

# Supervisión con ecocardiografía 3D en tiempo real intraoperatoria de la implantación de prótesis valvular aórtica por vía transapical

Pedro Marcos-Alberca<sup>a</sup>, José Luis Zamorano<sup>a</sup>, Tibisay Sánchez<sup>a</sup>, Luis Maroto<sup>b</sup>, Leopoldo Pérez de Isla<sup>a</sup>, Carlos Almería<sup>a</sup>, Carlos Macaya<sup>b</sup> y Enrique Rodríguez<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Unidad de Imagen Cardiovascular. Servicio de Cardiología. Instituto Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos. Universidad Complutense. Madrid. España.

<sup>b</sup>Servicio de Cirugía Cardíaca. Instituto Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos. Universidad Complutense. Madrid. España.

La estenosis aórtica degenerativa es la valvulopatía más frecuente en Europa. En pacientes sintomáticos, la sustitución valvular aórtica por una prótesis mejora su pronóstico. Un elevado porcentaje de candidatos a cirugía de reemplazo valvular son desestimados por elevado riesgo de complicaciones graves. En los últimos años, se han desarrollado técnicas percutáneas o quirúrgicas mínimamente invasivas de implantación de prótesis valvular aórtica transcáteter (PATC), que persiguen elevar la tasa de intervención en pacientes de alto riesgo manteniendo los beneficios en el pronóstico y disminuyendo las complicaciones.

Describimos el protocolo de supervisión intraoperatoria con ecocardiografía transesofágica (ETE), hallazgos morfológicos, resultados hemodinámicos y complicaciones detectadas en 21 pacientes sometidos a la implantación de PATC por abordaje transapical. Proponemos una estandarización de la exploración, en la que la ETE tridimensional en tiempo real aportaría información adicional en la supervisión intraoperatoria de implantación por vía transapical de la PATC.

**Palabras clave:** Prótesis valvular. Ecocardiografía. Cirugía.

## Intraoperative Monitoring With Transesophageal Real-Time Three-Dimensional Echocardiography During Transapical Prosthetic Aortic Valve Implantation

Degenerative aortic stenosis is the most common valvulopathy in Europe. In symptomatic patients, aortic valve replacement with a prosthesis substantially improves prognosis. However, a high percentage of candidates for valve replacement surgery are rejected because of the high risk of serious complications. In recent years, percutaneous and minimally invasive surgical techniques have been developed for the transcatheter implantation of prosthetic aortic valves. These developments could lead to an increase in the number of interventions carried out in high-risk patients as the positive effect of treatment on prognosis would be retained while the complication rate would be reduced. We describe the use of transesophageal echocardiography (TEE) for intraoperative monitoring in 21 patients who underwent transcatheter aortic valve replacement using an transapical approach, and report morphologic findings, hemodynamic results, and complications observed. We propose a standard approach to imaging, in which real-time three-dimensional TEE is used to provide additional information during intraoperative monitoring of transapical transcatheter aortic valve replacement.

**Key words:** Prosthetic valve. Echocardiography. Surgery.

Full English text available from: [www.revespcardiol.org](http://www.revespcardiol.org)

## INTRODUCCIÓN

La estenosis aórtica degenerativa es la principal enfermedad valvular en Europa<sup>1,2</sup>. En los pacientes

sintomáticos con estenosis aórtica severa, la sustitución valvular por una prótesis, biológica o metálica, mejora significativamente la supervivencia<sup>3</sup>.

La edad avanzada, la enfermedad coronaria o la insuficiencia renal crónica, entre otros, aumentan significativamente la mortalidad operatoria<sup>4</sup>. El riesgo en este subgrupo constituye una limitación de la cirugía valvular aórtica por abordaje esternal y con circulación extracorpórea. La valvuloplastia con balón es ineficaz y no cambia el curso natural de la enfermedad en adultos<sup>5</sup>. En el año 2002, Cribier realizó con éxito el primer implante con catéter

Correspondencia: Dr. P. Marcos-Alberca.  
Unidad de Imagen Cardiovascular. Servicio de Cardiología. Instituto Cardiovascular. Hospital Clínico San Carlos. Universidad Complutense. Prof. Martín Lagos, s/n. 28040 Madrid. España.  
Correo electrónico: pmarcosa.hcsc@salud.madrid.org

Recibido el 28 de agosto de 2008.

