

Ecocardiografía en el intervencionismo estructural. ¿Cómo, cuándo y por qué?

Manuel Barreiro-Pérez
Ignacio Cruz-González
David González Calle
Armando Oterino Manzananas
Pedro L. Sánchez

Correspondencia

Manuel Barreiro-Pérez
email: manuelbarreiropez@gmail.com

Complejo Asistencial Universitario de Salamanca. Instituto de Investigación Biomédica de Salamanca (IBSAL). CIBERCIV. Salamanca. España

Palabras clave

- ▷ Ecocardiografía
- ▷ Ecocardiografía transesofágica
- ▷ Intervencionismo estructural

Keywords

- ▷ Echocardiography
- ▷ Transesophageal echocardiography
- ▷ Structural interventionism

RESUMEN

Los procedimientos de intervencionismo estructural percutáneo han mostrado una gran expansión en los últimos años. La monitorización ecocardiográfica es una piedra angular en estos procedimientos. Sin embargo, recientemente y gracias a las mejoras técnicas y experiencia acumulada, en algunos procedimientos se comienza a simplificar o prescindir de la monitorización por imagen. En la presente revisión se analiza el papel de la ecografía en la actualidad y sus alternativas para algunos de los procedimientos más habituales en el campo del intervencionismo estructural.

ABSTRACT

Percutaneous structural heart intervention procedures have experienced a huge expansion recently. Echocardiographic monitoring is crucial in these procedures. However, thanks to the technical improvements and the experience acquired, some procedures are beginning to be simplified reducing image monitoring. In the present review we analyze the role of echocardiography and its alternatives for some of the most common procedures in the field of structural heart interventions.

Introducción

En las últimas dos décadas se ha experimentado un desarrollo de múltiples técnicas que permiten el abordaje y tratamiento de un número mayor de patologías de forma percutánea. Además del desarrollo técnico y tecnológico, se ha asistido a un aumento rápido de evidencia que soporta su uso como técnica alternativa o como técnica de elección en determinados casos.

La imagen cardíaca es crucial en multitud de aspectos, desde la selección de pacientes, hasta la monitorización del procedimiento y el posterior seguimiento⁽¹⁾. La ecocardiografía sigue siendo la principal técnica de imagen ligada al intervencionismo estructural⁽²⁾. Sus principales ventajas son ser una técnica portable, segura, económica, con imagen de alta resolución, en tiempo real y que permite realizar una imagen tridimensional; si bien, técnicas como la tomografía computarizada cardíaca (cardio-TC) están ganando terreno de forma rápida en el ámbito del intervencionismo estructural.

Debido a su naturaleza no invasiva, un mayor campo de visión incluyendo estructuras extracardíacas, imagen isotrópica con resolución espacial submilimétrica y su excelente definición del calcio valvular y arterial se ha convertido, dentro de la selección de pacientes, en la primera opción para el reemplazo aórtico transcateéter⁽³⁾ y una alternativa a la ecocardiografía transesofágica (ETE) en el antes y el después de la oclusión de orejuela izquierda⁽⁴⁾.

Inicialmente la mayor parte de los procedimientos de intervencionismo estructural se realizaban bajo anestesia general e intubación orotraqueal, lo que facilitaba el uso de la ETE como principal herramienta de monitorización.

Actualmente, gracias a avances técnicos y una mayor experiencia acumulada, se tiende a un abordaje menos invasivo mediante sedación consciente en muchos procedimientos⁽⁵⁾. Esto ha permitido implementar y validar otras herramientas de monitorización como la ecocardiografía intracardíaca (ICE), la fusión de imagen con TC, el empleo de ecocardiografía transtorácica (ETT) o sondas ETE miniaturizadas (Tabla 1).

	Planificación	Monitorización	Seguimiento
Punción transeptal	-	+/- (fluoro, ETE, micro, ICE)	-
Cierre leak	++ (ETE-3D)	++ (ETE-3D)	+ (ETE-3D)
Oclusión orejuela	+/- (ETE, TC)	++ (ETE, micro, ICE)	+/- (ETE, TC)
Reparación mitral	++ (ETE-3D)	++ (ETE-3D)	+ (ETT)
Reemplazo valvular mitral	++ (ETE)	++ (ETE-3D)	+ (ETT, ETE)
Reemplazo valvular aórtico	+ (ETT, TC, ETE)	+/- (fluoro, ETT, ETE, micro, ICE)	+ (ETT)

Aparecen resaltadas las técnicas de imagen más adecuadas en un balance invasivo/seguridad para cada procedimiento de acuerdo con la experiencia de los autores (fluoro: fluoroscopia; ETE: ecocardiografía transesofágica; micro: ecocardiografía transesofágica con sonda miniaturizada; ICE: ecocardiografía intracardíaca; TC: tomografía computarizada; ETT: ecocardiografía transtorácica)

Tabla 1. Importancia relativa de la ecocardiografía en cada procedimiento

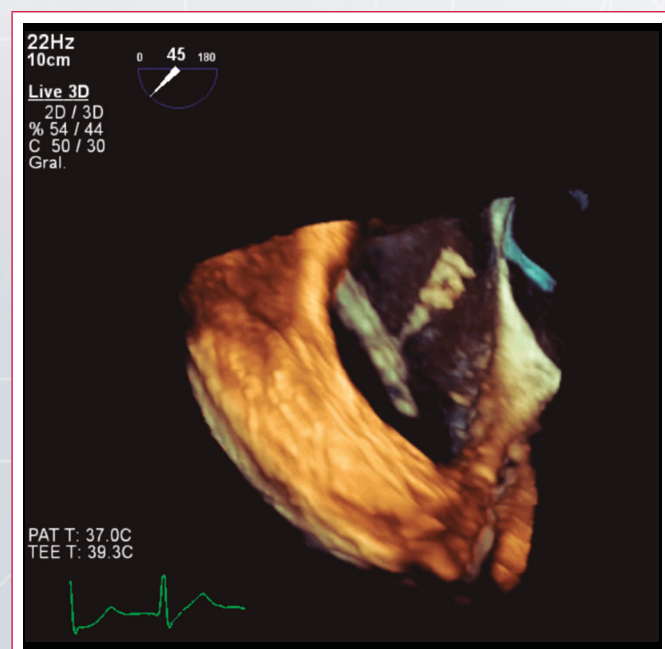
El objetivo del presente trabajo es revisar el papel actual de la ecografía en el intervencionismo estructural, así como tratar de determinar en qué escenarios presenta un mayor valor añadido.

