

Original breve

Valoración cuantitativa de la fracción de eyección y volúmenes de ventrículo izquierdo mediante ecocardiografía tridimensional y speckle tracking y su correlación con la ecocardiografía bidimensional[☆]

José López-Aguilera*, Dolores Mesa-Rubio, Martín Ruiz-Ortiz, Mónica Delgado-Ortega, Elena Villanueva-Fernández, Laura Cejudo-Díaz Del Campo, Francisco Javier Toledano-Delgado, María del Carmen León-Del Pino, Elías Romo-Peña, Manuel Pan-Álvarez Ossorio y José Suárez de Lezo

Servicio de Cardiología, Hospital Universitario Reina Sofía, Córdoba, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

Recibido el 17 de noviembre de 2010

Aceptado el 14 de abril de 2012

On-line el 15 de junio de 2012

Palabras clave:

Fracción de eyección ventricular izquierda

Volúmenes ventriculares

Ecocardiografía 3D

Speckle tracking

R E S U M E N

Introducción y objetivos: La ecocardiografía tridimensional (E3D) y speckle tracking (ST2D) son nuevas técnicas ecocardiográficas para valorar la fracción de eyección y los volúmenes ventriculares. Pretendemos estudiar la correlación existente entre ecocardiografía bidimensional (E2D), E3D y ST2D en la medición cuantitativa de fracción de eyección y volúmenes ventriculares.

Métodos: Se incluyeron 59 pacientes. Se determinó la fracción de eyección, el volumen telediastólico y telesistólico con las 3 técnicas, y en 15 pacientes se calculó la variabilidad intra e interobservador

Resultados: Correlación de la fracción de eyección para E2D vs. ST2D: $44 \pm 20\%$ vs. $36 \pm 15\%$, $r = 0,78$, $p < 0,01$, y para E2D vs. E3D: $45 \pm 21\%$ vs. $40 \pm 16\%$, $r = 0,75$, $p < 0,01$. Entre ST2D y E3D: $44 \pm 20\%$ vs. $36 \pm 15\%$, $r = 0,78$, $p < 0,01$. Entre ST2D y E3D: $40 \pm 16\%$ vs. $36 \pm 15\%$, $r = 0,86$, $p < 0,01$. La variabilidad inter e intraobservador para la fracción de eyección fue del 4 y del 5% para ST2D, y del 6 y el 4% para E3D, respectivamente.

Conclusión: ST2D y E3D tienen buena correlación con E2D en la determinación de fracción de eyección y volúmenes ventriculares. Existe reducida variabilidad intra e interobservador para las 3 técnicas.

© 2010 SAC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

[☆] Este estudio ha recibido un premio a las mejores comunicaciones de residentes presentadas en el Congreso Andaluz de Mayo de 2010 (Córdoba).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: mircardjla@gmail.com (J. López-Aguilera).

1889-898X/\$ – see front matter © 2010 SAC. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.carcor.2012.04.002>

Automatic quantitative assessment of ejection fraction by means of speckle tracking and real-time-3D echocardiography. Correlations with classic 2D echo methods

A B S T R A C T

Keywords:

Left ventricular ejection fraction
Left ventricular volume
3D echocardiography
Speckle tracking

Objetivo: Speckle tracking (2DSTE) and three-dimensional echocardiography (3DE) are new echocardiographic techniques that have been used for measuring left ventricular ejection fraction and left ventricle volumes. Our aim is to study the correlation between 2DSTE, 3DE and 2DE in calculating the left ejection fraction and ventricular volumes.

Methods: We included 59 patients. Left ventricle ejection fraction and volumes were determined using three techniques. Intra- and interobserver variability of the three techniques were calculated on 15 patients.

Results: 2DE and 2DSTE had good correlation in the measurement of ejection fraction and left ventricle volumes [$44 \pm 20\%$ (2DE) vs. $36 \pm 15\%$ (2DSTE), $r = 0,78$, $P < .01$], and 2DE with 3DE [$45 \pm 21\%$ (2DE) vs. $40 \pm 16\%$ (2DSTE), $r = 0.75$, $P < .01$]. There was excellent correlation between the new echocardiographic techniques to determine the ejection fraction ($40 \pm 16\%$ (2DSTE) vs. $36 \pm 15\%$ (3D), $r = 0.86$, $P < 0.01$). Intra- and interobserver variability in ejection fraction measurement were 4% and 5% for 2DSTE, and 6% and 4% for 3DE.

