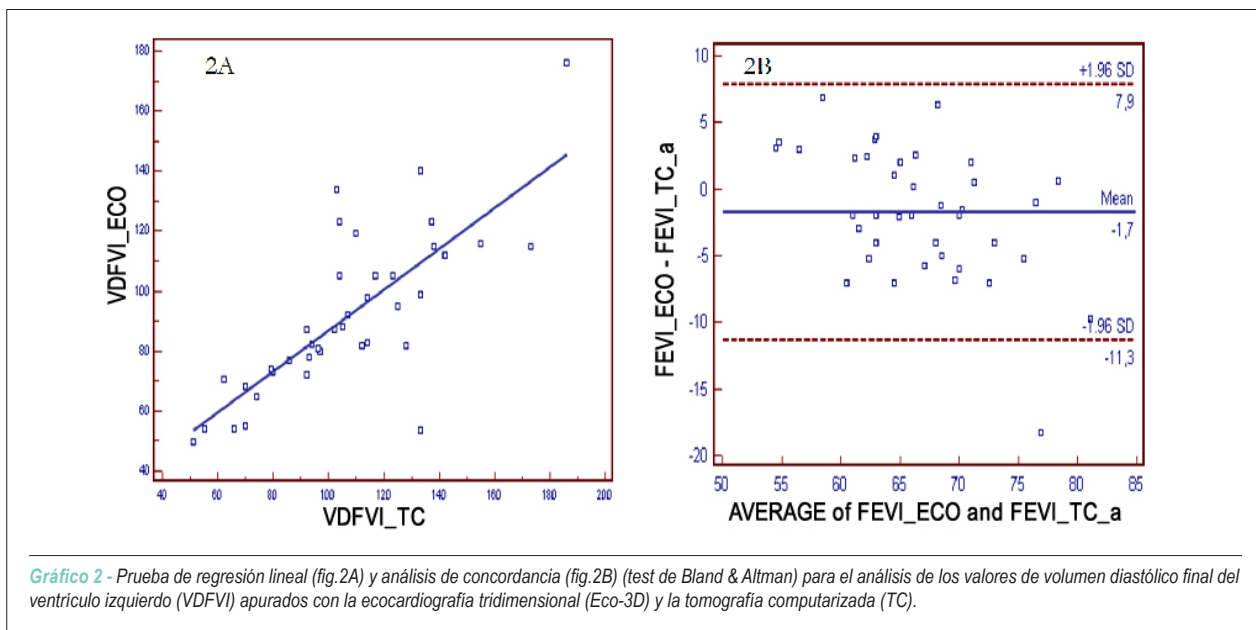
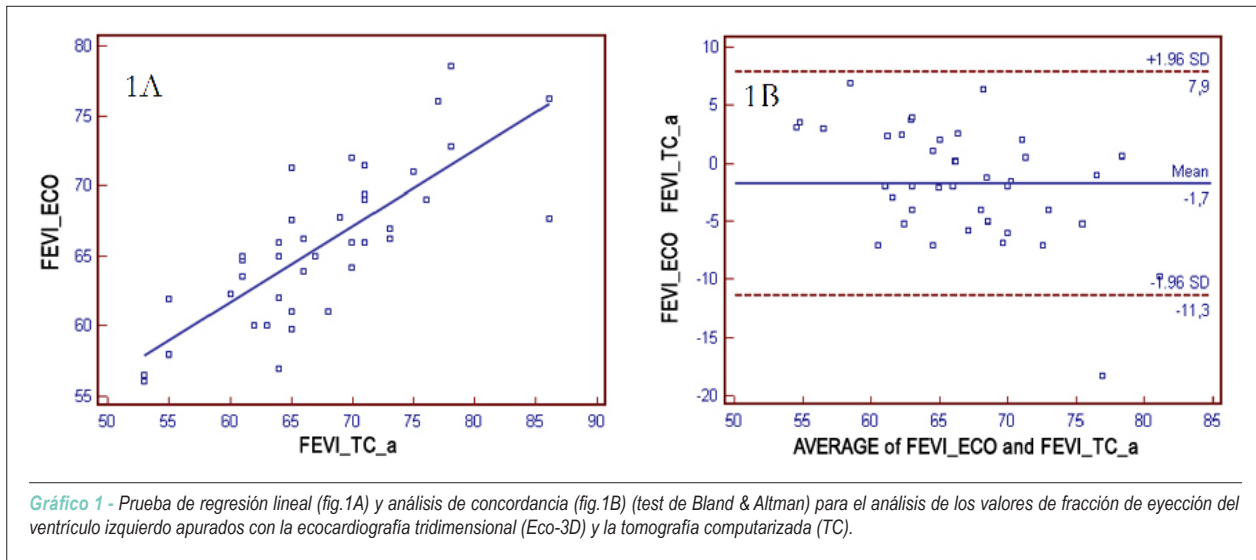
El coeficiente de concordancia intraobservador para el análisis tomográfico de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue de 0,8727, IC 95% (0,7437 a 0,9579). El coeficiente de concordancia interobservador para el análisis tomográfico de la fracción de eyección del ventrículo izquierdo fue de 0,8347, IC (0,6176 a 0,9291). La concordancia (r) entre los valores de FEVI 2D y FEVI apurados con la tomografía computarizada fue de (r): 0,6172,  $p < 0,0001$ , IC: 0,5654 a 0,8171

