

Variabilidad inter e intraobservador en la valoración ecocardiográfica de la función del ventrículo derecho

Marta Pinedo^{a,b}, Eduardo Villacorta^c, Cristina Tapia^a, Roman Arnold^{a,b}, Javier López^a, Ana Revilla^{a,b}, Itziar Gómez^a, Enrique Fulquet^a y José A. San Román^{a,b}

^aServicio de Cardiología y Cirugía Cardíaca. Instituto de Ciencias del Corazón (ICICOR). Hospital Clínico Universitario. Valladolid. España.

^bLaboratorio de Análisis de Imagen Cardíaca (ICICORELAB). Servicio de Cardiología y Cirugía Cardíaca. Hospital Clínico Universitario. Valladolid. España.

^cServicio de Cardiología. Hospital Vall d'Hebron. Barcelona. España.

Introducción y objetivos. La valoración ecocardiográfica de la función sistólica ventricular derecha es actualmente una cuestión pendiente de resolver, dadas las peculiaridades anatómicas del ventrículo derecho. Se han desarrollado diversos métodos para su cálculo. El objetivo del presente estudio es determinar la fiabilidad y reproducibilidad de diferentes parámetros ecocardiográficos estudiando su variabilidad inter e intraobservador.

Métodos. Se incluyeron 30 pacientes con valvulopatía mitral aislada candidatos a cirugía cardíaca. Se realizó un ecocardiograma a todos los pacientes por dos investigadores de forma independiente en un periodo de 24 h. El análisis intraobservador se obtuvo a partir del primer mes desde imágenes grabadas. Los parámetros utilizados fueron la TAPSE (elevación sistólica del plano del anillo tricuspídeo), la velocidad pico sistólica del anillo tricuspídeo por Doppler tisular, la fracción de acortamiento del tracto de salida ventricular derecho, la fracción de acortamiento de los diámetros del ventrículo derecho y la fracción de acortamiento de las áreas del ventrículo derecho. La variabilidad fue analizada mediante el coeficiente de correlación intraclase.

Resultados. La fuerza de concordancia de la TAPSE y la velocidad pico del anillo tricuspídeo es buena en el análisis interobservador y excelente en el análisis intraobservador. Sin embargo, la fracción de acortamiento del tracto de salida, de las áreas y de los diámetros muestran una pobre concordancia en el análisis inter e intraobservador.

Conclusiones. Las medidas ecocardiográficas más fiables y reproducibles en la valoración de la función sistólica ventricular derecha en pacientes con valvulopatía mitral aislada son la TAPSE y la velocidad pico del anillo tricuspídeo.

Palabras clave: Ecocardiografía. Ventrículo derecho. Imagen.

Inter- and Intra-Observer Variability in the Echocardiographic Evaluation of Right Ventricular Function

Introduction and objectives. Echocardiographic evaluation of right ventricular systolic function remains subject to debate because of the anatomic peculiarities of the right ventricle. Several methods have been developed for quantifying right ventricular systolic function. The aim of this study was to determine the reliability and reproducibility of a number of echocardiographic parameters by evaluating their inter-observer and intra-observer variability.

Methods. The study included 30 patients with isolated mitral valvulopathy scheduled for heart surgery. All underwent echocardiography, which was performed independently by two echocardiographers within 24 hours. The intra-observer analysis was carried out using the recorded images at least 1 month after they had been obtained. The parameters studied were the tricuspid annular plane systolic excursion (TAPSE), the tricuspid annular peak systolic velocity on tissue Doppler imaging, right ventricular outflow tract fractional shortening, fractional shortening of right ventricular diameters, and fractional shortening of right ventricular areas. Variability was analyzed using the intraclass correlation coefficient.

Results. The degree of concordance on TAPSE and tricuspid annular peak systolic velocity measurement was good in the inter-observer analysis and excellent in the intra-observer analysis. However, concordance was poor on measurements of the fractional shortening of the right ventricular outflow tract, areas and diameters on both inter-observer and intra-observer analyses.

Conclusions. The most reliable and reproducible echocardiographic parameters for evaluating right ventricular systolic function in patients with isolated mitral valvulopathy were the TAPSE and the tricuspid annular peak systolic velocity.

Key words: Echocardiography. Right ventricle. Imaging.

Full English text available from: www.revespcardiol.org

Este estudio ha sido parcialmente financiado por la Red Cooperativa de Investigación Cardiovascular (RECAVA) perteneciente al Instituto de Salud Carlos III.

Correspondencia: Dra. M. Pinedo.
Secretaría de Cardiología. Hospital Clínico Universitario.
Avda. Ramón y Cajal, 3, 7.ª planta. 47005 Valladolid. España.
Correo electrónico: mpinedog@gmail.com

Recibido el 14 de agosto de 2009.

Aceptado para su publicación el 26 de enero de 2010.