Conclusions: 2DSTE and 3DE correlated well with 2DE in determining left ejection fraction and ventricle volumes. There is reduced intra- and interobserver variability between the three techniques.

© 2010 SAC. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Introducción

Entre los avances más importantes en ecocardiografía hay que destacar el desarrollo de la ecocardiografía tridimensional (E3D) y el *speckle tracking* (ST2D), 2 técnicas que aportan varias ventajas e información adicional a la ecocardiografía bidimensional (E2D) en la evaluación de la estructura y de la función cardíacas.

Para la obtención de la fracción de eyección y volúmenes ventriculares (VTDVI y VTSVI) de forma rutinaria la técnica ecocardiográfica más ampliamente aceptada es la E2D según el método de SIMPSON. Según las guías de ecocardiografía actuales este método es el mejor para medir de forma objetiva la fracción de eyección del ventrículo izquierdo¹, aunque son bien conocidas sus limitaciones: requiere buena visualización de los límites endocárdicos, en ocasiones es necesario usar ecocontrastes, es muy dependiente de la experiencia del operador y además conlleva un alto consumo de tiempo al tener que medir FEVI y volúmenes ventriculares en apical 2 y 4 cámaras.

Con el desarrollo de estas técnicas han surgido multitud de estudios que las validan como un método aplicable no invasivo para medir la función global, ya que presenta una elevada reproducibilidad y una reducida variabilidad intra e interobservador². Con todo, estas técnicas tampoco están exentas de limitaciones.

Pretendemos investigar qué correlación tienen la E2D, el ST2D y la E3D en la medición de FEVI, VTDVI y VTSVI, así como estudiar la variabilidad intra e interobservador de estas técnicas en un laboratorio de ecocardiografía de un hospital de tercer nivel en una muestra no seleccionada de pacientes.

Pacientes y métodos

Criterios de inclusión

Desde septiembre de 2009 hasta enero de 2010 se incluyeron de forma prospectiva casos consecutivos de estenosis aórtica severa, casos de miocardiopatía dilatada idiopática y controles elegidos como pacientes remitidos al laboratorio de ecocardiografía en los que no se encontraron anomalías estructurales.

Estudio ecocardiográfico

Realizamos un ecocardiograma transtorácico a todos los pacientes con el mismo ecocardiógrafo (Philips iE33), siempre realizado por ecocardiografistas expertos de nuestro laboratorio. Se estudió por E2D el VTDVI, VTSVI y FEVI según el método SIMPSON biplanar en apical 4 y 2 cámaras. En los casos de mala ventana acústica se utilizaron ecopotenciadores para opacificación ventricular (hexafluoruro de azufre, SonoVue®).

Las adquisiciones de ST2D y E3D se realizaron bajo monitorización electrocardiográfica óptima. Para las adquisiciones de ST2D se utilizó un transductor S5-1 con armónicos de alta frecuencia. Se modificaron todos los parámetros ecocardiográficos posibles para conseguir una correcta optimización en adquisición de imágenes. Cada adquisición se realizó en apical 4 cámaras e incluía 3 ciclos cardíacos completos en apnea y en presencia de un ritmo regular. Para el cálculo de la FEVI se trazaron manualmente 3 puntos de referencia anatómicos en el subendocardio telediastólico, incluyendo los bordes septal y lateral del anillo mitral y el ápex del ventrículo izquierdo. El software señalaba automáticamente el contorno endocárdico, teniendo en cuenta estos puntos de tejido subendocárdico,

estimando de forma automática el VTDVI, VTSVI y FEVI, utilizando la fórmula de Simpson monoplanar³.

