

Dinámica del tracto de salida del ventrículo izquierdo durante el ciclo cardíaco evaluada con ecocardiografía tridimensional

Assessment of left ventricular outflow tract dynamics during the cardiac cycle by three-dimensional echocardiography

MARIANO L. FALCONI^{MTSAC}, DIEGO FUNES[†], ANÍBAL A. ARIAS, RODRIGO BAGNATI[†], GUILLERMO JAIMOVICH, MAURO L. GIACOMINI, PABLO F. OBERTI^{MTSAC}, ARTURO M. CAGIDE^{MTSAC}

Recibido: 26/10/2011

Aceptado: 02/11/2011

Dirección para separatas:

Dr. Mariano L. Falconi
Sección Imágenes Cardiovasculares
Servicio de Cardiología
Instituto de Medicina
Cardiovascular
Hospital Italiano de Buenos Aires
(C1199ABB) Juan D. Perón 4190
Tel. (54 11) 4959-0200 (ext. 8820)

RESUMEN

Introducción

El tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) suele estar implicado con relativa frecuencia en alteraciones anatómicas y anatomofuncionales, que son objeto de estudios. Sin embargo, su dinámica normal también es importante, en particular en procedimientos que involucran su área, y los nuevos métodos de imágenes tridimensionales permiten evaluarla.

Objetivo

Evaluar la dinámica del TSVI durante el ciclo cardíaco por ecocardiografía tridimensional transesofágica (eco 3D TE).

Material y métodos

Se incluyeron en forma prospectiva 42 pacientes derivados para ecocardiografía transesofágica. Los estudios se realizaron con sonda transesofágica tridimensional, con adquisiciones de volumen completo integradas por 4 latidos gatillados para análisis *off-line*. El ciclo cardíaco se dividió en protosístole (S1), mesosístole (S2) y telesístole (S3) y en protodiástole (D1), mesodiástole (D2) y telediástole (D3). El área del TSVI se estimó por planimetría del eje corto por cortes ortogonales al eje mayor del TSVI en cada fase.

Resultados

La edad media fue de 67 ± 10 años; el 63% eran hombres. El área del TSVI (cm^2) en las diferentes fases del ciclo cardíaco fue: S1: $4,44 \pm 1,02$; S2: $4,15 \pm 0,91$; S3: $3,9 \pm 0,89$; D1: $3,76 \pm 0,98$; D2: $3,89 \pm 1,04$; D3: $4,34 \pm 1,11$. El área máxima se observó en S1, correspondiendo a la aposición de cierre de la valva anterior mitral (VaM) y escasa excursión del *septum* interventricular (SIV) hacia el TSVI; el área mínima se observó en D1 coincidiendo con cierta persistencia del SIV en el TSVI y la apertura máxima de la VaM ocupando parte del TSVI. La modificación total del área fue del $15\% \pm 11\%$ ($p < 0,0001$), cambiando además de forma parcialmente elíptica o circular (sístole) a marcadamente elíptica o semilunar (diástole).

Conclusión

El TSVI presenta una variación en su área y su forma durante el ciclo cardíaco, con dependencia fundamentalmente del movimiento del SIV (en sístole) y de la apertura mitral (en diástole).

REV ARGENT CARDIOL 2012;80. <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v80.i5.1573>

Palabras clave >

Válvula aórtica - Ecocardiografía tridimensional - Válvula mitral

Abreviaturas >

AVA	Área valvular aórtica	TCMC	Tomografía computarizada multicorte
Eco 3D TE	Ecocardiografía tridimensional transesofágica	TSVI	Tracto de salida del ventrículo izquierdo
SIV	Septum interventricular	VaM	Valva anterior mitral

VEASE CONTENIDO RELACIONADO: <http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v80.i5.1594>

Sección Imágenes Cardiovasculares y Servicio de Cardiología del Instituto de Medicina Cardiovascular, Hospital Italiano de Buenos Aires

^{MTSAC} Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

[†] Para optar a Miembro Titular de la Sociedad Argentina de Cardiología

INTRODUCCIÓN

El tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) es una estructura delimitada principalmente por el *septum* interventricular y la valva anterior mitral (VaM), hacia donde se dirige el flujo sistólico previo a su salida por la válvula aórtica. Ambos límites son muy móviles (particularmente la VaM), por lo que es esperable que el área del TSVI se modifique tanto en dimensiones como en su forma durante el ciclo cardíaco.