ABREVIATURAS

FA área: fracción de acortamiento de las áreas del ventrículo derecho.
 FA dia: fracción de acortamiento de los diámetros del ventrículo derecho.
 FA TSVD: fracción de acortamiento del tracto de salida del ventrículo derecho.
 TAPSE: elevación sistólica del plano del anillo tricuspídeo.
 VD: ventrículo derecho.
 VPDT: velocidad pico sistólica por Doppler tisular del anillo tricuspídeo.

INTRODUCCIÓN

Durante décadas se ha subestimado la intervención del ventrículo derecho (VD) en la estabilidad hemodinámica y el mantenimiento de un adecuado gasto cardiaco. La evidencia científica, sin embargo, nos ha demostrado el papel primordial de la función sistólica del VD en la evolución de diversas afecciones. Se conoce desde hace tiempo su valor pronóstico en las cardiopatías congénitas, en las cuales su influencia se explica en gran parte por variaciones anatómicas que otorgan a las cámaras derechas un mayor protagonismo en la circulación sistémica^{1,2}. No obstante, recientemente se ha resaltaado la importancia pronóstica de la función sistólica del VD en otras entidades más frecuentes en la práctica clínica diaria, como la insuficiencia cardiaca^{1,3}, la hipertensión pulmonar^{3,4}, la tromboembolia pulmonar^{1,3,5} o el infarto de miocardio^{2,3}. Por lo tanto, es fundamental en este contexto contar con un método sencillo, reproducible y preciso para la valoración del rendimiento del VD en la práctica clínica diaria.

La valoración de la función sistólica ventricular derecha puede realizarse por diferentes técnicas de imagen en cardiología: ecocardiografía bidimensional y tridimensional, angiografía, ventriculografía isotópica y resonancia magnética. De todas ellas, la más disponible y ampliamente utilizada en la práctica clínica habitual es la ecocardiografía bidimensional, que además es la más barata y está exenta de riesgos. La disposición de un parámetro ecocardiográfico que permita una estimación sencilla y reproducible de la función sistólica del VD sigue siendo uno de los grandes retos de la ecocardiografía.

El objetivo del presente estudio es la valoración de la variabilidad inter e intraobservador de diferentes parámetros ecocardiográficos para el análisis de la función del VD para ayudar a determinar cuál de ellos muestra mayor fiabilidad.

MÉTODOS

Se incluyó de forma consecutiva a todos los pacientes ingresados en nuestro centro en espera de actuación quirúrgica aislada sobre la válvula mitral. Se excluyó a los pacientes con enfermedad coronaria o con valvulopatía aórtica concomitante.

Se empleó un equipo de ecocardiografía (General Electric, Vivid 3) dotado de un transductor de 1,5 a 3 MHz (Sonda 3S). El análisis de las imágenes se realizó en la estación de trabajo de nuestra unidad de imagen central con el programa informático Echo Pac 3.1.0.

Dos investigadores, de forma independiente, practicaron un ecocardiograma transtorácico a todos los pacientes incluidos en el estudio en un periodo < 24 h para evitar diferencias atribuibles a una variación en el estado hídrico y, por lo tanto, en la precarga. Posteriormente, con un intervalo entre 1 y 3 meses, y a partir de imágenes grabadas en el equipo de ecocardiografía, uno de los investigadores analizó de nuevo los parámetros ecocardiográficos en estudio con el fin de obtener la variabilidad intraobservador.

Las medidas de función del VD que se incluyeron en el análisis fueron la elevación sistólica del plano del anillo tricuspídeo (TAPSE), la velocidad pico por Doppler tisular del anillo tricuspídeo (VPDT), la fracción de acortamiento de los diámetros del VD (FA-dia), la fracción de acortamiento del tracto de salida del VD (FA-TSVD) y la fracción de acortamiento de las áreas del VD (FA-área). La obtención de cada parámetro se realizó siguiendo las guías de actuación de la American Society of Echocardiography⁶ y las directrices expuestas en los estudios que avalaron cada uno de estos parámetros^{2,6-16}.

La TAPSE se calculó en modo M en el plano apical de cuatro cámaras^{2,8,9}. El cursor se colocó en la unión del anillo tricuspídeo con la pared lateral del VD. La TAPSE se define como el desplazamiento sistólico de dicho punto en el eje vertical respecto a su situación basal, que representa el acortamiento longitudinal de la base ventricular respecto al ápex (fig. 1).

La VPDT se obtuvo en plano apical de cuatro cámaras y en modo Doppler tisular pulsado colocando el cursor en el punto de unión entre la base de la valva anterior de la válvula tricuspídeo y la pared lateral del VD^{9,10}. El Doppler tisular proporcionó, de este modo, una serie de deflexiones sistólicas y diastólicas. El primer pico sistólico representa la contracción isovolumétrica, por lo que se descartó. Se consideró VPDT el valor máximo de la siguiente deflexión sistólica (fig. 2).