Para el análisis de la FEVI y volúmenes ventriculares por E3D se utilizó una sonda matricial (X3-1, 1,9/3,8MHz), realizándose una adquisición previa de un volumen completo del ventrículo izquierdo en apical 4 cámaras⁴. Posteriormente, tanto las adquisiciones de ST2D como las de E3D fueron analizadas por el software Qlab en una estación de trabajo externa.

Para el cálculo de la variabilidad interobservador de las 3 técnicas, cada ecocardiografista realizó el protocolo de estudio en 15 pacientes consecutivos. Para el cálculo de la variabilidad intraobservador se compararon los datos ecocardiográficos de 2 estudios realizados por el mismo ecocardiografista y separados por 10 días de diferencia.

Análisis estadístico

Los datos cuantitativos se presentan como media \pm desviación estándar, y los cualitativos, en porcentajes. Para la comparación de las variables cuantitativas se utilizó la prueba de t de Student para datos independientes. Para la comparación de variables categóricas se utilizó la prueba de prueba de la chi cuadrado. Para el cálculo de la variabilidad inter e intraobservador se calculó la diferencia de porcentajes de FEVI para cada caso. La variabilidad media se calculó como la suma de estas diferencias de porcentajes entre el número total de casos. El análisis de correlación de variables cuantitativas se realizó con el coeficiente de Pearson y se utilizó un gráfico de Bland-Altman para representar la concordancia de las 3 técnicas en la determinación de la fracción de eyección (diferencia entre cada pareja de valores de FEVI frente a la media). Para el análisis estadístico de los datos se empleó el programa SPSS v 13.0. Se consideraron significativos valores de $p < 0,05$.

Resultados

Características basales

Se incluyeron 59 pacientes, de los cuales 28 tenían el diagnóstico de miocardiopatía dilatada (47%), 24 estenosis aórticas severas (41%) y 7 controles sanos (12%). Predominaron los varones (69%; edad media, 63 ± 19 años).

Se determinó FEVI, VTDVI y VTSVI en 58 pacientes por E2D (se tuvo que utilizar ecocontraste en 10 pacientes), 51 pacientes por ST2D y 57 pacientes por E3D. En 7 y un pacientes no pudieron medirse estos parámetros por ST2D y E3D, respectivamente. En el caso del E3D se debió a una mala adquisición del volumen completo por extrasistolia ventricular frecuente. En el caso de ST2D, en general fue la mala ventana que presentaba el paciente en apical.

Los datos basales pueden observarse en la [tabla 1](#). Nuestra serie se caracteriza por una FEVI medida por E2D entre el valor normal ($>50\%$) y la disfunción ventricular izquierda severa, así como unos volúmenes ventriculares elevados, debido a un predominio de la inclusión de pacientes con miocardiopatía dilatada con disfunción ventricular severa. Algo similar ocurre con las nuevas técnicas de estudio (E3D y ST2D).

Tabla 1 – Parámetros ecocardiográficos basales

E2D (n = 58)	
FEVI	46 \pm 21%
VTDVI (mm)	216 \pm 18
VTSVI (mm)	139 \pm 92
ST2D (n = 51)	
FEVI	36 \pm 15%
VTDVI	177 \pm 92
VTSVI	124 \pm 78
E3D (n = 57)	
FEVI	40 \pm 16%
VTDVI (mm)	166 \pm 77
VTSVI (mm)	107 \pm 67

Correlación de FEVI, VTDVI y VTSVI por las 3 técnicas ecocardiográficas

El tamaño muestral utilizado para calcular la correlación entre la E2D y el ST2D fue de $n = 51$; $n = 57$ para calcular la correlación entre E2D y E3D, y $n = 51$ para E3D y ST2D.

Los datos de correlación de FEVI, VTDVI y VTSVI entre las 3 técnicas ecocardiográficas del estudio se presentan en la [tabla 2](#) y las [figuras 1 y 2](#).

Es de destacar que la mejor correlación se obtuvo en la medición de la FEVI por E3D y ST2D, si bien la E2D se correlacionaba también de forma significativa en la medición de volúmenes ventriculares y FEVI con las 2 nuevas técnicas de estudio ecocardiográfico, aunque estas últimas tienden a infraestimar estos valores con respecto E2D.