Aceptado para su publicación el 18 de junio de 2009.

de una válvula aórtica para el tratamiento de la estenosis aórtica severa<sup>6</sup>. El implante de una prótesis valvular aórtica transcáteter (PATC) por vía percutánea o transapical mínimamente invasivo sin circulación extracorpórea surge como una opción terapéutica factible. Independientemente de la vía de abordaje elegida, la supervisión del procedimiento mediante el empleo de la ecocardiografía transesofágica parece esencial. El ecocardiograma transesofágico aporta valiosa información al cardiólogo intervencionista y al cirujano para la elección del tamaño de la prótesis valvular, su posicionamiento y resultado final<sup>1,6-8</sup>.

No se han descrito las posibles ventajas adicionales en la supervisión del ecocardiograma transesofágico 3D en tiempo real (ETE-3D) y cómo optimizar, para una máxima rentabilidad, el protocolo de actuación en la sala de operaciones del cardiólogo experto en imagen.

## MÉTODOS

Describimos la experiencia inicial en la supervisión ecocardiográfica intraoperatoria de pacientes diagnosticados de estenosis aórtica severa con elevado riesgo quirúrgico, remitidos a nuestra institución por indicación y preferencia del equipo cardiológico responsable para su inclusión en el programa de implante de PATC mediante abordaje transapical. La valvulopatía estaba diagnosticada por un estudio hemodinámico concluyente previo a la intervención, con ecocardiograma transtorácico 2D y Doppler color o cateterismo cardiaco. Se les realizó un estudio angiográfico de las arterias coronarias para excluir lesiones arterioscleróticas severas y analizar la distancia del anillo aórtico al *ostium* coronario. El ETE-3D se realizó con un equipo iE33 y sonda transesofágica modelo X7-2t Live 3D matricial de 2.500 elementos (Philips Electronics, Eindhoven, Países Bajos). Este modelo permite la exploración transesofágica bidimensional convencional multiplano, Doppler espectral y color. Además, debido a su arquitectura matricial integrada por un panel de cristales, permite obtener y procesar en tiempo real imágenes tridimensionales (Live 3D<sup>®</sup>) (fig. 1) y en dos planos ortogonales a 90° simultáneos (procesado Live xPlane<sup>®</sup> o simplemente X-Plane) (fig. 2). La adquisición piramidal (*full volume*) se consideró inapropiada debido a la necesidad de posprocesado, imposible en un ámbito intraoperatorio necesitado de acceso inmediato a la información.

El procedimiento de implantación de PATC por abordaje transapical fue descrito por Lichtenstein et al<sup>7</sup>. La supervisión ecocardiográfica consiste en marcar la posición del ápex del ventrículo izquierdo (VI) en el tórax empleando el plano apical transto-

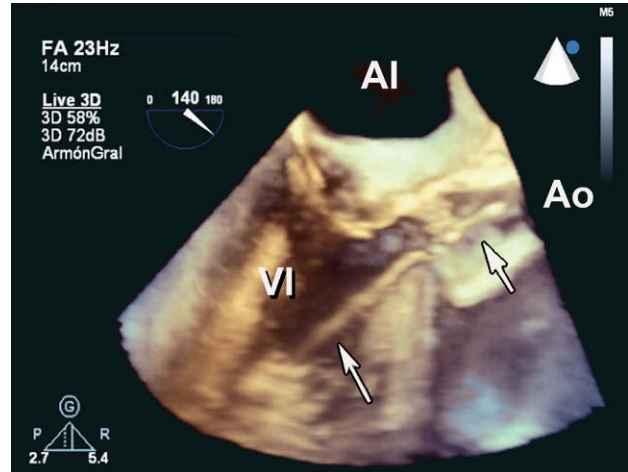


Fig. 1. Imagen tridimensional obtenida con procesamiento de imagen Live 3D<sup>®</sup> del tracto de salida del ventrículo izquierdo, válvula y raíz aórtica durante el posicionamiento de una prótesis valvular aórtica transcáteter (flechas). AI: aurícula izquierda; Ao: raíz aórtica; VI: ventrículo izquierdo.