El cálculo adecuado de la TAPSE y la VPDT precisa una correcta colocación del cursor, ya sea en modo M o en Doppler tisular pulsado, de forma

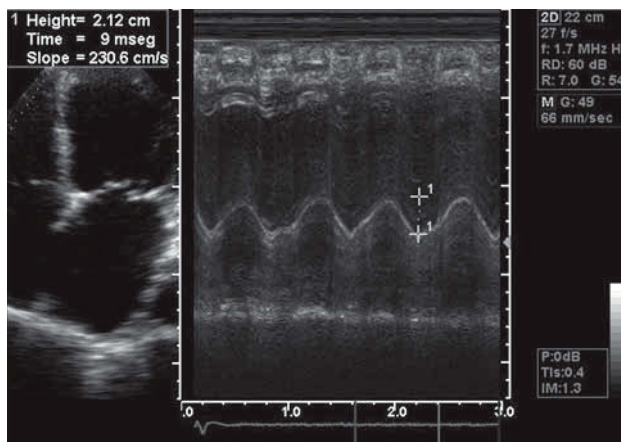


Fig. 1. Elevación sistólica del plano del anillo tricúspideo en plano apical de cuatro cámaras.

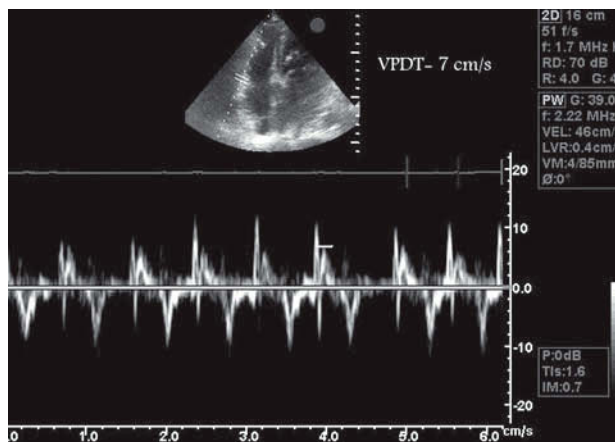


Fig. 2. Velocidad pico por Doppler tisular del anillo tricúspideo en plano apical de cuatro cámaras.

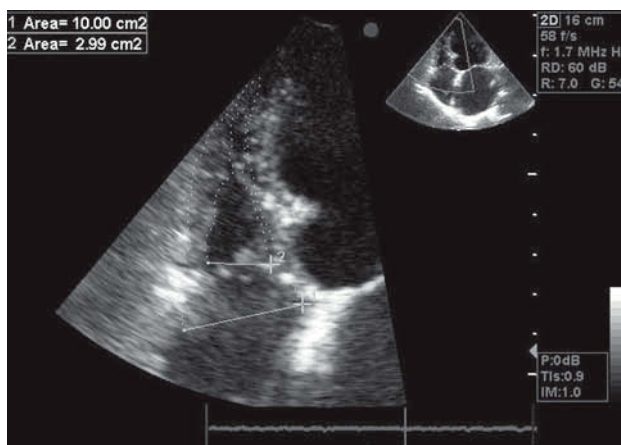


Fig. 3. Fracción de acortamiento de las áreas del ventrículo derecho en plano apical de cuatro cámaras.

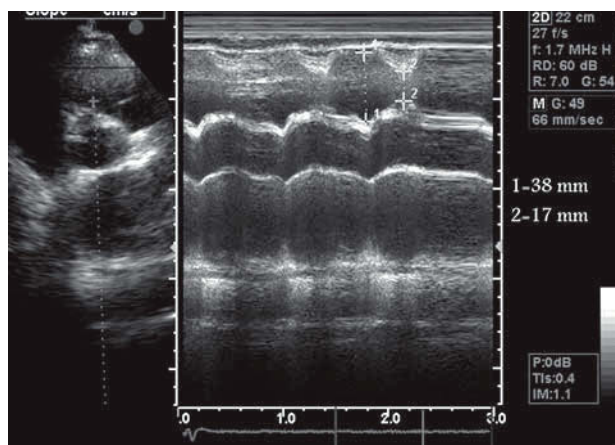


Fig. 4. Fracción de acortamiento del tracto de salida del ventrículo derecho en eje paraesternal corto.

que se encuentre paralelo al movimiento longitudinal del plano tricúspideo. La angulación del cursor respecto al desplazamiento de la base ventricular supone una subestimación significativa en su medida¹⁶. Tanto en la TAPSE como en la VPDT, se realizaron la media de tres latidos si el paciente se encontraba en ritmo sinusal y la media de cinco latidos en caso de hallarse en fibrilación auricular.