Con relativa frecuencia el TSVI está implicado en alteraciones anatómicas y anatomofuncionales (movimiento anterior sistólico mitral, membranas subaórticas). Sin embargo, su dinámica normal también es importante, en particular en procedimientos que involucran su área, como el implante percutáneo de prótesis valvulares aórticas, donde una porción variable de la estructura protésica, con dependencia del modelo, se apoya en el TSVI.

Los objetivos de la presente investigación fueron evaluar las modificaciones en el área total y la forma del TSVI durante el ciclo cardíaco a través de ecocardiografía tridimensional transesofágica (eco 3D TE).

MATERIAL Y MÉTODOS

Entre junio de 2010 y marzo de 2011 se incluyeron en forma prospectiva 42 pacientes derivados para la realización de un ecocardiograma transesofágico, mayores de 18 años y en ritmo sinusal en el momento del estudio.

Se excluyeron los pacientes con alteraciones estructurales o funcionales que pudieran afectar la dinámica del TSVI: antecedentes de implante percutáneo de la válvula aórtica, cirugía cardíaca con apertura de pericardio, reemplazo valvular aórtico o mitral, ablación septal con alcohol, infarto con compromiso del *septum* anterior, presencia de bloqueo de rama izquierda, movimiento anterior sistólico mitral, estenosis mitral, disfunción ventricular (fracción de eyección < 50%), arritmia ventricular o supraventricular frecuente.

Para la realización del ecocardiograma transesofágico multiplanar se emplearon un ecocardiógrafo Philips IE 33

(Philips Ultrasound, Bothell WA, USA) y una sonda transesofágica X7-2t que permite obtener imágenes multiplanares convencionales y diversas adquisiciones tridimensionales (en tiempo real, *zoom* de tiempo real, volumen completo y planos ortogonales). El análisis del TSVI se efectuó empleando imágenes de "volumen completo" para su posprocesado.

Los estudios se llevaron a cabo con anestesia tópica con lidocaína en aerosol y en gel, luego de un ayuno mínimo de 6 horas, en posición de decúbito lateral izquierdo. Los pacientes fueron conectados a un monitoreo electrocardiográfico continuo al equipo de ecocardiografía para poder obtener imágenes gatilladas. Se realizó un estudio ecocardiográfico multiplanar convencional y se adquirieron imágenes tridimensionales necesarias para evaluar la patología de base. Al final de este estudio se obtuvieron tres series de imágenes tridimensionales de volumen completo, en apnea espiratoria orientando el centro de adquisición en el TSVI. Cada serie se obtuvo por la adquisición de 4 ciclos que posteriormente permitieron reconstruir el volumen completo. En caso de alguna alteración del ritmo cardíaco sinusal normal (en general extrasistolia aislada), se descartó dicha serie y se obtuvo una nueva, hasta obtener tres series sin afectaciones del gatillado. Se ajustaron los parámetros de imagen para lograr un *frame rate* de 15-20 cuadros/segundo.

Para el análisis del área del TSVI se utilizó el *software* QLAB 7.1 (Philips Ultrasound) en una estación de trabajo separada del equipo. Una vez exportadas las series de volumen completo a la estación de trabajo, se realizaron cortes ortogonales del TSVI prestando particular atención a lograr un ángulo de 90° con el eje largo del tracto de salida. Para ello se utilizaron las referencias de planos provistas por el QLAB (clásicamente planos rojo y azul), obteniéndose un eje corto del TSVI en el tercer plano (verde) (Figura 1).

El eje corto del TSVI se tomó a 2-4 mm debajo del plano anular. Se consideraron tres fases sistólicas y tres diastólicas: protosístole (S1): inicio de la apertura de la válvula aórtica; mesosístole (S2): máxima apertura de la válvula aórtica; telesístole (S3): inicio del cierre de la válvula aórtica; protodiástole (D1): inicio de la apertura de la válvula mitral; mesodiástole (D2): cierre parcial de la VaM durante la diastasis; telediástole (D3): apertura parcial de la VaM por la sístole auricular.