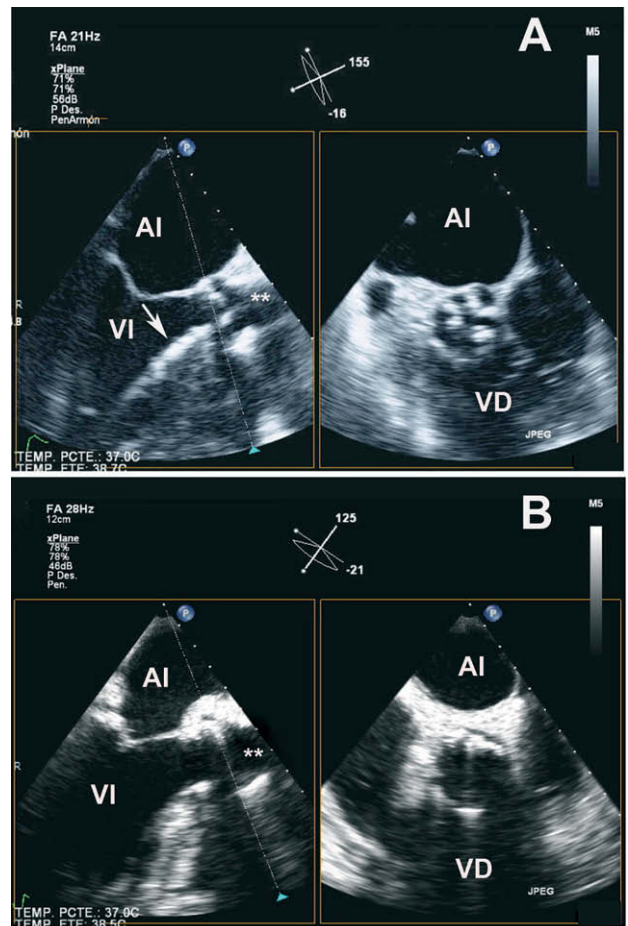
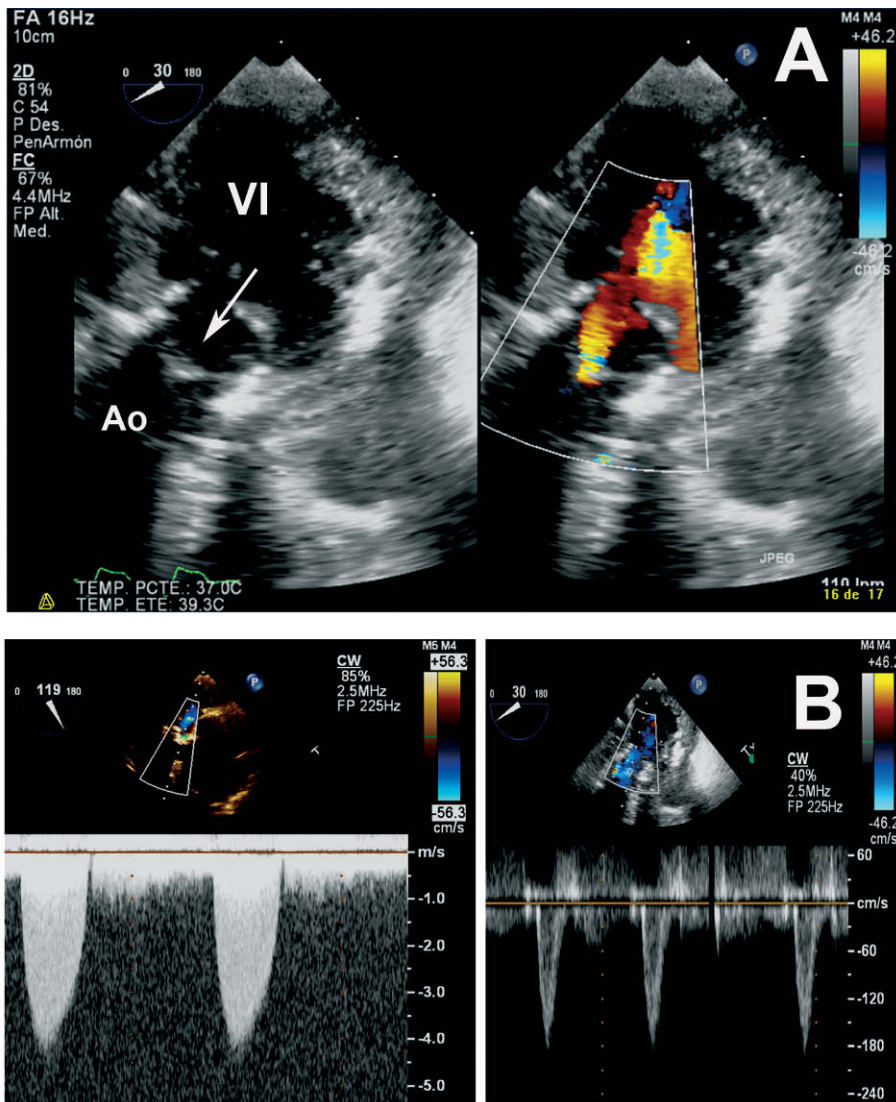