La FA-área se calculó en plano apical de cuatro cámaras aplicando la siguiente fórmula^{6,8,13-15} (fig. 3):

(área diastólica – área sistólica) / área diastólica (en %)

El cálculo de la FA-TSVD requirió un corte perpendicular en eje paraesternal corto del tracto de salida a nivel de la válvula aórtica¹¹. En modo M, se obtuvo el diámetro máximo diastólico y el diámetro mínimo sistólico y se aplicó la siguiente fórmula, cuyo resultado se expresa en porcentaje (fig. 4):

(máximo diámetro diastólico – mínimo diámetro sistólico) / diámetro máximo diastólico

La FA-dia se calculó a partir de los diámetros telesistólico y telediastólico obtenidos en modo M a nivel de los músculos papilares en eje paraesternal largo¹². Se expresa en porcentaje calculado mediante la fórmula (fig. 5):

(diámetro telediastólico – diámetro telesistólico) / diámetro telediastólico

Con las medidas halladas para cada uno de estos parámetros, se determinó el coeficiente de correlación intraclassa para la variabilidad tanto inter como intraobservadores. La relación entre la fuerza de la concordancia y los valores del coeficiente de correlación intraclassa se detallan en la tabla 1¹⁷⁻¹⁹.

El paquete estadístico utilizado para calcular el coeficiente de correlación intraclassa fue el SAS V8.2

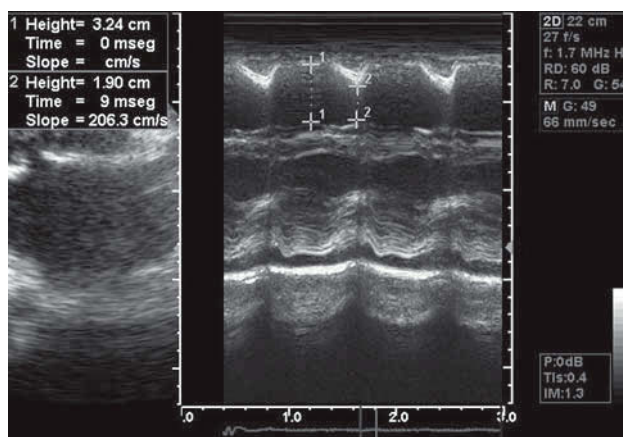


Fig. 5. Fracción de acortamiento de los diámetros del ventrículo derecho en eje paraesternal largo.

TABLA 1. Relación entre la fuerza de la concordancia y los valores del coeficiente de correlación intraclase (CCI)

CCI	Fuerza de la concordancia
> 0,75	Excelente
0,75-0,4	Concordancia entre regular y buena
< 0,4	Mala

(Statistical Analysis Software Institute Incorporated, Cary, North Carolina, Estados Unidos).

RESULTADOS

Se incluyó en total a 30 pacientes consecutivos entre octubre de 2006 y noviembre de 2007 que estaban programados para actuación quirúrgica mitral aislada en un único centro hospitalario.

La mayoría de los pacientes eran mujeres con una media de edad de 67 años. La etiología más frecuente de la valvulopatía mitral fue reumática. En la mayor parte de los casos, se presentó como insuficiencia mitral severa con hipertensión pulmonar severa. La función ventricular izquierda estaba conservada en la mayoría de los pacientes. Las características demográficas, clínicas y ecocardiográficas más relevantes se resumen en la tabla 2.

En 6 pacientes no fue posible el análisis de la FA-día, ya que no se pudo obtener una imagen adecuada que permitiera la sección perpendicular del VD a nivel de los músculos papilares. En uno de estos pacientes, tampoco fue posible el estudio de la FA-TSVD por deficiente ventana acústica paraesternal.

La fuerza de concordancia del análisis inter e intraobservador para cada una de las medidas analizadas se detallan en la tabla 3.

TABLA 2. Características demográficas, clínicas y ecocardiográficas

Varones	13 (43)
Edad (años)	67 ± 10
Valvulopatía reumática	18 (60)
Insuficiencia mitral	19 (63)
Estenosis mitral	3 (10)
Doble lesión mitral	8 (26)
Hipertensión	9 (30)
Dislipemia	9 (30)
Diabetes mellitus	4 (13)
Fibrilación auricular	21 (70)
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo (%)	61 ± 11
Fracción de eyección del ventrículo izquierdo < 55%	5 (16)
Presión sistólica de la arteria pulmonar (mmHg)	57 ± 22
Insuficiencia tricuspídea moderada-severa	12 (40)

Las cifras expresan n (%) o media ± desviación estándar.

TABLA 3. Fuerza de concordancia del análisis inter e intraobservador para cada parámetro ecocardiográfico

	CCI entre observadores	CCI observador
TAPSE (n = 30)	0,79	0,94
VPDT (n = 30)	0,75	0,93
FA-día (n = 27)	0,48	0,52
FA-TSVD (n = 29)	0,3	0,48
FA-área (n = 30)	0,27	0,51

CCI: coeficiente de correlación intraclase; FA-área: fracción de acortamiento de las áreas del ventrículo derecho; FA-día: fracción de acortamiento de los diámetros del ventrículo derecho; FA-TSVD: fracción de acortamiento del tracto de salida del ventrículo derecho; TAPSE: elevación sistólica del anillo tricuspídeo; VPDT: velocidad pico sistólica del anillo tricuspídeo medido por Doppler tisular.