Debido a que con el movimiento del ciclo cardíaco se produce una desalineación del plano de corte, éste se ajustó para lograr un eje corto ortogonal al eje largo del TSVI en cada una

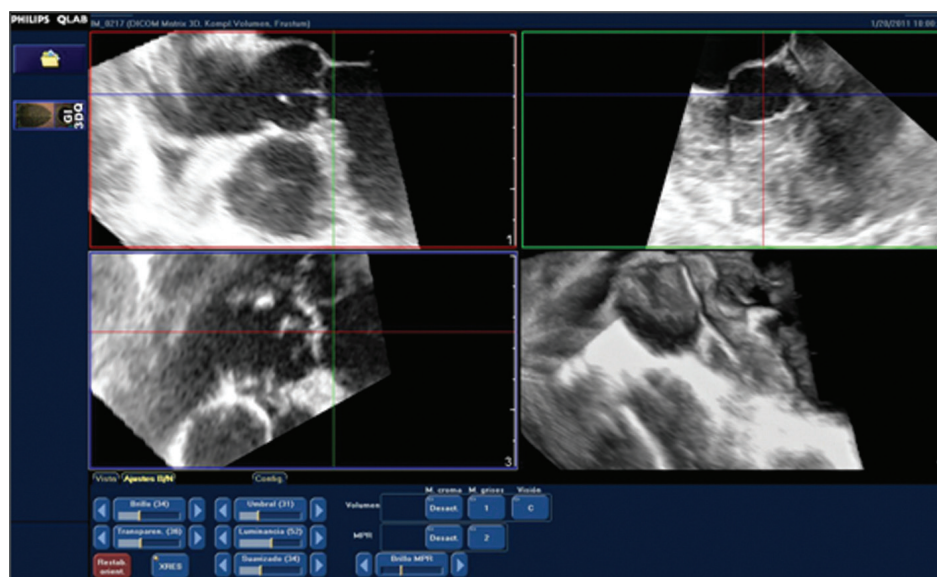


Fig. 1. Obtención de planos ortogonales del TSVI: se observan el eje largo del TSVI (planos correspondientes a la figura izquierda superior e inferior) y su vista ortogonal en eje corto (figura derecha superior). La medición de los diámetros mayor y menor y el área del TSVI se obtienen por planimetría del eje corto (figura derecha superior)

de las 6 fases. Una vez obtenido para cada fase el eje corto correspondiente, se midió el área del TSVI por planimetría, que se estimó en cm². Se obtuvo un promedio de los tres ciclos adquiridos para cada fase.

La forma del eje corto del TSVI se evaluó por estimación visual y por la relación diámetro mayor/diámetro menor en las fases protosistólica y protodiastólica.

Los valores se expresan en media $\pm$ desviación estándar, mediana y rangos.

Se comparó la variación entre la máxima y la mínima áreas observadas. Asimismo, en esas mismas fases del ciclo (máxima y mínima áreas observadas), se tomaron los diámetros mayor y menor del tracto de salida. La comparación entre las áreas por un lado y los diámetros por otro se realizó con la prueba no paramétrica del signo de rangos de Wilcoxon para datos pareados o dependientes, dado que no se cumplieron todos los supuestos de normalidad para dichas variables numéricas.

Para evaluar el porcentaje de variación de áreas, se obtuvo la diferencia porcentual entre el área máxima y mínima observada para cada paciente. El mismo procedimiento se realizó con los diámetros mayor y menor para obtener el porcentaje de variación de diámetros. La comparación del porcentaje de variación (de áreas y diámetros) se realizó contra la hipótesis nula (variación = 0%) por la citada prueba no paramétrica de Wilcoxon.

RESULTADOS

La edad media de la población fue de 67 ± 10 años; los motivos de derivación fueron la búsqueda de fuente embolígena (37%), evaluación de valvulopatía (37%), sospecha de endocarditis (21%) o evaluación de comunicación interauricular (5%). El resto de las características se detallan en la Tabla 1.