En nuestro laboratorio la variabilidad intra e interobservador para el cálculo de la FEVI por E2D fue del 8 y del 10%. La variabilidad intra e interobservador en la medición de la FEVI fue del 4 y del 5% para ST2D y del 6 y del 4% para E3D, respectivamente.

Discusión

Independientemente de la cardiopatía estudiada, las medidas más buscadas por todo ecocardiografista son la determinación de la FEVI y los volúmenes ventriculares. Aparte de la valoración subjetiva que se suele hacer de la FEVI, y que en recientes estudios se ha demostrado que es más fiable que incluso la determinación objetiva por el clásico método de Teicholtz en el modo M⁵, siempre se ha de intentar objetivar este dato lo máximo posible de cara a futuras comparaciones en la evolución de la enfermedad cardiaca, para poder determinar qué impacto ha tenido un determinado tratamiento en la cardiopatía y para hablar en un mismo idioma en los trabajos de investigación que versen sobre este tema. Los 2 métodos clásicos utilizados para tal fin son el método de Teicholtz en modo M y el método SIMPSON en E2D. Otras técnicas de imagen también son utilizadas en la determinación de estos valores, y hoy por hoy son consideradas el *gold estándar* en su determinación: estamos refiriéndonos a la cardiiorresonancia^{3,6}, si bien, tanto por su escasa disponibilidad, por lo prolongados que se hacen estos estudios y por el alto coste que generaría un uso indiscriminado de esta técnica, no se considera hoy por hoy, solo para la medición de rutina de estos valores. Es por ello que la ecocardiografía cobra un gran valor en este aspecto.

Tabla 2 – Correlación de FEVI, VTDVI, VTSVI por las 3 técnicas ecocardiográficas

	n =	E2D (Simpson)	ST2D	E3D	Correlación de Pearson	p <	Diferencia de medias	p <
FEVI %	51	44 ± 20	36 ± 15		0,78	0,01	8 ± 13	0,01
VTDVI ml	51	261 ± 108	237 ± 97		0,75	0,01	24 ± 73	0,01
VTSVI ml	51	172 ± 86	163 ± 75		0,86	0,01	9 ± 44	NS
FEVI %	57	45 ± 21		40 ± 16	0,75	0,01	5 ± 14	0,05
VTDVI ml	57	249 ± 107		202 ± 85	0,82	0,01	47 ± 61	0,01
VTSVI ml	57	166 ± 85		138 ± 66	0,86	0,01	28 ± 44	0,01
FEVI %	51		40 ± 16	36 ± 15	0,86	0,01	4 ± 8	0,05
VTDVI ml	51		177 ± 92	172 ± 80	0,89	0,01	5 ± 41	NS
VTSVI ml	51		125 ± 78	114 ± 69	0,89	0,01	10 ± 36	NS

En nuestro estudio hemos demostrado que existe buena correlación entre E2D y las 2 nuevas técnicas, si bien estas últimas tienden a infraestimar estos valores. Estos datos están en concordancia con los publicados por otro grupo de trabajo⁷, en los que la E3D tiene buena correlación con E2D y con la cardi resonancia. Otro trabajo publicado aporta datos sobre una buena correlación de la E3D y el TAC-64 cortes para la misma medida⁸. Esta subestimación es un hecho constante en la determinación de la FEVI por estas técnicas en nuestro grupo de trabajo, y parece que puede estar en relación con las dificultades técnicas para diferenciar las trabéculas del borde miocárdico⁹. Los gráficos de Bland-Altman muestran la concordancia que existe en la medición de la FEVI entre las 3 técnicas entre sí.

Además, con los resultados de variabilidad obtenidos podemos decir que son técnicas fácilmente reproducibles en el laboratorio por cualquier ecocardiografista experto, y son técnicas fiables puesto que tienen menor variabilidad con respecto a E2D. Estos mismos resultados han sido ya comunicados por otros autores².

Existen ocasiones en que bien por mala resolución de la cara lateral o una mala delineación del endocardio, el software no puede realizar una valoración «automática» de la FEVI y realiza un cálculo erróneo. Es entonces cuando el operador tiene que realizar una modificación de los puntos fijados en el miocardio ventricular para hacer un cálculo más aproximado al real, pasando en estos casos de realizar un análisis verdaderamente *automático* a *semiautomático*, pues ya entra en juego la subjetividad del ecocardiografista.