Según nuestros resultados, la TAPSE y la VPDT se configuran como los parámetros con mayor fuerza de concordancia. El coeficiente de correlación intraclase fue bueno para el análisis interobservador y excelente para el análisis intraobservador en ambas medidas. Por el contrario, la FA-día, la FA-TSVD y la FA-área presentan una fuerza de concordancia significativamente baja (0,27-0,51) tanto en las mediciones realizadas por ambos investigadores como en las realizadas por el mismo individuo. Las diferencias absolutas y relativas halladas en esas mediciones se resumen en la tabla 4. Estos valores se representan en gráficas de barras (figs. 6-9) para la TAPSE y la VPDT, las de mejor fuerza de concordancia.

Para determinar la relevancia clínica de las diferencias encontradas en las mediciones inter e intraobservador con la TAPSE y la VPDT, hemos considerado punto de corte de la normalidad 15 mm para la TAPSE^{2,6} y 12 cm/s para la VPDT².

TABLA 4. Diferencias absolutas y relativas inter e intraobservador

	Δ interobservador		Δ intraobservador	
	Absoluta	Relativa	Absoluta	Relativa
TAPSE (n = 30)	1,92 mm	11%	1,06 mm	6%
VPDT (n = 30)	1,64 cm/s	12%	0,9 cm/s	7%
FA-día (n = 27)	7%	24%	6%	21%
FA-TSVD (n = 29)	10%	22%	6%	15%
FA-área (n = 30)	10%	22%	8%	19%

FA-área: fracción de acortamiento de las áreas del ventrículo derecho; FA-día: fracción de acortamiento de los diámetros del ventrículo derecho; FA-TSVD: fracción de acortamiento del tracto de salida del ventrículo derecho; TAPSE: elevación sistólica del anillo tricuspídeo; VPDT: velocidad pico sistólica del anillo tricuspídeo medido por Doppler tisular.

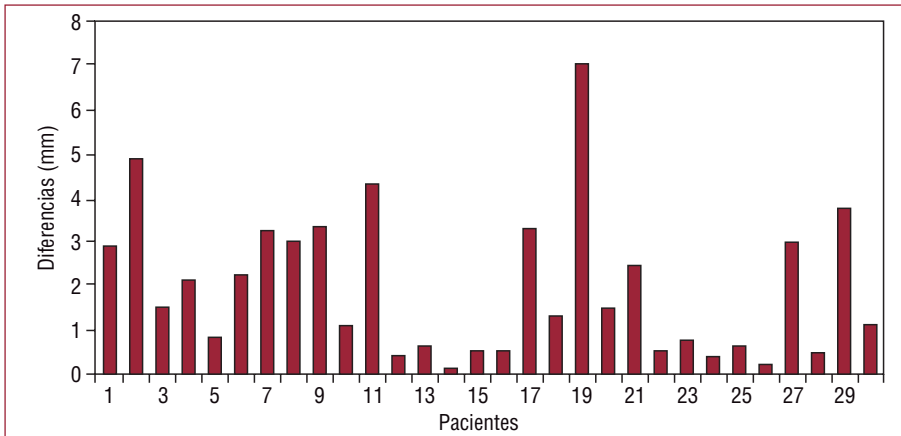


Fig. 6. Diferencias absolutas para la elevación sistólica del plano del anillo tricuspídeo en las mediciones interobservadores.

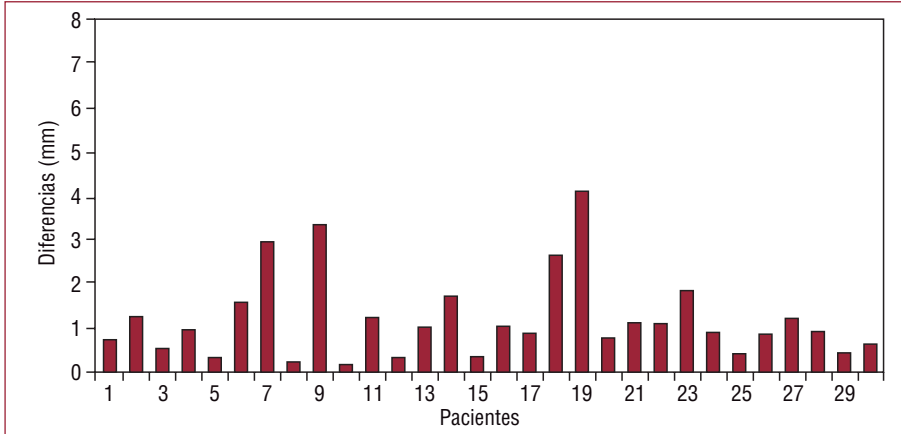


Fig. 7. Diferencias absolutas en elevación sistólica del plano del anillo tricuspídeo en las mediciones intraobservador.