La medición planimétrica del TSVI fue factible en el 100% de los casos. Se observó una modificación de la forma y del área del TSVI durante el ciclo cardíaco (Figura 2). Durante la protosístole se observó la mayor área del TSVI, coincidentemente con la escasa excursión del *septum* hacia la cavidad y la posición de cierre de la VaM. A medida que avanza la sístole el *septum* protruye hacia la cavidad y el área del TSVI disminuye. Durante la protodiástole se observó la menor área del TSVI, coincidente con cierta persistencia

del *septum* hacia la cavidad y la apertura de la VaM. Posteriormente, con el desplazamiento de la valva anterior hacia una posición de cierre parcial (mesodiástole) o apertura parcial (telediástole), el área vuelve a incrementarse y llega al máximo en la protosístole siguiente. La modificación total del área del TSVI fue estadísticamente significativa ($15\% \pm 11\%$; $p < 0,0001$); también fue estadísticamente significativa la diferencia entre áreas en protosístole y protodiástole ($p < 0,0001$) (Tabla 2, Figura 3).

En lo que respecta a la forma, tendió a ser parcialmente elíptica o circular en fases sistólicas y marcadamente elíptica o semilunar en fases diastólicas; esto último principalmente por las modificaciones morfológicas y posicionales de la VaM en el TSVI: cóncava hacia el TSVI en fases sistólicas y plana o convexa en fases diastólicas (véase Figura 2).

El diámetro mayor en protosístole fue de $2,46 \pm 0,22$ cm (mediana 2,38 cm) y el menor, de $2,20 \pm 0,25$ cm (mediana 2,18 cm). La relación diámetro mayor/menor fue en protosístole de 1,12 en promedio (una relación = 1 indica un TSVI circular). El 50% de los pacientes tuvieron una relación diámetro mayor/menor inferior a 1,1, compatible con una forma predominantemente circular (coincidente con la estimación visual). El resto presentó una forma parcialmente elíptica, con una relación diámetro mayor/menor máxima de 1,34 en esta fase.

El diámetro mayor en protodiástole fue de $2,46 \pm 0,26$ cm (mediana 2,40 cm) y el menor fue de $1,74 \pm 0,28$ cm (mediana 1,74 cm), con una relación diámetro mayor/menor de 1,44 en promedio. Sólo un paciente tuvo una relación menor de 1,1 (forma tendiente a circular); el resto presentó formas elípticas o semilunares según el grado de protrusión de la valva anterior en diástole (la máxima relación de diámetros mayor/menor fue de 2,29).

La mayor variación del TSVI se debió a modificación del diámetro menor, dado fundamentalmente por el movimiento de la valva anterior; la diferencia entre protosístole y protodiástole fue de $0,46 \pm 0,19$ cm (mediana 0,42 cm) ($p < 0,0001$), con un porcentaje de reducción del $21\% \pm 9\%$ (mediana 19%) ($p < 0,0001$). En cambio, el diámetro mayor tuvo escasa variación ($0 \pm 0,14$ cm, mediana 0,03 cm; $p = 0,99$), sin signifi-

Tabla 1. Características basales de la población

Características	Total = 42
Edad, años	67 $\pm$ 10
Sexo masculino, n (%)	26 (63)
Hipertensos, n (%)	26 (63)
Dislipidémicos, n (%)	18 (43)
Diabéticos, n (%)	5 (12)
Tabaquistas, n (%)	2 (5)
Estenosis aórtica moderada o grave, n (%)	7 (17)
Insuficiencia aórtica moderada o grave, n (%)	8 (19)
Insuficiencia mitral moderada o grave, n (%)	10 (24)

Tabla 2. Variación del área del TSVI durante el ciclo cardíaco

Fase	Área (cm ²)		
	Media $\pm$ DE	Mediana	Rangos
Protosístole	4,44 $\pm$ 1,02	4,36	1,99-7,24
Mesosístole	4,15 $\pm$ 0,91	4,09	2,06-7,14
Telesístole	3,90 $\pm$ 0,89	3,84	2,20-6,96
Protodiástole	3,76 $\pm$ 0,98	3,72	1,95-7,17
Mesodiástole	3,89 $\pm$ 1,04	3,70	2,13-7,2
Telediástole	4,34 $\pm$ 1,11	4,15	1,84-7,27