**Tabla 2** - Correlación (Pearson:r) y ecuación de regresión lineal para la comparación entre los valores de volúmenes y de fracción de eyección del ventrículo izquierdo, apurados con la ecocardiografía tridimensional y la tomografía computarizada en la población del estudio

ECO 3D y TC	FEVI	VDFVI	VSFVI
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
Regresión Lineal Eco-3DTR(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, $p < 0,0001$

FEVI – fracción de eyección del ventrículo izquierdo; VSFVI – volumen sistólico final del ventrículo izquierdo; VDFVI – volumen diastólico final del ventrículo izquierdo; Eco-3DTR – ecocardiografía transtorácica tridimensional en tiempo real; TC – tomografía computarizada.

## Artículo Original



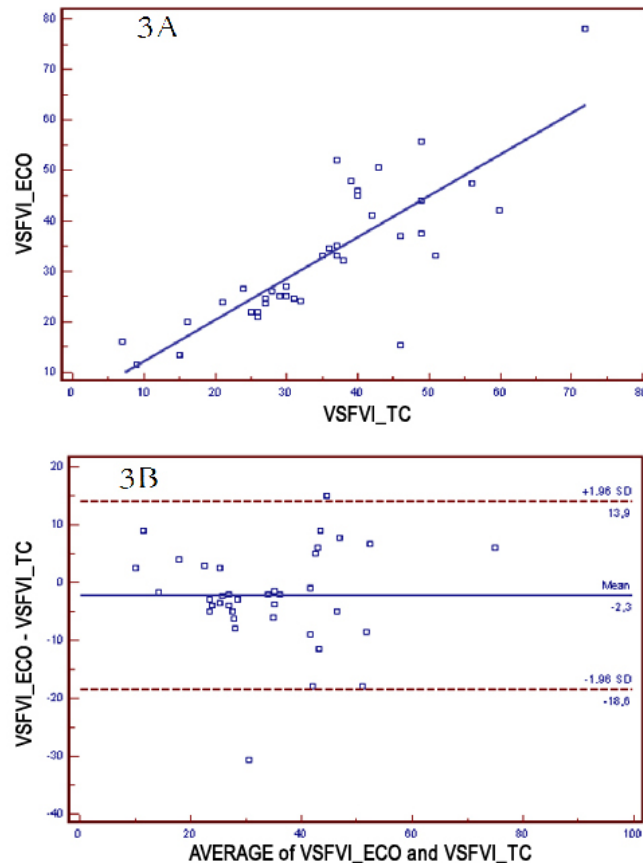
## Discusión

La determinación de la función sistólica ventricular y la apuración de los volúmenes ventriculares se pueden realizar con el empleo de diferentes técnicas no-invasivas de análisis por imagen. Cada técnica presenta particularidades específicas, brindando ventajas y limitaciones a su empleo. En los días actuales, la ecocardiografía bidimensional es el método más ampliamente utilizado para el análisis anatómico y funcional cardiaco. Permite la evaluación anatómica de las diversas estructuras cardíacas, posibilita el análisis de la diástole cardíaca con el empleo de las diferentes modalidades de ecocardiografía Doppler, pudiendo aún realizarse a la cabecera del paciente en ambiente de cuidados intensivos y de emergencia. Presenta, sin embargo, limitaciones en

razón de imagen ecocardiográfica subóptima en pacientes obesos y en portadores de enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Todavía presenta razonable dependencia de la interpretación del realizador del estudio y limitación por el empleo de pequeño número de planes anatómicos para el análisis cardíaco.

El empleo de la ecocardiografía tridimensional amplía la posibilidad de observación cardíaca ecocardiográfica a partir de la observación estructural, teniendo en cuenta múltiples planes espaciales de análisis. El análisis estructural se realiza a partir de nuevos planes de identificación, sin el empleo de extrapolaciones geométricas para llevar a cabo el análisis de formas anatómicas complejas (ejemplo: ventrículo derecho), y que ni siempre se limitan a la formulación matemática





**Gráfico 3** - Prueba de regresión lineal (fig.3A) y análisis de concordancia (fig.3B) (test de Bland & Altman) para el análisis de los valores de volumen sistólico final del ventrículo izquierdo (VSFVI) apurados con la ecocardiografía tridimensional (Eco-3D) y la tomografía computarizada (TC).

específica. Sin embargo, la ecocardiografía tridimensional necesita de entrenamiento ecocardiográfico específico, además de requerir estabilidad del ritmo cardiaco para su mejor análisis y depender asimismo de la calidad de imagen inicial para su mejor resultado.