Fig. 2. Imagen 3D durante al implante de prótesis valvular aórtica transcáteter (PATC) obtenida con procesamiento de imagen X-Plane<sup>®</sup> con visualización simultánea a 135° (izquierda) y a 45° (derecha). A: supervisión en el posicionamiento del balón de valvuloplastia (flecha) y de la PATC. B: resultado final de la implantación. AI: aurícula izquierda; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo. \*\*: raíz aórtica.



**Fig. 3.** Evaluación hemodinámica valvular aórtica antes y después de implantar una prótesis valvular aórtica transcáteter (PATC). A: vista transesofágica transgástrica profunda en imagen 2D (izquierda) y Doppler color (derecha); se observa buena aposición de la prótesis y coaptación de los velos, con insuficiencia central ligera. B: registros de Doppler espectral continuo obtenidos durante el ecocardiograma transesofágico intraoperatorio antes (izquierda) y después (derecha) del procedimiento de implantación de PATC, que muestran la normalización de la velocidad del flujo transvalvular. Ao: raíz aórtica; VI: ventrículo izquierdo.

rácico de cuatro y dos cámaras. Durante la realización en el punto marcado de la minitoracotomía izquierda, exteriorización y punción del ápex del VI, con el ETE-3D evaluamos la hemodinámica valvular aórtica (velocidad máxima, gradientes y área valvular, presencia y grado de regurgitación aórtica) y mitral (presencia y grado de regurgitación mitral). Para la elección del tamaño de prótesis (válvula transcáteter de Edwards Sapien® 23 o 26 mm y sistema de implante Ascendra®; Edwards Lifesciences SA; Horw, Suiza), usamos imágenes 3D X-Plane del tracto de salida de VI, anillo, válvula aórtica y raíz de aorta. Se midió el diámetro del anillo aórtico desde la inserción del velo no coronario hasta la inserción del velo coronario derecho en la vista a 135° y se midieron los dos diámetros ortogonales de la raíz aórtica a nivel de los senos de Valsalva a 45°, inmediatamente en un plano superior a la salida de las arterias coronarias. Otros datos de interés explorados fueron la localización preferente

de la calcificación (velos y comisuras), relaciones de los *ostia* coronarios y grado de hipertrofia septal, características que pueden anticipar dificultad<sup>8</sup>.

Para supervisar la realización de la valvuloplastia aórtica y la implantación de la PATC, se continuó con imagen 3D en tiempo real X-Plane 2D y Doppler color de dos planos ortogonales a 135° y 45° (fig. 2A y B). Durante el avance anterógrado y el posicionamiento de la guía, el catéter y el introductor de 24 Fr, vigilamos atrapamientos y daños al aparato valvular mitral o el tabique interventricular. Comprobamos el posicionamiento centrado en el anillo aórtico del balón de valvuloplastia y muy especialmente la prótesis. Antes del inflado y mediante imagen X-Plane y Doppler color, comprobamos la ausencia de flujo transvalvular aórtico durante la breve parada circulatoria controlada mediante estimulación rápida ventricular a través del catéter de electroestimulación. Tras inflar y expandir la prótesis, evaluamos cualitativamente su