Aspectos generales

La ecocardiografía en relación con el intervencionismo estructural requiere un conocimiento específico del procedimiento, la técnica y los materiales empleados. Estas consideraciones son aplicables tanto durante la monitorización del procedimiento, como a aquellos ecocardiografistas que realizan la selección de candidatos o el posterior seguimiento.

La monitorización del procedimiento comienza con la revisión de los estudios de imagen previos para confirmar el diagnóstico y descartar cualquier contraindicación, así como planificar el procedimiento a realizar junto con los cardiólogos intervencionistas. Una vez en sala, el primer aspecto es configurar un espacio de trabajo cómodo y seguro. El ecocardiógrafo se sitúa cerca de la cabeza del paciente, dejando suficiente espacio para que no interfiera con los movimientos del arco de escopia. Además de la protección y dosimetría radiológica individual, es aconsejable posicionar una pantalla de radioprotección entre el paciente y el ecografista, dado que es el profesional más cercano a la fuente de emisión de radiación ionizante.

Bajo anestesia general se procede a la colocación de la sonda de ETE. Es aconsejable realizar un estudio inicial para comprobar contractilidad, función valvular y pericardio antes de cualquier manipulación; en caso de complicación estas imágenes servirán de comparativa de forma rápida. Así mismo, se debe confirmar el diagnóstico por el que paciente va a ser intervenido, así como la ausencia de contraindicaciones. Durante todo el procedimiento el ecografista debe ser capaz de identificar y localizar guías, catéteres y dispositivos, así como detectar precozmente complicaciones (Video 1). Esta tarea se ve facilitada por el empleo de la ETE tridimensional en tiempo real. Es aconsejable estandarizar y acordar con los cardiólogos intervencionistas la posición de los principales volúmenes tridimensionales para facilitar la comunicación dentro del equipo (por ejemplo, válvula mitral en vista quirúrgica, septo interauricular en posición anatómica, etc.).



Video 1. ETE tridimensional en tiempo real. Trombo filiforme y muy móvil, sobre extremo distal de catéter situado en aurícula derecha

Al finalizar el procedimiento es recomendable realizar una revisión completa, similar a la realizada al inicio, para descartar cualquier complicación inadvertida. Si se ha realizado un abordaje arterial, además de venoso, se debe incluir la visualización de la aorta en sus diferentes segmentos.

Tras el procedimiento, en el centro de los autores, se realiza un estudio de ETT al día siguiente previo al alta. El seguimiento posterior depende del procedimiento realizado, realizándose generalmente una ETT al mes y a los 6 meses, salvo en cierre de leak perivalvular (ETE a los 90 días) y en la oclusión de orejuela izquierda (TC o ETE a los 45 días).

Consideraciones específicas

Punción transeptal

La punción transeptal supone el primer paso en muchos procedimientos intervencionistas sobre cavidades izquierdas, siendo un momento crítico por las posibles complicaciones (punción arterial, taponamiento cardíaco, embolismo). Ha de descartarse la presencia de trombo sobre el septo interauricular o en cavidades izquierdas.

La punción bajo monitorización ecográfica se considera el estándar del procedimiento⁽⁶⁾, si bien en centros con mayor experiencia se puede llevar a cabo sólo con fluoroscopia. El guiado ecográfico es imprescindible para localizar una posición de punción específica (Figura 1) o en caso de anatomía compleja (deformidad torácica, cardiopatías congénitas, dextrocardia). Además, el guiado ecográfico permite detectar anomalías que pueden dificultar la punción, como la presencia de un septo grueso, calcificaciones, aneurisma septal o la presencia de foramen oval. El guiado ecográfico se realiza fundamentalmente en tres planos:

- **Plano de eje corto, a nivel de válvula aórtica** (mediosofágico 30-50°): visualiza el eje anteroposterior.
- **Plano bicava** (mediosofágico 90-110°): visualiza el eje superoinferior.
- **Plano de cuatro cámaras** (mediosofágico 0°): determina la altura de la punción sobre la válvula mitral.

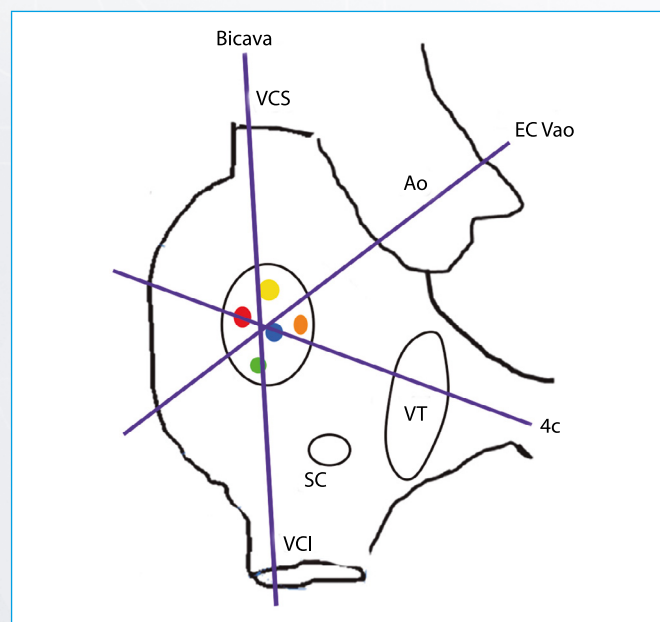
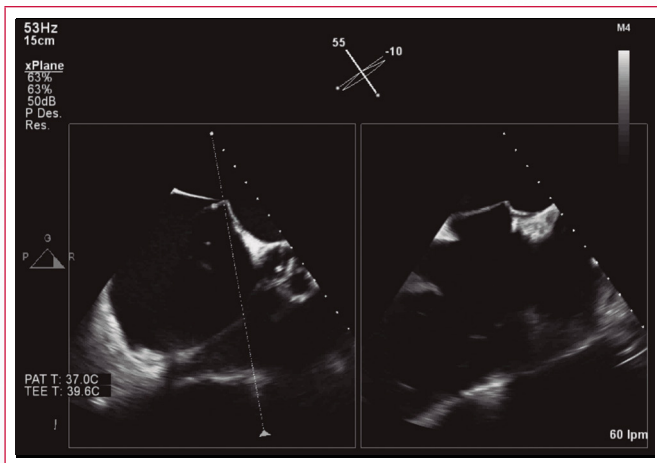


Figura 1. Esquema de la posición específica de la punción transeptal. Las líneas de color morado representan los tres principales planos ecográficos sobre el septo interauricular: bicava, eje corto a nivel de válvula aórtica (EC VAo) y cuatro cámaras (4c). Dentro de la fosa oval la posición de punción varía en función del procedimiento: cierre transeptal de foramen oval (amarillo); reparación mitral transcáteter y cierre de leak perivalvular (rojo). Posición ligeramente más alta para defectos mediales, y más baja para defectos septales; oclusión de orejuela izquierda (verde); estudios hemodinámicos (azul); ablación de venas pulmonares (naranja) (VCS: vena cava superior; Ao: aorta; VT: válvula tricúspide; VCI: vena cava inferior; SC: seno coronario)

La punción en una posición específica se puede facilitar mediante el empleo de una imagen bidimensional ortogonal (*X-plane*; **Video 2**) o tridimensional, si bien esta última puede ofrecer mayores problemas de comunicación con los cardiólogos intervencionistas no familiarizados con esta técnica. Alternativas menos invasivas para el guiado de la punción transeptal son el empleo de una sonda micro-ETE bajo sedación consciente⁽⁷⁾ o la ICE⁽⁸⁾, si bien esta última requiere una punción vascular adicional.