La resonancia magnética nuclear es una referencia para el análisis anatómico de la mayoría de las enfermedades anatómicas cardiacas. No obstante, presenta limitaciones con relación a su costo, en pacientes portadores de dispositivos metálicos, además de necesitar extenso entrenamiento específico. Por otra parte, no está disponible en la gran mayoría de los hospitales del país.

La tomografía computarizada ultrarrápida de 64 cortes es una técnica de realización más rápida que la resonancia magnética nuclear, permite el análisis en pacientes portadores de dispositivos metálicos y también posibilita la observación conjunta de la función ventricular, de los volúmenes ventriculares y de la circulación coronaria. Es, sin embargo, una técnica de mayor costo cuando comparada a las modalidades ecocardiográficas.

En este estudio, observamos una buena correlación del análisis de la fracción de eyección, del volumen diastólico final y del volumen sistólico final del ventrículo izquierdo apurados

con la ecocardiografía tridimensional y con la tomografía computarizada de 64 cortes ( $r: 0,7888$ ,  $r: 0,7695$ ,  $r: 0,8119$ ,  $p < 0,0001$ , respectivamente). Ese hallazgo es concordante con estudio previo en el que se observó una buena correlación ( $r > 0,85$ ) entre el análisis volumétrico y funcional del ventrículo izquierdo apurado con el empleo de la ecocardiografía tridimensional y de la tomografía computarizada<sup>11</sup>. Para el análisis de los valores de fracción de eyección apurados con la ecocardiografía bidimensional y la tomografía computarizada de 64 cortes observamos concordancia menor entre los métodos ( $r: 0,6172$ ,  $p < 0,0001$ ), mejor que aquella observada en estudio en transplantados cardiacos ( $r: 0,49$ )<sup>13</sup>, y semejante ( $r: 0,59$ ) a estudio previo en pacientes con sospecha de enfermedad arterial coronaria en que se utilizó tomógrafo de 16 cortes<sup>12</sup>.

La concordancia para los valores de fracción de eyección apurados con la ecocardiografía tridimensional y bidimensional fue positiva ( $r: 0,8472$ ,  $p < 0,0001$ ). Ese hallazgo se justifica por la observación de la función ventricular izquierda y de la geometría ventricular, ambas preservadas en la serie de individuos estudiados. También se observó una buena reproducibilidad de la apuración de la fracción de eyección con la ecocardiografía tridimensional (coeficiente de

## Artículo Original

concordancia interobservador de 0,8051) y con la tomografía computarizada (coeficiente de concordancia interobservador de 0,8347).

Los resultados de este estudio revelan una buena concordancia para el análisis morfofuncional del ventrículo izquierdo entre dos métodos de análisis no-invasivo con diferentes posibilidades de observación temporal y espacial. La mejor observación temporal de la ecocardiografía tridimensional permite la mejor identificación de los eventos funcionales cardíacos. Mientras que la mejor definición anatómica proporcionada por el análisis tomográfico permite el mayor detalle estructural.

Es importante, en el futuro, la elección de modalidad de investigación cardíaca no-invasiva que reúna costos bajos, gran reproductibilidad, exactitud diagnóstica y disponibilidad de uso a la población de baja renta.

### Limitación del estudio

En este estudio, el análisis comparativo de los volúmenes y fracción de eyección del ventrículo izquierdo empleándose la ecocardiografía tridimensional y la tomografía computarizada ultrarrápida de 64 cortes se restringió a la serie de individuos con función ventricular preservada, y volúmenes (promedio) dentro de los límites de la normalidad. Hay la necesidad de la

comparación en pacientes portadores de disfunción contráctil y dilatación ventricular, y también dentro de situaciones clínicas en las que haya la presencia de irregularidad del ritmo cardíaco.

### Conclusión

En esta serie, se observó una correlación positiva entre los valores de la fracción de eyección y entre los volúmenes del ventrículo izquierdo apurados por la ecocardiografía transtorácica tridimensional en tiempo real y por la tomografía computarizada ultrarrápida de 64 cortes.

### Potencial Conflicto de Intereses

Declaro no haber conflicto de intereses pertinentes.

### Fuentes de Financiación

El presente estudio no tuvo fuentes de financiación externas.

### Vinculación Académica

No hay vínculo de este estudio a programas de postgrado.

## Referencias

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. Ecocardiografía transeofágica tridimensional: acréscimo à informação diagnóstica e à análise anatómica. *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.