expansión óptima circular, la ubicación excéntrica de los velos nativos, el correcto movimiento de los velos aórticos y, cuidadosamente, la presencia de regurgitación periprotésica o transprotésica, daño parietal aórtico u oclusión del *ostium* coronario. Retirados introductor y guía, para la evaluación final se empleó la imagen X-Plane 2D y Doppler color, junto con la imagen convencional 2D y los registros con Doppler espectral obtenidos mediante vista transgástrica profunda (fig. 3A y B).

## RESULTADOS

Durante junio de 2008 y marzo de 2009 se implantó PATC a 21 pacientes. La edad (mediana [intervalo intercuartílico]) fue 81 [74-84] años y 11 (52%) pacientes eran varones. El valor del EuroSCORE logístico —mediana (intervalo) fue 11 (6-15). Hubo 4 pacientes con EuroSCORE logístico  $\leq 5$  en los que se optó por PATC por aorta en porcelana en 1, prótesis mitral metálica en 1, insuficiencia renal severa en 1 y neumopatía grave en el restante. En 6 (29%) casos el abordaje fue transapical por afección aortoiliaca severa. En todos los casos se realizó sin complicaciones ETE-3D intraoperatorio XPlane en tiempo real 2D y Doppler e imagen sectorial 3D en tiempo real, con adecuada visualización en la colocación y la expansión de la PATC. En la tabla 1 se exponen los principales hallazgos ecocardiográficos. En todos los casos se observó una significativa disminución de la velocidad máxima y el gradiente medio, con lo que resultó un incremento del área efectiva.

No hubo ninguna complicación fatal intraoperatoria. El ETE detectó cuatro complicaciones. En 2 casos se observó basculación de la prótesis y desplazamiento anterógrado y en 1 caso, desplazamiento retrógrado, con migración al TSVI y rotación de 90°. La aparición de insuficiencia aórtica aguda severa en 2 de los 3 casos precisó una prótesis biológica convencional. Por último, en 1 caso con marcada hipertrofia septal (20 mm), el ETE 3D detectó una pequeña erosión y levantamiento del endocardio por traumatismo del introductor de 24 Fr, que quedó sin alteración del flujo tras reposicionar el introductor.

## DISCUSIÓN

Los resultados subrayan la importancia del ETE intraoperatorio en la monitorización del implante de PATC mediante abordaje transapical. Desde la introducción del ETE en el quirófano, su efectividad como herramienta de monitorización para manejo hemodinámico o evaluar la función miocárdica y valvular en el enfermo cardiovascular está bien establecida, con innegable impacto en el acto

**TABLA 1. Características ecocardiográficas morfofuncionales de los 21 pacientes sometidos a implantación de PATC por abordaje transapical**

	Antes del implante	Después del implante
DTDVI (mm)	46 [43-49]	—
FEVI (%)	55 [48-60]	—
TSVI (mm)	19 [18-22]	—
Espesor parietal (mm)	15 [13-18]	—
Insuficiencia mitral > grado 2	2 (10)	1 (10)
V <sub>máx</sub> (m/s)	4,3 [4-4,6]	2,1 [1,7-2,5]
Gradiente máximo (mmHg)	76 [67-85]	17 [12-25]
Gradiente medio (mmHg)	49 [41-53]	9 [5-13]
IVT Ao/IVT TSVI	0,16 [0,14-0,19]	0,45 [0,31-0,49]
AVA (cm <sup>2</sup> )	0,5 [0,4-1]	1,5 [0,95-2]
Calcificación*		
Velo coronario izquierdo	12 (60)	—
Velo coronario derecho	10 (50)	—
Velo no coronario	18 (90)	—
Comisural		
Posterior derecha	16 (80)	—
Posterior izquierda	15 (75)	—
Anterior	16 (80)	—
Insuficiencia aórtica > grado 2	—	2 (10)
Central	—	0
Periprotésica	—	2 (10)

AVA: área efectiva valvular aórtica (ecuación de continuidad); DTDVI: diámetro telediastólico del VI, eje paraesternal largo; IVT: integral velocidad tiempo; TSVI: diámetro del tracto de salida del VI, vista transesofágica intraoperatoria a 135° guiado por X-Plane; V<sub>máx</sub>: velocidad máxima transvalvular aórtica.