La posición de la vaina de punción sobre el septo interauricular crea un efecto de “tienda de campaña” (*tenting*) hacia la aurícula izquierda, por lo que hay que comprobar la posición específica de la vaina antes de la punción en al menos dos planos ortogonales. Una vez se ha alcanzado una posición óptima y estable, se realiza la punción mediante la progresión de una aguja de Brockenbrough. Es necesario comprobar mediante ecocardiografía y registro de presiones invasivas que efectivamente se está en cavidades izquierdas antes del avance del catéter.

Una vez finalizado el procedimiento y retirada la vaina del septo, se debe estudiar la existencia de comunicación iatrogénica residual a este nivel de cara al seguimiento del paciente, la ausencia de material trombótico adherido al punto de punción, así como la presencia de derrame pericárdico.



Video 2. ETE bidimensional ortogonal (*X-plane*) a nivel de septo interauricular. Nótese el *tenting* del catéter en la porción inferomedial del septo. En función de la configuración del equipo, la segunda imagen del *X-plane*, en este caso plano bicava, puede aparecer invertida (vena cava inferior a la derecha). Es importante consensuar este aspecto con los cardiólogos intervencionistas para evitar problemas de comunicación

Cierre de leak perivalvular

El diagnóstico de sospecha es clínico y ha de confirmarse mediante ETE con una exploración de la prótesis valvular en múltiples planos. Ecocardiográficamente el defecto se identifica como una solución de continuidad anecoica por fuera del anillo protésico y con flujo de regurgitación a su través confirmado con Doppler-color. La ETE tridimensional ha mostrado ser superior en localización, medición y forma del defecto, especialmente en pacientes con varios leaks perivalvulares⁽⁹⁾.

El estudio de una prótesis valvular en posición mitral incluye planos en posición medioesofágica de 0 a 180° para incluir la totalidad del anillo protésico. La valoración de las fugas periprotésicas en posición aórtica presenta un mayor

grado de complejidad, especialmente la porción anterior del anillo aórtico. La evaluación se realiza combinando varios planos medioesofágicos y transgástricos. La fuga periprotésica se localiza respecto a marcadores anatómicos habituales y se referencia respecto a un esquema horario (**Figura 2**).

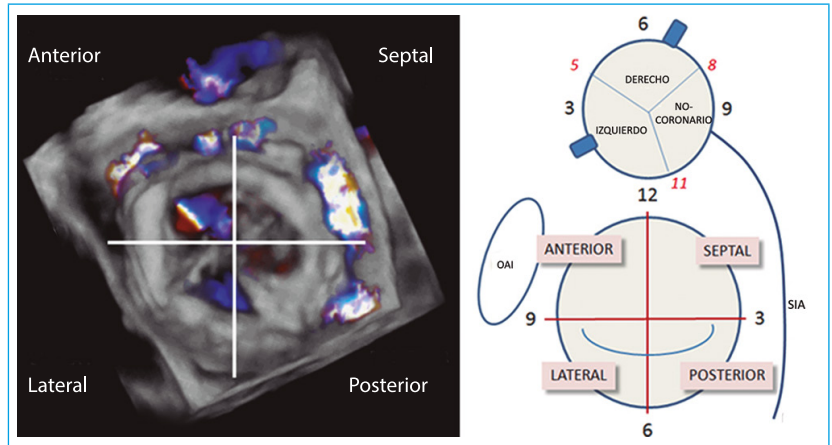


Figura 2. Esquema de localización horaria de leak perivalvular en posición mitral y aórtica. ETE tridimensional color de prótesis valvular biológica en posición mitral (colocada en vista quirúrgica) con presencia de cuatro leaks perivalvulares a las 10 horas (anterior), 12 horas (anterior puro), 2 horas (septal) y 4 horas (posterior) (SIA: septo interauricular; OAI: orejuela auricular izquierda)

La valoración de la gravedad de las fugas periprotésicas presenta diferencias respecto a las regurgitaciones en válvulas nativas. Se recomienda la integración de varios parámetros para su cuantificación, tanto cualitativos como cuantitativos⁽¹⁰⁾. El orificio regurgitante efectivo (ETE tridimensional color) presenta mejor precisión a la hora de identificar las regurgitaciones significativas, así como la longitud del mismo para seleccionar el tamaño adecuado de dispositivo de cierre⁽¹¹⁾.

Antes del procedimiento intervencionista debe conocerse el número de leaks, su posición, tamaño, gravedad de la regurgitación asociada y haber descartado signos que sugieran endocarditis infecciosa. Debe establecerse un plan de tratamiento y una vía de abordaje, siendo generalmente el objetivo el cierre del leak más grave.

El conjunto de funciones que desarrolla la ETE periprocedimiento se detallan en la **Tabla 2**.

ETE periprocedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Confirmar la localización y gravedad de la fuga periprotésica • Excluir la presencia de trombo o vegetaciones • Facilitar la colocación de la guía y del catéter • Medir el tamaño de la fuga para seleccionar el dispositivo de cierre percutáneo • Asegurar el correcto funcionamiento de la prótesis valvular durante y tras el cierre • Evaluar la regurgitación periprotésica residual • Detectar complicaciones como embolismo aéreo o taponamiento cardíaco

Tabla 2. Papel de la ETE periprocedimiento en el cierre percutáneo de fugas periprotésicas

Los momentos de mayor importancia en la monitorización ecográfica (**Figura 3**) incluyen el guiado de navegación para facilitar el cruce de la guía a través del defecto (**Video 3**) y la detección de interferencias protésicas y valoración de la regurgitación residual inmediatamente después del despliegue del dispositivo y antes de su liberación.