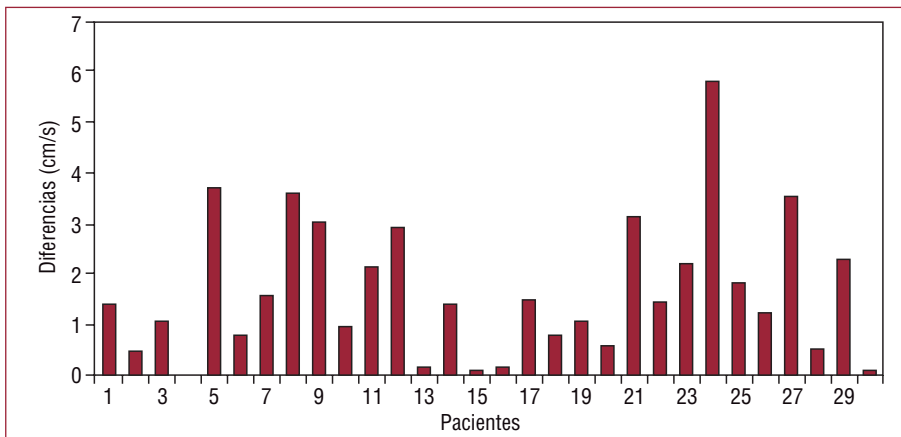


Fig. 8. Diferencias absolutas para la velocidad pico sistólica por Doppler tisular del anillo tricuspídeo en las mediciones interobservadores.

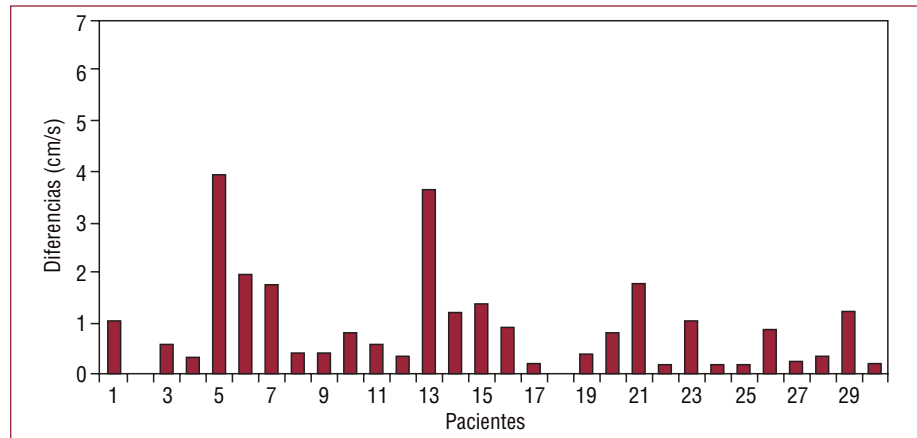


Fig. 9. Diferencias absolutas para la velocidad pico sistólica por Doppler tisular del anillo tricuspídeo en las mediciones intraobservador.

A continuación, hemos distribuido los resultados como normales si son equivalentes o superiores al punto de corte prefijado y como patológicos si son inferiores a éste. Respecto al TAPSE únicamente 2 de los pacientes fueron clasificados en diferentes categorías por cada uno de los investigadores (7%) y 3 por el mismo observador (10%); en cuanto al VPDT, 5 pacientes fueron clasificados en diferentes categorías por cada uno de los investigadores (17%) y 2 por el mismo observador (7%).

DISCUSIÓN

Indudablemente, es preciso obtener información de la función sistólica ventricular derecha para la toma de decisiones clínicas y en la evaluación pronóstica de los pacientes con diferentes enfermedades cardiovasculares. Existen diversos métodos de imagen que evalúan la función del VD, de los que el más ampliamente utilizado en la práctica clínica habitual es la ecocardiografía bidimensional. Sin embargo, la evaluación ecocardiográfica del VD dista mucho de ser perfecta y no existe un parámetro ecocardiográfico lo bastante fiable para ser universalmente aceptado.

Las dificultades que presenta la valoración ecocardiográfica del VD comienzan por su compleja anatomía. A diferencia del ventrículo izquierdo, no se dispone de un modelo geométrico que permita una estimación de sus volúmenes a partir de una medición bidimensional. Otras peculiaridades del VD que limitan su valoración por ultrasonidos son: *a)* su posición retroesternal, con la consiguiente dificultad en la visualización de los segmentos anteriores; *b)* la demarcación del borde endocárdico se ve comprometida por la marcada trabeculación de su miocardio, particularmente en su segmento apical, y *c)* la significativa influencia de la precarga y la poscarga en la función sistólica del VD, que implica cierta variabilidad en su análisis y, por lo

tanto, un obstáculo para la validación de determinadas medidas.

La resonancia magnética cardíaca ha superado con éxito muchas de las limitaciones de la ecocardiografía, por lo que actualmente se la considera la técnica de elección para el análisis morfológico y funcional del VD²⁰. No obstante, precisa de un complejo y costoso equipamiento técnico e informático del que no se dispone en todos los centros hospitalarios. Por otra parte, en el creciente grupo de pacientes portadores de dispositivos intracardíacos susceptibles a campos magnéticos, como los marcapasos y los desfibriladores, no se puede llevar a cabo la resonancia. Finalmente, el análisis del VD es un estudio laborioso que requiere personal experto y conlleva cierto tiempo, lo que se configura como una limitación más para el uso habitual de la resonancia magnética en la valoración del VD⁷.