Limitaciones

La mayor limitación de nuestro estudio estriba en que hemos utilizado como técnica diagnóstica control la E2D para estudiar la correlación de la FEVI y volúmenes ventriculares con las dos nuevas técnicas, en lugar de otras consideradas como *gold standard* para tal efecto^{3,6}. El motivo de ello ha sido la baja disponibilidad de la cardi resonancia en nuestra práctica clínica, pues no suele ser habitual por nuestro grupo utilizar esta

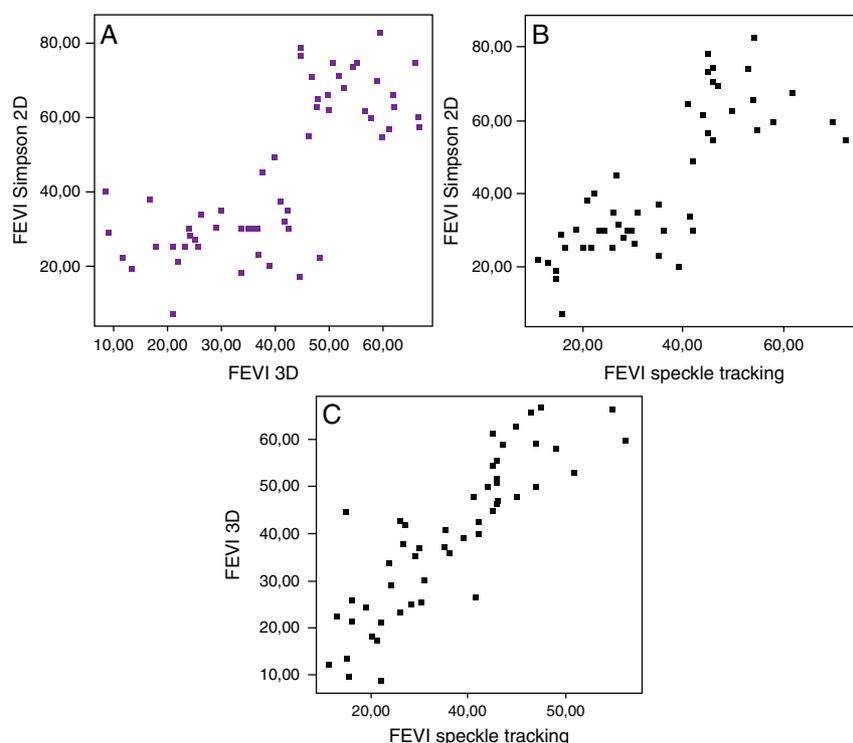


Figura 1 – Correlación existente para FEVI entre las tres técnicas ecocardiográficas. A) E2D vs. E3D. B) E2D vs. ST2D. C) ST2D vs. E3D.