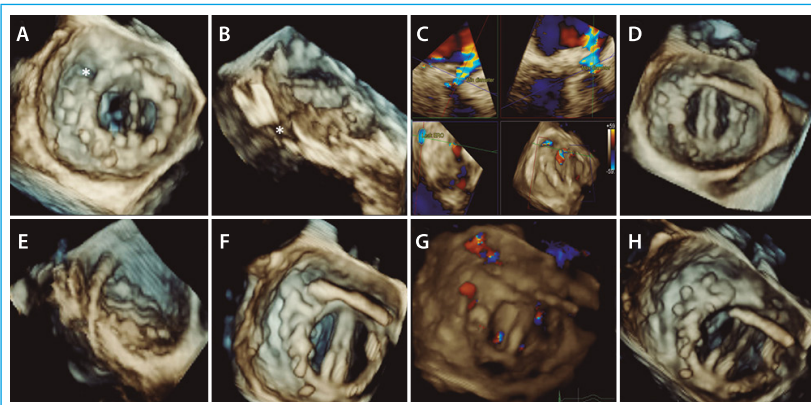
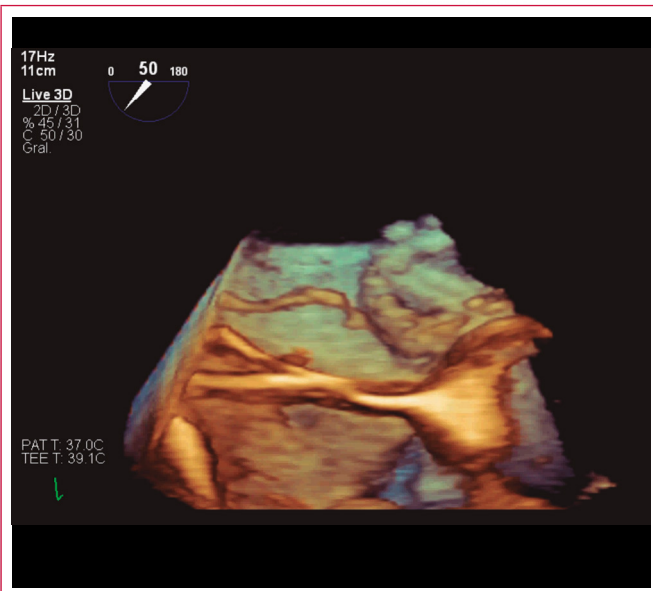


Figura 3. Principales pasos en la monitorización de cierre de un leak perivalvular con ETE tridimensional. **A:** prótesis valvular mecánica bidisco en posición mitral con varios dispositivos de cierre de leaks previos en sector lateral y defecto residual (*) a las 10 horas; **B:** recorte de volumen tridimensional mostrando el túnel del leak perivalvular; **C:** medida del defecto mediante reconstrucción multiplanar ETE tridimensional color; **D:** vaina cruzando el septo interauricular y dirigido hacia el leak residual; **E:** recorte de volumen tridimensional mostrando la vaina a través del túnel del leak; **F:** monitorización del despliegue del dispositivo de cierre; **G:** regurgitación residual; **H:** aspecto final tras la liberación

La sistemática de medida de la zona de despliegue varía para cada tipo de dispositivo⁽¹³⁾. En la ETE bidimensional las medidas deben realizarse en varias proyecciones (0°, 45°, 90° y 135°).

La imagen tridimensional tiene su importancia en la planificación previa, al haber demostrado mejor reproducibilidad en la medida de la zona de despliegue y mejor caracterización anatómica y del número de lóbulos⁽¹⁴⁾ (Figura 4).

El procedimiento sigue, en términos generales, los mismos pasos independientemente del dispositivo. Tras la punción transeptal, se coloca la guía en la vena pulmonar superior izquierda para hacer el intercambio de vaina y, posteriormente, se sonda la orejuela. Se monitoriza en 135° la profundidad del inicio del despliegue y en 45° la posición respecto a la arteria circunfleja y el ostium de la orejuela. Tras comprobar la ausencia de leaks peridispositivo con Doppler-color y realizar un test de estabilidad, se libera el dispositivo. La monitorización tridimensional durante el procedimiento facilita la comprensión del mismo, pero no es imprescindible (Video 4).



Video 3. ETE tridimensional en tiempo real. La vista de profundidad de la ecografía tridimensional proporciona una relación de altura de la guía y el leak con el objetivo de facilitar la navegación y el cruce del mismo

Si bien se pueden cerrar leaks en posición aórtica únicamente con fluoroscopia, el cierre de un leak perivalvular es uno de los procedimientos más dependiente de la monitorización ecocardiográfica. Como alternativas menos invasivas se ha descrito el uso de la ICE⁽¹²⁾, siendo especialmente útil en leaks aórticos en posición anterior al poder estudiarse desde el tracto de salida del ventrículo derecho. El equipo de los autores ha realizado varios casos de forma exitosa con micro-ETE bajo sedación consciente, si bien eran pacientes en los que se había realizado la planificación previa al procedimiento con una ETE tridimensional.

Oclusión de la orejuela izquierda

La indicación de cierre de orejuela izquierda es clínica y la selección de pacientes está basada en la imagen (ETE o TC). Se basa en la exclusión de trombo en el interior de la orejuela izquierda y de medidas extremas (< 11 mm o > 31 mm) que contraindicarían el procedimiento percutáneo.

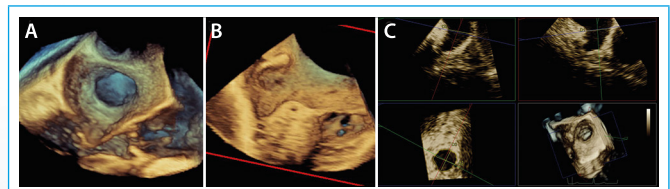


Figura 4. ETE tridimensional de orejuela izquierda. Visión en face del ostium de la orejuela izquierda (A). Inmediatamente superior se sitúa el ligamento de Marshall y encima el drenaje de la vena pulmonar superior izquierda; anterior la raíz de aorta; inferior la comisura lateral de la válvula mitral. Tras realizar un corte longitudinal al cuerpo de la orejuela, se hace evidente la posición de la arteria circunfleja y los músculos pectíneos en el ápex (B). Reconstrucción multiplanar de la zona de despliegue para dimensionar el dispositivo de cierre (C)



Video 4. ETE tridimensional durante el despliegue de un dispositivo Amulet® en orejuela izquierda. Se aprecia cómo el lóbulo interno ocupa toda la cavidad de la orejuela y, posteriormente, se despliega el disco externo que cubre el ostium, sin interferir en estructuras vecinas

En centros con experiencia es un procedimiento relativamente sencillo, siendo posible realizar una monitorización menos invasiva mediante el empleo de ICE⁽¹⁵⁾ o sonda micro-ETE⁽¹⁶⁾ (Figura 5 y Video 5).