En los últimos años, se han propuesto diversos parámetros ecocardiográficos que pretenden estimar la función sistólica del VD. Entre los que han tenido más repercusión se encuentran la TAPSE, la VPDT, la FA-área, la FA-TSVD y la FA-dia. Según los resultados de nuestro estudio, la TAPSE y la VPDT son los parámetros analizados con mayor fuerza de concordancia en las medidas tanto intra como interobservador, mientras que la FA-dia, la FA-TSVD y la FA-área presentan pobre concordancia inter e intraobservador. Resulta interesante constatar que la FA-dia, la FA-TSVD y la FA-área presentan un índice de correlación intraclassa por debajo de lo aceptable incluso en las mediciones en un observador. Este dato podemos interpretarlo como un indicador añadido de su alta variabilidad.

La función ventricular derecha estimada por TAPSE presenta una excelente correlación con la fracción de eyección calculada por ventriculografía isotópica y resonancia magnética, como manifiestan diversos estudios^{8,9,12}. La TAPSE no sólo se confi-

gura como uno de los parámetros con mayor evidencia en la valoración de la función del VD, sino que también se ha demostrado su implicación pronóstica en pacientes con insuficiencia cardiaca avanzada²¹. Una situación similar ocurre con la VPDT, que presenta una correlación significativa con la ventriculografía isotópica^{9,10} y con la resonancia magnética¹³ y además constituye un factor pronóstico independiente en la insuficiencia cardiaca²².

Los resultados de nuestro estudio concuerdan con publicaciones recientes en las que la variabilidad inter e intraobservador en la estimación de la TAPSE y la VPDT son similares a las encontradas en nuestro análisis^{10,16}.

Es importante destacar que en nuestro grupo de estudio el 70% de los pacientes se encontraban en fibrilación auricular en el momento de practicarse el ecocardiograma. Este dato reviste interés, ya que los primeros ensayos que validaron la VPDT designaron la ausencia de ritmo sinusal como criterio de exclusión^{10,22}. En nuestro estudio la presencia de fibrilación auricular no afecta a la excelente reproducibilidad de la TAPSE y la VPDT.

La FA-área ha mostrado en estudios recientes un índice de correlación significativo con la fracción de eyección calculada por resonancia magnética¹³⁻¹⁵ y ventriculografía isotópica⁸. Sin embargo, la dificultad en la demarcación endocárdica, especialmente de los segmentos anteriores por su posición retroesternal, determina una alta variabilidad y escasa concordancia en las mediciones intra e interobservador, característica ya constatada en estudios previos¹³.

La FA-TSVD es un parámetro de sencilla obtención; no se pudo calcularla sólo en un caso por deficiente ventana acústica paraesternal. No obstante, los datos de nuestro estudio no lo califican como un parámetro reproducible. Estos hallazgos no se confirman por publicaciones previas¹¹, en las que su variabilidad presentaba mejores resultados. Esta discordancia puede atribuirse a diferencias entre los grupos en estudio y probablemente requiera futuros estudios para determinar en qué población la variabilidad no limita su utilización.

La FA-día se ha demostrado muy dependiente de la calidad de la ventana acústica, dado que en un 20% de los pacientes no se pudo calcular. Éste es el primer estudio que analiza la variabilidad intra e interobservador de la FA-día. Según nuestros resultados, su reproducibilidad no es buena y, por lo tanto, la estimación de la función de ventrículo derecho por este método no es fiable.

La imposibilidad de calcular la FA-TSVD y la FA-día en ciertos pacientes indica la importancia de la ventana acústica en la medición de estos parámetros. La imagen paraesternal es difícil de obtener en

algunos casos y se configura como una limitación añadida en la generalización del uso de ambas medidas. Por otra parte, es excepcional la ausencia de ventana acústica apical, y esto facilita la obtención de la TAPSE, la VPDT y la FA-área.

Limitaciones

Nuestro estudio presenta dos limitaciones fundamentalmente: que se ha realizado en pacientes con valvulopatía mitral aislada, por lo que nuestros resultados son exclusivamente aplicables a este contexto clínico, y que el número de pacientes es pequeño, pero los excelentes valores de concordancia obtenidos para la TAPSE y la VPDT indican que son parámetros altamente reproducibles en la valoración de la función sistólica ventricular derecha. Son necesarios estudios con más pacientes y en otros contextos clínicos para poder generalizar nuestras conclusiones.

CONCLUSIONES

La TAPSE y VPDT son los parámetros ecocardiográficos con menor variabilidad inter e intraobservador, por lo que son los más fiables y reproducibles en la valoración de la función sistólica ventricular derecha en pacientes con valvulopatía mitral aislada.