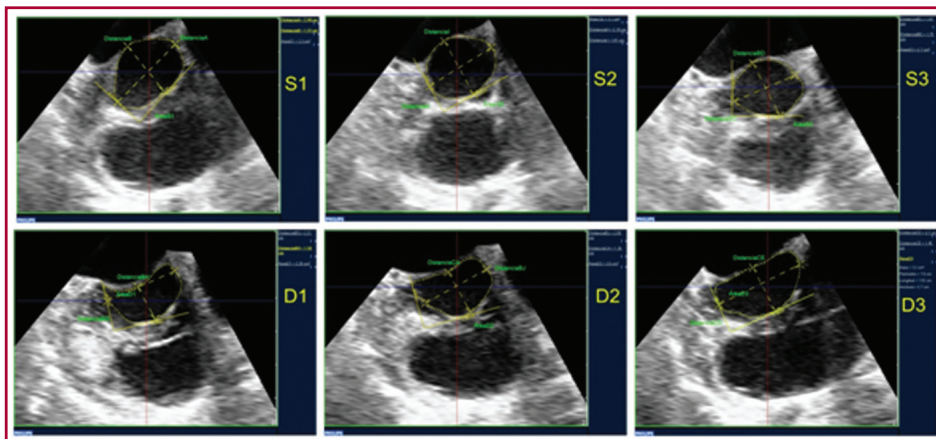


Fig. 2. Planimetría del TSVI obtenida en las diferentes fases del ciclo cardíaco (S1: protosístole, S2: mesosístole, S3: telesístole, D1: protodiástole, D2: mesodiástole, D3: telediástole). Obsérvese en este caso la modificación en el área y la forma (parcialmente elíptica en fases sistólicas, semilunar en fases diastólicas).

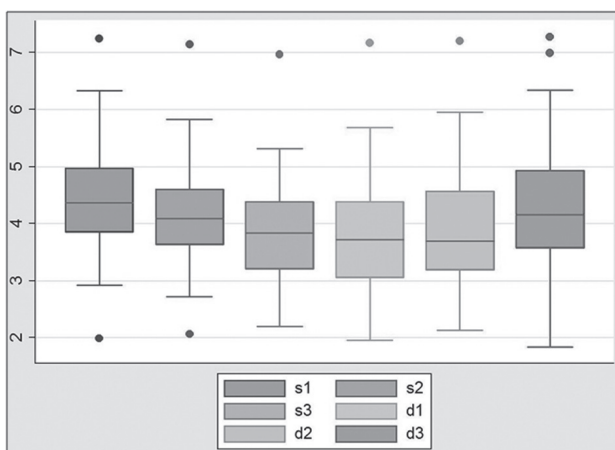


Fig. 3. Área del TSVI en las diferentes fases del ciclo cardíaco (S1 vs. D1: $p < 0,0001$). En este diagrama de cajas (*box plot*) se observan los valores mínimos, cuartil inferior, mediana, cuartil superior y valores máximos, así como algunas mediciones extremas (*outliers*)

cación estadística (porcentaje de reducción $0\% \pm 6\%$; mediana $1,3\%$; $p = 0,76$).

En base a estos hallazgos, se observó que la contribución principal a la modificación del área y la forma del TSVI se da a expensas del eje menor y pareciera que depende más del componente mitral (valva anterior) que del *septum* interventricular.

DISCUSIÓN

Actualmente, la estimación del área del TSVI se realiza con métodos de diagnóstico por imágenes bidimensionales, mediante la fórmula $\pi \times (D/2)^2$, donde D es el diámetro del TSVI medido en el eje largo en mesosístole. (1) El advenimiento de nuevas técnicas en el tratamiento de las valvulopatías, como el reemplazo percutáneo de la válvula aórtica, exige un informe detallado de la anatomía del TSVI y la raíz aórtica. Los nuevos métodos de imágenes tridimensionales permiten visualizar que la anatomía normal del TSVI no es circular en todos los casos como se suponía con los métodos bidimensionales.

Podemos adicionar que no siempre el corte bidimensional pasa por el eje central del TSVI, lo cual provoca otra fuente de error potencial. (2)

Diversos estudios han corroborado que la anatomía del TSVI es más bien elíptica que circular, observándose una disminución significativa del área calculada del TSVI en relación con el área medida por planimetría. (3-6) Esto conlleva una subestimación de los diámetros mayor y menor del TSVI, fundamentales para la correcta elección de las prótesis percutáneas, aumento del riesgo de *leaks* perivalvulares y migración de la prótesis, entre otras complicaciones. (7)