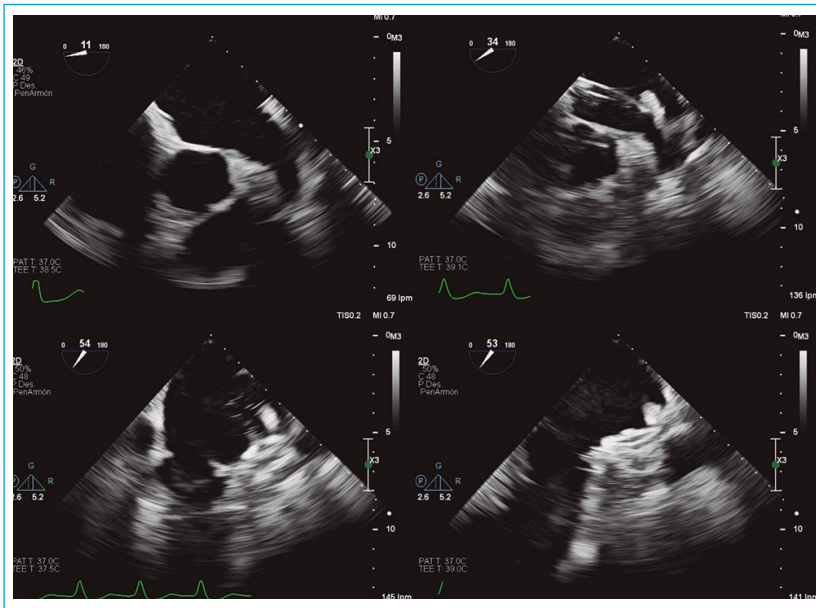
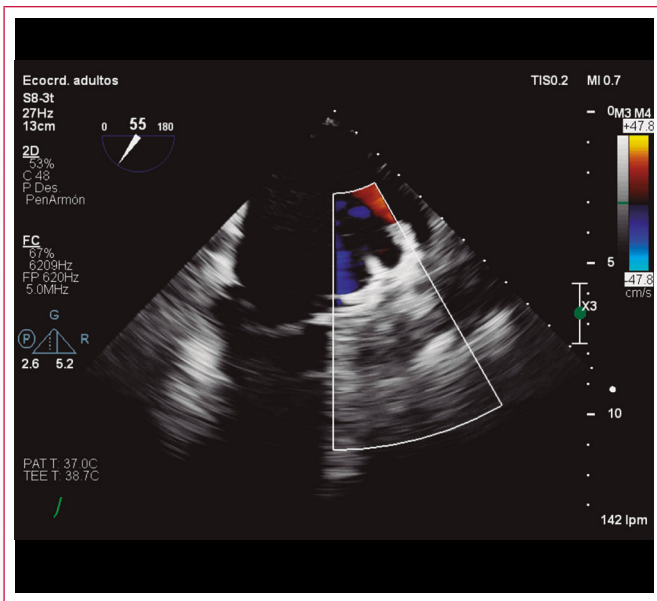


Figura 5. ETE bidimensional con sonda miniaturizada durante el procedimiento de cierre de orejuela izquierda con dispositivo Amulet®. Procedimiento sobre orejuela con morfología de calcetín y sin trombo en su interior (*panel superior izquierdo*). Tras la punción transeptal, se ha sondado la orejuela con la vaina (*panel superior derecho*) y se ha desplegado el lóbulo interno del dispositivo (*panel inferior izquierdo*). En el *panel inferior derecho* se puede observar el resultado final



Vídeo 5. ETE bidimensional color con sonda micro-EET. Ejemplo de calidad de imagen durante la monitorización de cierre de orejuela izquierda con sonda micro-EET y bajo sedación consciente

El seguimiento se puede realizar con ETE o TC, siendo las principales complicaciones a descartar la existencia de *leaks* peridispositivo o la trombosis del mismo⁽¹⁷⁾.

Reparación mitral transcatóter

La insuficiencia mitral es la valvulopatía más frecuente en nuestro medio. En algunos pacientes la existencia de un elevado riesgo quirúrgico plantea como alternativa el abordaje transcatóter. De entre las técnicas disponibles sobre la válvula nativa, la técnica con mayor experiencia acumulada es la reparación borde-a-borde transcatóter. Cuando la insuficiencia mitral

se produce sobre una válvula protésica biológica disfuncionante o una anuloplastia incompetente, la alternativa transcatóter a la cirugía sería un reemplazo valvular mitral dentro de la prótesis previa (*Valve-in-Valve*) o en el anillo de anuloplastia (*Valve-in-Ring*).

La ecocardiografía es completamente imprescindible en la reparación mitral borde-a-borde transcatóter. La indicación es clínica, pero la selección de pacientes se realiza de acuerdo a una serie de criterios anatómicos. Con el aumento de la experiencia se han ampliado estos criterios, si bien se consideran los criterios derivados del estudio *EVEREST* como el estándar. Para considerar una válvula mitral apta para este procedimiento se debe objetivar mediante ecocardiografía transesofágica una regurgitación mitral al menos moderada, anchura de gap de coaptación < 15 mm, altura de *gap* < 10 mm, longitud de coaptación > 2 mm, profundidad de coaptación < 11 mm, origen del *jet* A2/P2, área valvular mitral > 4 cm², longitud de velos > 8 mm y la exclusión de etiología postreumática o endocárdica.

La monitorización del procedimiento se realiza igualmente con ecocardiografía transesofágica. Los principales pasos durante el procedimiento serían⁽¹⁸⁾ (**Figura 6**):

- Confirmar la localización y mecanismo de la regurgitación mitral. Excluir la presencia de trombo o vegetaciones.
- Guiar y monitorizar la punción transeptal específica (4 cm sobre coaptación mitral en medioesofágico 0°). Monitorizar el avance y posicionamiento del sistema de liberación en la aurícula izquierda.
- Monitorizar el alineamiento perpendicular al origen de la regurgitación y la orientación perpendicular a la línea de coaptación de los brazos del clip. Monitorizar el avance al ventrículo izquierdo.