BIBLIOGRAFÍA

- Haddad F, Doyle R, Murphy D, Hunt S. Right ventricular function in cardiovascular disease, part II: pathophysiology, clinical importance, and management of right ventricular failure. *Circulation*. 2008;117:1717-31.
- Haddad F, Hunt S, Rosenthal D, Murphy D. Right ventricular function in cardiovascular disease, part I: Anatomy, physiology, aging, and functional assessment of the right ventricle. *Circulation*. 2008;117:1436-48.
- Hesse B, Asher C. Time to move to the right- the study of right ventricular systolic performance: too long neglected. *Clin Cardiol*. 2005;28:8-12.
- Forfia P, Fisher M, Mathal S, Housten-Harris T, Hemnes A, Borlaug B, et al. Tricuspid annular displacement predicts survival in pulmonary hypertension. *Am J Respir Crit Care Med*. 2006;174:1034-41.
- Burgess M, Bright-Thomas R, Gay S. Echocardiographic evaluation of right ventricular function. *Eur J Echocardiogr*. 2002;3:252-62.
- Lang R, Bierig M, Devereux RB, Flachskampf FA, Foster E, Pellikka PA, et al. Recommendations for chamber quantification: a report from the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Chamber Quantification Writing Group, developed in conjunction with the European Association of Echocardiography, a branch of the European Society of Cardiology. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18:1440-63.
- Greil G, Beerbaum P, Razavi R, Miller O. Imaging the right ventricle. *Heart*. 2008;94:803-8.

8. Kaul S, Tei C, Hopkins J, Shah PM. Assessment of right ventricular function using two-dimensional echocardiography. *Am Heart J*. 1984;107:526-31.
9. Ueti O, Camargo E, Ueti Ade A, De Lima-Filho EC, Nogueira EA. Assessment of right ventricular function with Doppler echocardiographic indices derived from tricuspid annular motion: comparison with radionuclide angiography. *Heart*. 2002;88:244-8.
10. Meluzin J, Spinarová L, Bakala J, Toman J, Krecjí J, Hude P, et al. Pulsed Doppler tissue imaging of the velocity of tricuspid annular systolic motion. *Eur Heart J*. 2001;22:340-8.
11. Lindqvist P, Henein M, Kazzam E. Right ventricular outflow tract fractional shortening: an applicable measure of right ventricular systolic function. *Eur J Echocardiogr*. 2003;4:29-35.
12. Kjaergaard J, Petersen C, Kjaer A, Schaadt BK, Oh JK, Hassager C. Evaluation of right ventricular volumen and function by 2D and 3D echocardiography compared to MRI. *Eur J Echocardiogr*. 2006;7:430-8.
13. Wang J, Prakasa K, Bomma C, Tandri H, Dalal D, James C, et al. Comparison of novel echocardiographic parameters of right ventricular function with ejection fraction by cardiac magnetic resonance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20:1058-64.
14. Schenk P, Globits S, Koller J, Brunner C, Artemiou O, Klepetko W, et al. Accuracy of echocardiographic right ventricular parameters in patients with different end-stage lung diseases prior to lung transplantation. *J Heart Lung Transplant*. 2000;19:145-54.
15. Anavekar N, Gerson D, Skali H, Kwong RY, Yucel EK, Solomon SD. Two-dimensional assessment of right ventricular function: an echocardiographic-MRI correlative study. *Echocardiography*. 2007;24:452-6.
16. Hsiao S, Lin S, Wang W, Yang SH, Gin PL, Liu CP. Severe tricuspid regurgitation shows significant impact in the relationship among peak systolic tricuspid annular velocity, tricuspid annular plane systolic excursion and right ventricular ejection fraction. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19:902-10.
17. Casado A, Prieta L, Lamarca R. La evaluación de la fiabilidad en las observaciones clínicas: el coeficiente de correlación intraclase. *Med Clin (Barc)*. 1998;110:145-5.
18. Fleiss JL, Levin B, Paik MC. Statistical methods for rates and proportions. 3.^a ed. New Jersey: John Wiley & Sons; 2003. p. 604.
19. Rosner B. Fundamentals of biostatistics. 5.^a ed. Pacific Grove: Duxbury Thomson Learning; 2000. p. 563.
20. Pons G, Carreras F. Modalidades, indicaciones y nivel de complejidad de los estudios por resonancia magnética cardíaca: informe especial. *Rev Esp Cardiol Supl*. 2006;6:E3-6.
21. Ghio S, Recusani F, Klersky C, Sebastiani R, Laudisa ML, Campana C, et al. Prognostic usefulness of the tricuspid annular plane systolic excursion in patients with congestive heart failure secondary to idiopathic or ischemic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2000;85:837-42.
22. Meluzin J, Spinarova L, Dusek L, Toman J, Hude P, Krecjí J. Prognostic importance of the right ventricular function assessed by Doppler tissue imaging. *Eur J Echocardiogr*. 2003;4:262-71.