En nuestro trabajo pudimos verificar la forma predominantemente elíptica del TSVI, detallada en profundidad anteriormente, lo que incorpora a nuestro conocimiento que esta región anatómica sufre modificaciones sustanciales de forma y tamaño durante el ciclo cardíaco. Este último hallazgo no se ha comunicado en ensayos anteriores. Tops y colaboradores evaluaron la modificación de los diámetros mayor y menor mediante tomografía computarizada multicorte (TCMC) cardíaca y verificaron formas elípticas del TSVI; paralelamente evaluaron su modificación en telediástole y telesístole sin encontrar una diferencia significativa en el diámetro, utilizando una vista sagital oblicua simple, que habitualmente se corresponde con la vista del eje largo paraesternal izquierdo (eje menor). (8) Una de las carencias de este método es la baja resolución temporal en comparación con el eco 3D TE, con un *frame rate* no mayor a 10-12 cuadros por segundo.

Aunque no hay un método de referencia para evaluar la geometría de la raíz aórtica, comúnmente se utiliza la TCMC para determinar la exactitud de las mediciones por eco 3D TE. Otani y colaboradores han referido muy buena correlación entre estos dos métodos para evaluar el área planimétrica del tracto de salida ($r = 0,96$, diferencia media: $0,35 \pm 0,29 \text{ cm}^2$). (5)

Este método permitiría también una modificación de la fórmula de continuidad utilizada habitualmente para el cálculo del AVA. Habitualmente se considera que la medición del AVA utilizando la ecuación de la

continuidad sobrestima la gravedad de la estenosis aórtica. (9-11) Esto podría deberse en parte a que el área es calculada y no medida directamente, subestimando el componente del numerador de la ecuación. Utilizando la medición planimétrica del área del TSVI, Burgstahler y colaboradores evaluaron mediante resonancia magnética el área del TSVI por planimetría y el AVA en una población normal y con estenosis aórtica moderada a grave. Evidenciaron que la utilización de la ecuación de la continuidad modificada utilizando el área planimétrica del TSVI fue la que mejor se correlacionó con el AVA planimétrica medida por resonancia magnética. (4)

No se han encontrado en las bases de datos médicas estudios cuyo objetivo sea la evaluación de las modificaciones del área del TSVI durante el ciclo cardíaco. Este hallazgo en nuestro estudio abre un potencial punto de interés en la interacción de los nuevos dispositivos empleados para el reemplazo valvular aórtico percutáneo, principalmente en nuestro medio, en donde el único dispositivo aprobado para su uso se apoya sobre todo el TSVI y su forma y su modificación durante el ciclo cardíaco pueden influir en su desempeño.

Limitaciones

Una de las limitaciones de este estudio es la ausencia de un patrón oro para la medición de área del TSVI. Aunque la correlación con la TCMC es muy buena, el método todavía no está plenamente validado. Los pacientes incluidos no fueron consecutivos y no se incluyó un número elevado de pacientes portadores de estenosis aórtica moderada y/o grave que permitiera una comparación con la cohorte total. No se realizó una TCMC para la comparación de los hallazgos del eco 3D TE. Se excluyeron pacientes con cardiopatías estructurales que modifican la dinámica del TSVI, por lo que no pueden extrapolarse estos resultados a dichas poblaciones.

CONCLUSIÓN

El TSVI sufre una modificación de su tamaño y forma durante el ciclo cardíaco, a expensas fundamentalmente del eje menor por el movimiento de la VaM y, en menor medida, del *septum* interventricular. El eco 3D TE surge como una alternativa válida para la evaluación de la anatomía y geometría del TSVI.

ABSTRACT

Assessment of left ventricular outflow tract dynamics during the cardiac cycle by three-dimensional echocardiography

Background

Anatomical and anatomic-functional disorders of the left ventricular outflow tract (LVOT) are subject of numerous studies. However, LVOT normal dynamic behavior, especially in procedures involving this area is also relevant, and may be evaluated with new three-dimensional imaging methods.

Objective

The aim of this study was to assess LVOT dynamics during the cardiac cycle with three-dimensional transesophageal echocardiography (TEE).

Methods

Forty two patients referred for transesophageal echocardiography (TEE) were prospectively included. All TEE studies were performed with a three-dimensional transesophageal probe. For complete volume images, 4 gated beats were acquired for off-line analysis. The cardiac cycle was divided in proto-systole (S1), mid-systole (S2) and tele-systole (S3) and proto-diastole (D1), mid-diastole (D2) and tele-diastole (D3). The LVOT area was measured by planimetry of the short axis, through orthogonal sections to the long axis of the LVOT in each phase.