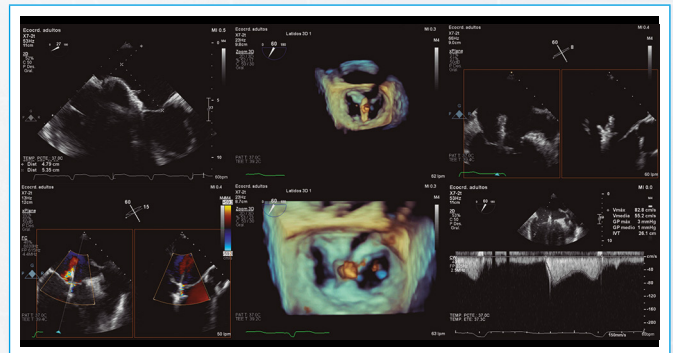


Figura 6. ETE en diferentes pasos durante la reparación mitral borde-a-borde percutánea. La punción transeptal ha de realizarse a una altura y posición específica para alinear el dispositivo en la aurícula izquierda (*panel superior izquierdo*). Una vez el dispositivo se ha alineado y desplegado, se debe comprobar la perpendicularidad del mismo respecto de la línea de coaptación. En este paso resulta de gran ayuda la ecografía tridimensional (*panel superior central*). Se han de realizar pruebas de trayectorias al cruzar el dispositivo desde la aurícula al ventrículo comprobando que baja coaxial y a la altura del principal *jet* de regurgitación (*paneles superior derecho e inferior izquierdo*). Tras el *grasping* (véase el **Vídeo 6**), se ha de comprobar la calidad del mismo. Además de repasar en dos dimensiones la posición del velo y su fijación por el dispositivo, la ecografía tridimensional permite apreciar la configuración en pirámides de los velos mitrales. Unos vértices anchos junto al dispositivo son signo de un correcto pinzamiento (*panel inferior central*). Antes de la liberación ha de comprobarse la existencia de regurgitación residual, su gravedad y el incremento de gradiente transmitral, debiéndose ser éste menor de 5 mmHg (*panel inferior derecho*)

- Monitorizar en detalle la retirada, inclusión de velos, *grasping* (Video 6) y cierre de clip. Evaluar la calidad del *grasping* y la estabilidad del clip.
- Evaluar la regurgitación, gradiente transvalvular y flujo de venas pulmonares resultante. Decidir entre resultado actual, nuevo *grasping* de velos, necesidad de clip extra.
- Monitorizar la liberación y reevaluar la regurgitación y el gradiente. Monitorizar en detalle la realineación de sistema de liberación y la recogida en catéter. Evaluar el *shunt* iatrogénico a nivel del septo interauricular.
- Detectar de forma precoz complicaciones como embolismo aéreo o taponamiento cardíaco.

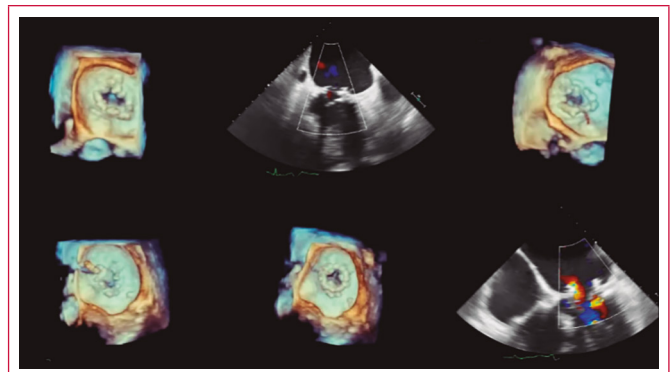


Video 6. ETE bidimensional con vista ortogonal (χ -plane). Detalle de la monitorización de reparación mitral borde-a-borde en el momento de *grasping*. Cuando el dispositivo se encuentra en el ventrículo, se retira lentamente hasta que se comprueba en ecografía el asiento de los velos sobre los brazos del clip. En ese momento se bajan las *grippers*, capturando el borde de los velos mitrales. Es crucial monitorizar este paso con la mejor calidad posible y grabarlo para su posterior revisión. En este paso es posible apreciar la cantidad y calidad de tejido que queda pinzado por el clip, principal criterio en su posterior estabilidad

Se han documentado casos de uso de otras técnicas de ecocardiografía, tales como la ETT⁽¹⁹⁾ o la ICE⁽²⁰⁾, en el guiado de la reparación mitral borde-a-borde como facilitadoras o complementarias. El equipo de los autores ha realizado un caso bajo guiado con micro-ETE y la calidad resultó insuficiente en el momento del *grasping*, siendo por tanto también una técnica accesoria a la ecocardiografía transesofágica convencional.

El procedimiento de *Valve-in-Valve* o *Valve-in-Ring* también debe monitorizarse con ETE (Video 7). El abordaje puede ser transapical o transeptal. En este segundo caso hay que monitorizar la punción y la corrección de alineación respecto al plano mitral de la vaina y del dispositivo. La altura de despliegue de la prótesis transcáteter respecto al material protésico previo se visualiza bien en fluoroscopia, así como el despliegue bajo estimulación rápida de marcapasos. En cambio, el resultado del procedimiento (correcta expansión, gradiente transvalvular, regurgitación residual, obstrucción del tracto de salida) ha de monitorizarse inmediatamente con ecocardiografía.

En el procedimiento *Valve-in-Ring* son comunes la presencia de *leaks* perivalvulares residuales que pueden cerrarse con la técnica habitual⁽²¹⁾.



Video 7. Composición ETE tridimensional y bidimensional de diferentes pasos del procedimiento de implante de válvula protésica percutánea en posición mitral sobre anuloplastia quirúrgica previa disfuncionante (procedimiento *Valve-in-Ring*). Descripción en orden:
1) Reparación mitral quirúrgica con anuloplastia restrictiva.
2) Reparación disfuncionante por regurgitación mitral significativa.
3) Guía cruzando el orificio mitral.
4) Catéter con prótesis valvular percutánea balón-expandible en posición plegada cruzando la anuloplastia mitral.
5) Prótesis valvular percutánea en posición mitral tras el inflado. Nótese la apertura con tres velos protésicos finos.
6) Ecocardiografía bidimensional color mostrando flujo laminar diastólico de entrada mitral con dos mínimos *jets* de regurgitación perivalvular. Nótese aceleración al nivel de tracto de salida de ventrículo izquierdo que cuantificada resultó no significativa

Reemplazo aórtico transcáteter

El reemplazo valvular aórtico transcáteter es la técnica con mayor experiencia acumulada, siendo en la actualidad una alternativa a la cirugía en un espectro cada vez mayor de pacientes. Las últimas generaciones de prótesis han implementado cambios para facilitar la navegabilidad, reducir el perfil de acceso vascular, facilitar el despliegue y reducir al mínimo los *leaks* perivalvulares residuales.