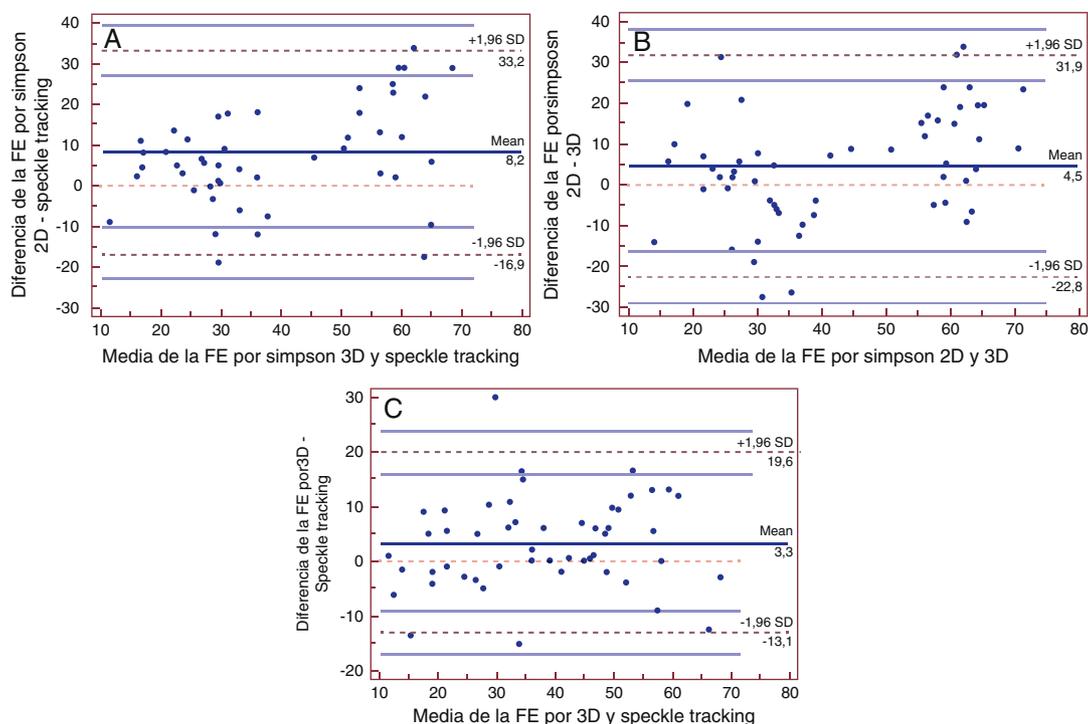


Figura 2 – Gráfico de Bland-Altman que representa la diferencia entre cada pareja de valores de FEVI con respecto a la media. A) E2D vs. ST2D. B) E2D vs. E3D. C) ST2D vs. E3D.

técnica en la valoración de FEVI y de los volúmenes ventriculares en este tipo de patologías.

Conclusiones

ST2D y E3D son 2 buenas técnicas para el cálculo de la FEVI y de los volúmenes ventriculares por su buena correlación y concordancia con la E2D, aunque proporcionan valores más bajos de estas medidas de forma significativa. Son técnicas reproducibles y fiables para realizar en cualquier laboratorio en el que haya ecocardiografistas entrenados en la materia, con una variabilidad intra e interobservador menor que para la E2D realizada de rutina.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

BIBLIOGRAFÍA

1. Evangelista A, Alonso Gomez A, Martín Durán R, et al. Guías de práctica clínica de la sociedad española de cardiología en ecocardiografía. *Rev Esp Card.* 2000;53:663–83.
2. Hansegård J, Urheim S, Lunde K, et al. Semi-automated quantification of left ventricular volumes and ejection fraction by real-time three-dimensional echocardiography. *Cardiovasc Ultrasound.* 2009;20:7–18.
3. Amundsen B, Crosby J, Steen PA, et al. Regional myocardial long-axis strain and strain rate measured by different tissue Doppler and speckle tracking echocardiography methods: a comparison with tagged magnetic resonance imaging. *Eur J Echocardiogr.* 2009;10:229–37.
4. Bhan A, Kapetanakis S, Monaghan M. Three-dimensional echocardiography. *Heart.* 2010;96:153–63.
5. Kalogeropoulos MD, Martin RP. Visual assessment of left ventricular function in the era of high definition: the machine and the eye of the beholder. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:258–64.
6. Cho G, Chan J, Leano R, et al. Comparison of two-dimensional speckle and tissue velocity based strain and validation with harmonic phase magnetic resonance imaging. *Am J Card.* 2006;97:1661–6.
7. Bjork Ingul Ch, Torp H, Berg S, et al. Automated analysis of strain rate and strain: feasibility and clinical implications. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18:411–8.
8. Nishikage T, Nakai H, Mor-Avi V, et al. Quantitative assessment of left ventricular volume and ejection fraction using two-dimensional speckle tracking echocardiography. *Eur J Echocardiography.* 2009;10:82–8.
9. Aguilar-Torres R, Gómez de Diego J, Forteza-Albert JF, et al. Actualización en técnicas de imagen cardíaca: ecocardiografía, cardi resonancia y tomografía computarizada. *Rev Esp Card.* 2010;63 Suppl 1:116–31.