Results

Mean age was 67 ± 10 years, and 63% of the patients were male. The LVOT area (cm^2) in the different phases of the cardiac cycle was: S1: 4.44 ± 1.02 ; S2: 4.15 ± 0.91 ; S3: 3.9 ± 0.89 ; D1: 3.76 ± 0.98 ; D2: 3.89 ± 1.04 ; D3: 4.34 ± 1.11 . Maximum area was observed in S1, corresponding to the closed position of the anterior leaflet of the mitral valve (AL) and reduced motion of the interventricular septum (IVS) towards LVOT; minimum area was obtained in D1 consistent with a certain persistence of IVS in the LVOT and maximal AL opening occupying part of the LVOT. Total area reduction was $15 \pm 11\%$ ($p < 0.0001$), changing the LVOT from a partially elliptical or circular shape (systole) to a markedly elliptical or semilunar one (diastole).

Conclusion

The LVOT changes its area and shape during the cardiac cycle, depending basically on the movement of the IVS (during systole) and mitral valve opening (during diastole).

Key words > Aortic valve – Echocardiography, threedimensional - Mitral valve

BIBLIOGRAFÍA

1. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Evangelista A, Griffin BP, et al; American Society of Echocardiography; European Association of Echocardiography. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:1-23. <http://doi.org/cf47k7>
2. Piazza N, de Jaegere P, Schultz C, Becker AE, Serruys PW, Anderson RH. Anatomy of the aortic valvar complex and its implications for transcatheter implantation of the aortic valve. *Circ Cardiovasc Interv* 2008;1:74-81. <http://doi.org/ccfpqv>
3. Doddamani S, Bello R, Friedman MA, Banerjee A, Bowers JH Jr, Kim B, et al. Demonstration of left ventricular outflow tract eccentricity by real time 3D echocardiography: implications for the determination of aortic valve area. *Echocardiography* 2007;24:860-6. <http://doi.org/dfsmpq>
4. Burgstahler C, Kunze M, Löffler C, Gawaz MP, Hombach V, Merkle N. Assessment of left ventricular outflow tract geometry in non-stenotic and stenotic aortic valves by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson* 2006;8:825-9.
5. Otani K, Takeuchi M, Kaku K, Sugeng L, Yoshitani H, Haruki N, et al. Assessment of the aortic root using real-time 3D transesophageal echocardiography. *Circ J* 2010;74:2649-57. <http://doi.org/dm2rm8>
6. Doddamani S, Grushko MJ, Makaryus AN, Jain VR, Bello R, Friedman MA, et al. Demonstration of left ventricular outflow tract eccentricity by 64-slice multi-detector CT. *Int J Cardiovasc Imaging* 2009;25:175-81. <http://doi.org/cjzpqf>

7. Delgado V, Bax JJ. Classical methods to measure aortic valve area in the era of new invasive therapies: still accurate enough? *Int J Cardiovasc Imaging* 2009;25:183-5. <http://doi.org/brsdgd>
8. Tops LF, Wood DA, Delgado V, Schuijff JD, Mayo JR, Pasupati S, et al. Noninvasive evaluation of the aortic root with multislice computed tomography implications for transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:321-30. <http://doi.org/fwfkvw>
9. Garcia D, Dumesnil JG, Durand LG, Kadem L, Pibarot P. Discrepancies between catheter and Doppler estimates of valve effective orifice area can be predicted from the pressure recovery phenomenon: practical implications with regard to quantification of aortic stenosis severity. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:435-42. <http://doi.org/b94m3t>
10. Wippermann CF, Schranz D, Stopfkuchen H, Huth R, Freund M, Jüngst BK. Evaluation of the valve area underestimation by the continuity equation. *Cardiology* 1992;80:276-82. <http://doi.org/frhvds>
11. Oh JK, Taliercio CP, Holmes DR Jr, Reeder GS, Bailey KR, Seward JB, et al. Prediction of the severity of aortic stenosis by Doppler aortic valve area determination: prospective Doppler-catheterization correlation in 100 patients. *J Am Coll Cardiol* 1988;11:1227-34. <http://doi.org/ckstft>

Declaración de conflicto de intereses

Los autores declaran que no poseen conflictos de intereses.