El diagnóstico previo de estenosis aórtica grave se basa en los criterios de la ETT. Para la selección de pacientes es necesario realizar un estudio de los accesos vasculares y de la medida del anillo aórtico. La cardio-TC permite analizar ambos aspectos en una única exploración, siendo la medida del anillo la más precisa. En pacientes en los que no puede realizarse TC, la ETE tridimensional es la mejor alternativa para la medida del anillo aórtico⁽²²⁾ (Figura 7). La medida se realiza en mesosístole mediante reconstrucción multiplanar, conformando un anillo virtual al unir los puntos de inserción de cada uno de los velos coronarios. La planificación se complementaría con la medición desde el plano del anillo al origen de cada arteria coronaria.

La monitorización del procedimiento se ha simplificado con el aumento de la experiencia y las mejoras técnicas. Inicialmente se realizaba bajo anestesia general y monitorización con ETE. Actualmente la monitorización bajo sedación consciente con ETT⁽²³⁾ durante el procedimiento es una alternativa factible en centros con experiencia. Las principales ventajas de una monitorización continua con ETE respecto ETT serían la posibilidad de diagnosticar y tratar de forma inmediata complicaciones como regurgitación paravalvular, ruptura de anillo aórtico u oclusión coronaria. Como una alternativa que aunaría las ventajas de ambas estrategias se posiciona la monitorización continua bajo sedación consciente con sonda micro-ETE⁽¹⁶⁾ (Video 8).

La consulta más frecuente que se plantea al ecografista durante el procedimiento es el estudio de una regurgitación aórtica residual. Es importante determinar el origen de la insuficiencia (central o perivalvular). La regurgitación central puede estar en relación con la presencia de guía de soporte intraprotésica y/o con la

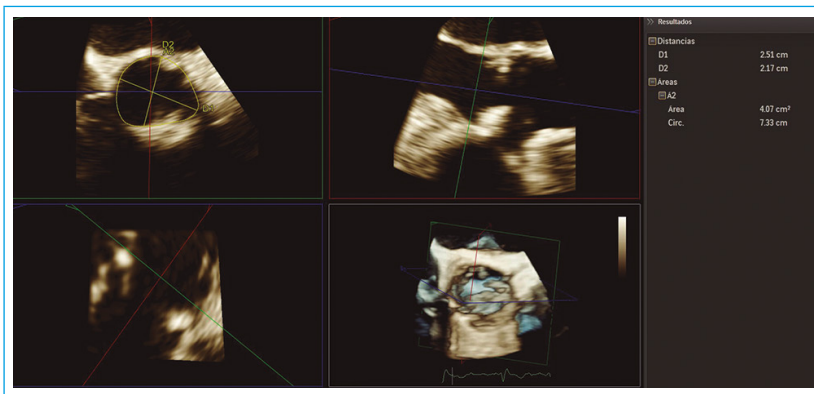
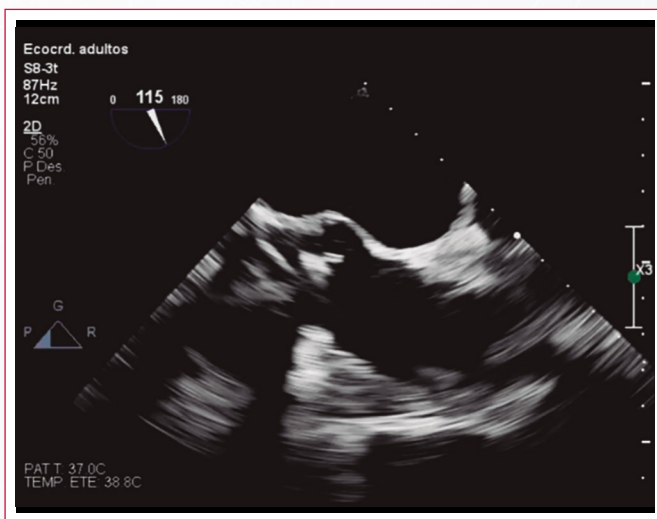


Figura 7. ETE tridimensional. Reconstrucción multiplanar en mesosístole y medición del anillo aórtico. El anillo aórtico corresponde al plano virtual más bajo de inserción de cada uno de los velos aórticos. Se aprecian calcificaciones a nivel del anillo aórtico que hay que describir, ya que están relacionados con la posibilidad de leak perivalvular postimplante

falta de expansión completa en prótesis autoexpandible, resolviéndose en unos minutos tras la liberación. En cambio, la regurgitación central significativa y duradera es indicativa de disfunción y puede estar en relación con un movimiento inadecuado de los velos por un tamaño excesivamente grande de prótesis. Las regurgitaciones perivalvulares se deben a una expansión insuficiente, un tamaño demasiado pequeño, una posición inadecuada de la prótesis o presencia de asimetrías, generalmente por calcificación, en el plano valvular o tracto de salida. En función del mecanismo, se aplicará una posdilatación con balón o el implante de una segunda prótesis en una posición correcta⁽²⁴⁾. La graduación de la gravedad se realizará integrando parámetros cualitativos y cuantitativos, existiendo recomendaciones específicas en este escenario⁽²⁵⁾. En el caso de la regurgitación perivalvular, valorar la extensión circunferencial del origen puede graduar de forma rápida la gravedad (> 30% grave).



Video 8. ETE bidimensional con sonda miniaturizada. Diferentes momentos durante procedimiento de reemplazo valvular aórtico transcatheter (vistas de eje largo y eje corto a nivel de raíz aórtica):

- 1) Guía a través de válvula aórtica.
- 2) Prótesis valvular aórtica percutánea CoreValve® infraexpandida en seno izquierdo.
- 3) Leak perivalvular residual grave con origen en seno izquierdo.
- 4) Posdilatación con balón bajo estimulación con marcapasos.
- 5) Prótesis correctamente expandida.
- 6 y 7) Eje largo y eje corto con color que muestra una regurgitación residual trivial

En el seguimiento posterior la ETT es la técnica de elección. Los gradientes suelen caer inmediatamente tras el implante y mantenerse estables los 12 pri-

meros meses. El seguimiento se suele realizar con gradientes máximos y medios. El cálculo del área valvular puede verse dificultado al requerir registrar la velocidad de tracto de salida del ventrículo izquierdo próxima al *stent* para evitar la aceleración que se produce a este nivel. La insuficiencia aórtica residual se valoraría de acuerdo a parámetros cuantitativos y cualitativos.