\*Datos de 20 pacientes.

Las variables continuas se expresan como mediana [intervalo intercuartílico] y las discretas, como n (%).

quirúrgico y los resultados<sup>9</sup>. Vahanian et al<sup>1</sup> destacan la utilidad de la monitorización con ETE durante el implante de prótesis transcáteter para garantizar una correcta posición y diagnosticar las complicaciones. La mayor experiencia se refiere a PATC implantadas por vía retrógrada iliaca, y la experiencia con abordaje transapical es mucho menor. Una precisa medición con ETE es fundamental en la elección del tamaño para evitar la migración de la prótesis, asegurar una óptima hemodinámica tras el implante y minimizar posibles insuficiencias perivalvulares. Además, garantiza el correcto posicionamiento del dispositivo, excluye complicaciones y, después de implantado, constata una adecuada evaluación funcional determinando el gradiente transprotésico, el área valvular y la ausencia de regurgitación. La evaluación con sonda 3D en tiempo real, con el empleo del procesado XPlane, permite observar mejor la PATC en dos planos ortogonales simultáneos (eje longitudinal a 135° y eje corto a 45° de la válvula aórtica), hecho especialmente importante en el delicado posicionamiento del dispositivo durante el implante de la prótesis centrado en el anillo aórtico.

Esta comunicación describe una pequeña serie uniccéntrica y no permite generalizar los resultados clínicos que, aunque prometedores, son muy preliminares. Sin embargo, y en lo que concierne al empleo del ETE intraoperatorio, podemos concluir que, junto con un protocolo óptimo, la imagen 3D en tiempo real aportaría un valor añadido en la monitorización de la implantación de prótesis aórticas transcáteter en pacientes con estenosis aórtica severa.

#### BIBLIOGRAFÍA

1. Vahanian A, Alfieri O, Al-Attar N, Antunes M, Bax J. Transcatheter valve implantation for patients with aortic stenosis: a position statement from the European Association of Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) and the European Society of Cardiology (ESC), in collaboration with the European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI). *Eur Heart J*. 2008;29:1463-70.
2. Lung B, Baron G, Butchart E, Delahaye F. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2003;24:1231-43.
3. Schwarz F, Baumann P, Manthey J, Hoffman M, Schuler G, Mehmel HC, et al. The effect of aortic valve replacement on survival. *Circulation*. 1982;66:1105-10.
4. Bloomstein LZ, Gielchinsky I, Bernstein AD, Parsonnet V, Saunders C, Karanam R, et al. Aortic valve replacement in geriatric patients: determinants of in-hospital mortality. *Ann Thorac Surg*. 2001;71:597-600.
5. Vahanian A, Palacios IF. Percutaneous approaches to valvular disease. *Circulation*. 2004;109:1572-9.
6. Cribier A, Eltchaninoff H, Tron C, Bauer F, Agatiello C, Sebah L, et al. Early experience with percutaneous transcatheter implantation of heart valve prosthesis for the treatment of end-stage inoperable patients with calcific aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol*. 2004;43:698-703.
7. Lichtenstein S, Cheung A, Ye J, Thompson C, Carere R, Pasupati S, et al. Transapical transcatheter aortic valve implantation in humans: Initial clinical experience. *Circulation*. 2006;114:590-6.
8. Hanzel GS, O'Neill WW. Complications of percutaneous aortic valve replacement: experience with the Cribier-Edward percutaneous heart valve. *Eurointervention*. 2006;Suppl 1:A3-8 [citado 21 Ago 2008]. Disponible: [http://www.europcronline.com/eurointervention/A\\_issue/A3/](http://www.europcronline.com/eurointervention/A_issue/A3/)
9. Shapira Y, Vaturi M, Weisenberg DE, Raanani E, Sahar G, Snir E, et al. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography in patients undergoing valve replacement. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:579-83.