Conclusión

Existe una tendencia para simplificar la monitorización en el intervencionismo estructural, especialmente en procedimientos menos complejos o con mayor experiencia acumulada. Sin embargo, en la actualidad la ETE continúa siendo la técnica más versátil. En procedimientos más complejos se hace evidente el valor añadido de la ecocardiografía tridimensional, mientras que procedimientos de menor complejidad pueden beneficiarse de una menor necesidad de cuidados perioperatorios con el empleo de sondas transesofágicas miniaturizadas bajo sedación consciente y sin necesidad de intubación orotraqueal.

Ideas para recordar

- La ecocardiografía transesofágica es la técnica de imagen más versátil en el intervencionismo estructural. Sin embargo, otras técnicas pueden ser alternativa en la planificación (TC) o durante la monitorización (ETT, micro-ETE, ICE), resultando un proceso menos invasivo para el paciente.
- El cardiólogo especialista en imagen que realice la monitorización de procedimientos intervencionistas debería estar familiarizado con estas técnicas para poder ajustar la complejidad de la monitorización en cada tipo de procedimiento.

Bibliografía

1. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, *et al.* EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur Heart J* 2011; 32 (17): 2.189-2.214.
2. Khaliq OK, Hahn RT. Role of Echocardiography in Transcatheter Valvular Heart Disease Interventions. *Curr Cardiol Rep* 2017; 19 (12): 128.
3. Leipsic JA, Blanke P, Hanley M, *et al.* ACR Appropriateness Criteria Imaging for Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Radiol* 2017; 14 (11S): S449-S455.
4. Eng MH, Wang DD, Greenbaum AB, *et al.* Prospective, randomized comparison of 3-dimensional computed tomography guidance versus TEE data for left atrial appendage occlusion (PRO3DLAAO). *Catheter Cardiovasc Interv* 2018. *Epub ahead of print.*
5. Nijenhuis VJ, Alipour A, Wunderlich NC, *et al.* Feasibility of multiplane micro-transoesophageal echocardiographic guidance in structural heart disease transcatheter interventions in adults. *Neth Heart J* 2017; 25 (12): 669-674.
6. Vahanian A, Brochet E. Transseptal puncture for structural heart intervention: an old technique with new indications. *Heart* 2017; 103 (22): 1.830-1.837.
7. Stec S, Zaborska B, Sikora-Frac M, *et al.* First experience with microprobe transoesophageal echocardiography in non-sedated adults undergoing atrial fibrillation ablation: feasibility study and comparison with intracardiac echocardiography. *Europace* 2011; 13 (1): 51-56.
8. Basman C, Parmar YJ, Kronzon I. Intracardiac Echocardiography for Structural Heart and Electrophysiological Interventions. *Curr Cardiol Rep* 2017; 19 (10): 102.

9. Arribas-Jimenez A, Rama-Merchan JC, Barreiro-Pérez M, et al. Utility of Real-Time 3-Dimensional Transesophageal Echocardiography in the Assessment of Mitral Paravalvular Leak. *Circ J* 2016; 80 (3): 738-744.
10. Ruiz CE, Hahn RT, Berrebi A, et al. Clinical Trial Principles and Endpoint Definitions for Paravalvular Leaks in Surgical Prosthesis: An Expert Statement. *J Am Coll Cardiol* 2017; 69 (16): 2.067-2.087.
11. Franco E, Almería C, de Agustín JA, et al. Three-dimensional color Doppler transesophageal echocardiography for mitral paravalvular leak quantification and evaluation of percutaneous closure success. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27 (11): 1.153-1.163.
12. Ruparelia N, Cao J, Newton JD, et al. Paravalvular leak closure under intracardiac echocardiographic guidance. *Catheter Cardiovasc Interv* 2017. *Epub ahead of print*.
13. Vainrib AF, Harb SC, Jaber W, et al. Left Atrial Appendage Occlusion/Exclusion: Procedural Image Guidance with Transesophageal Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 17: 30716-30722.
14. Eng MH, Wang DD, Greenbaum AB, et al. Prospective, randomized comparison of 3-dimensional computed tomography guidance versus TEE data for left atrial appendage occlusion (PRO3DLAAO). *Catheter Cardiovasc Interv* 2018. *Epub ahead of print*.
15. Feldman T, Nazari J. Intra-cardiac echo for left atrial appendage occlusion. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018; 91 (2): 362-363.
16. Klettas D, Alcock E, Dworakowski R, et al. Is transnasal TEE imaging a viable alternative to conventional TEE during structural cardiac interventions to avoid general anaesthesia? A pilot comparison study of image quality. *Echo Res Pract* 2017; 4 (1): 1-7.
17. Behnes M, Akin I, Sartorius B, et al. LAA Occluder View for post-implantation Evaluation (LOVE) standardized imaging proposal evaluating implanted left atrial appendage occlusion devices by cardiac computed tomography. *BMC Med Imaging* 2016; 16: 25.
18. Paulsen JM, Smith TW. Echocardiographic Imaging of the Mitral Valve for Transcatheter Edge-to-Edge Repair. *Interv Cardiol Clin* 2016; 5 (1): 17-31.
19. Chrissoheris MP, Halapas A, Papadopoulos K, Spargias K. Transcatheter MitraClip implantation facilitated by transthoracic echocardiography. *J Echocardiogr* 2017. *Epub ahead of print*.
20. Saji M, Rossi AM, Ailawadi G, et al. Adjunctive intracardiac echocardiography imaging from the left ventricle to guide percutaneous mitral valve repair with the MitraClip in patients with failed prior surgical rings. *Catheter Cardiovasc Interv* 2016; 87 (2): E75-82.
21. Cruz-Gonzalez I, Rodríguez-Collado J, Arribas-Jimenez A, et al. First-in-Man Percutaneous Transseptal Closure of Paravalvular Regurgitation After Percutaneous Valve-in-Ring Implantation. *JACC Cardiovasc Interv* 2015; 8 (7): e115-116.
22. Guez D, Boroumand G, Ruggiero NJ, et al. Automated and Manual Measurements of the Aortic Annulus with ECG-Gated Cardiac CT Angiography Prior to Transcatheter Aortic Valve Replacement: Comparison with 3D-Transesophageal Echocardiography. *Acad Radiol* 2017; 24 (5): 587-593.
23. Jain R, O'Hair DP, Bajwa TK, et al. Transthoracic echocardiography is adequate for intraprocedural guidance of transcatheter aortic valve implantation. *Echo Res Pract* 2017; 4 (4): 63-72.
24. Hahn RT, Little SH, Monaghan MJ, et al. Recommendations for comprehensive intraprocedural echocardiographic imaging during TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015; 8 (3): 261-287.
25. Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, Monaghan MJ. Assessment of paravalvular regurgitation following TAVR: a proposal of unifying grading scheme. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015; 8 (3): 340-360.