

Revisión

Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria en cirugía cardiovascular. Documento de consenso de la Sociedad Española de Anestesiología y Reanimación (SEDAR) y Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular (SECCE)

Paula Carmona García^a, Rafael García Fuster^{b,*}, Eva Mateo^c, Sara Badía Gamarra^d, Marta López Cantero^e, Encarna Gutiérrez Carretero^f, M. Luz Maestre^g, Vivian Legname^h, Guillermina Fitaⁱ, Marc Vives^j, Tobias Koller Bernhard^k, Eduardo Sánchez Pérez^l, Jordi Miralles Bagán^m, Stefano Italiano^k, Behenaro Darias-Delbeyⁿ, José María Barrio^o, Javier Hortal^p, José Ignacio Sáez de Ibarra^q y Alberto Hernández^r

^a Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario la Fe, Valencia, España. Miembro del grupo de trabajo en Ecografía de la Sección de Cuidados Críticos de la SEDAR. Coordinadora del grupo de trabajo en Ecocardiografía, transesofágica intraoperatoria de la SEDAR

^b Servicio de Cirugía Cardíaca, Consorcio Hospital General Universitario de Valencia, España. Coordinador del grupo de trabajo en Ecocardiografía, transesofágica intraoperatoria de la SECCE

^c Servicio de Anestesiología y Reanimación, Consorcio Hospital General Universitario de Valencia, Valencia, España

^d Servicio de Cirugía Cardíaca, Hospital Universitario Trías y Pujol, Badalona, España

^e Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario la Fe, Valencia, España

^f Servicio de Cirugía Cardíaca, Hospital, Universitario Virgen del Rocío, Sevilla, España

^g Sección Cardiorráctica, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Sant Pau, Barcelona, España

^h Servicio de Cirugía Cardíaca, Centro Médico Teknon, Barcelona, España

ⁱ Sección Cardiorráctica, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Clínic, Barcelona, España

^j DESA. Sección Cardiorráctica, Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital Universitario Dr Josep Trueta de Girona, España. Miembro del grupo de trabajo en Ecografía de la Sección de Cuidados Críticos de la SEDAR

^k Sección Cardiorráctica, Servicio de Anestesiología, Hospital de la Santa Creu i Sant Pau, Barcelona, España

^l EDAIC. Sección de Cirugía Cardíaca, Servicio de Anestesia y Reanimación, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España. Miembro del grupo de trabajo en Ecografía de la Sección de Cuidados Críticos de la SEDAR

^m Sección Cardiorráctica, Servicio Anestesiología y Reanimación, Hospital Sant Pau, Barcelona, España

ⁿ Servicio Anestesiología y Reanimación, Proceso del Paciente, Cardioquirúrgico, Complejo Hospitalario Universitario de Canarias, Santa Cruz de Tenerife, España

^o Sección Anestesia y Reanimación Cardiovascular, Servicio de Anestesia y Reanimación, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

^p Servicio de Anestesiología y Reanimación, Hospital General. Universitario Gregorio Marañón, Madrid, España

^q Servicio de Cirugía Cardíaca, Hospital Universitario Son Espases, Palma de Mallorca, España

^r Departamento de Anestesia y Cuidados Intensivos, Grupo Policlínica, Ibiza, España. Miembro del grupo de trabajo en Ecografía de la Sección de Cuidados Críticos, de la SEDAR Representante del subcomité de Educación de EACTA, EDAIC, Codirector grupo EchoSim

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

On-line el xxx

Palabras clave:

Cirugía cardiovascular

Ecocardiografía transesofágica

Intraoperatorio

Monitorización hemodinámica

R E S U M E N

La ecocardiografía transesofágica es una técnica semiinvasiva que permite una evaluación de la morfología y función cardíaca a tiempo real y que constituye, a día de hoy, un estándar de calidad en las intervenciones de cirugía cardiovascular. Se ha convertido en una herramienta fundamental tanto de monitorización como de diagnóstico en el perioperatorio que permite la correcta planificación quirúrgica y manejo farmacológico dirigido.

El objetivo de este documento es dar respuesta de forma consensuada y avalada por la evidencia científica de cuándo y cómo debe hacerse la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria en cirugía cardiovascular, qué aplicaciones tiene en el intraoperatorio, quién debe realizarla y cómo debe transmitirse la información obtenida durante el estudio. Los autores han hecho una revisión sistemática de las guías internacionales, artículos de revisión y ensayos clínicos para dar respuesta a estas preguntas.

© 2020 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: garciafusterrafael@gmail.com (R. García Fuster).

<https://doi.org/10.1016/j.circv.2020.03.071>

1134-0096/© 2020 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Intraoperative transesophageal echocardiography in cardiovascular surgery. Consensus document from the Spanish Society of Anesthesia and Critical Care (SEDAR) and the Spanish Society of Endovascular and Cardiovascular Surgery (SECCE)

A B S T R A C T

Keywords:

Cardiovascular surgery
Transesophageal echocardiography
Intraoperative
Hemodynamic monitoring

Transesophageal echocardiography is a semi-invasive technique that allows an evaluation of cardiac morphology and function in real time and it is a quality standard in cardiovascular surgery. It has become a fundamental tool for both monitoring and diagnosis in the intraoperative period that allows decide the correct surgical planning and pharmacological management.

The goal of this document is to answer the questions of when and how the perioperative TEE should be performed in cardiovascular surgery, what are their applications in the intraoperative, who should perform it and how the information should be transmitted. The authors made a systematic review of international guidelines, review articles and clinical trials to answer by consensus to these questions.

© 2020 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Published by Elsevier España, S.L.U.

This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Introducción

El primer uso de ultrasonidos transesofágicos se remonta a 1971 con la medida de flujos en el arco aórtico. Posteriormente, se introduce en 1976 el modo M y en 1977 el modo bidimensional (2D). La época moderna de la ecocardiografía transesofágica (ETE) comienza en 1982 con la introducción de sondas flexibles que permiten la orientación en distintos planos y la obtención de imágenes bidimensionales (2D) y tridimensionales (3D). La ETE es una técnica semiinvasiva que permite una evaluación de la morfología y función cardíaca a tiempo real y que constituye, a día de hoy, un estándar de calidad en las intervenciones de cirugía cardiovascular y que ha demostrado influir favorablemente en el pronóstico postoperatorio de los pacientes intervenidos^{1,2}. Constituye una herramienta fundamental tanto de monitorización como de diagnóstico en el perioperatorio que permite la correcta planificación quirúrgica y valoración de la respuesta del sistema cardiovascular a las intervenciones quirúrgicas y farmacológicas³.

La difusión de la ETE en los procedimientos quirúrgicos cardiovasculares ha hecho que algunas series comuniquen nuevos hallazgos en la exploración ecográfica precirculación extracorpórea (pre-CEC) en un 6-7,7% de los pacientes, requiriendo modificación del plan quirúrgico hasta en un 43,8% de los mismos⁴⁻⁷. Estos hallazgos pueden explicarse por la mejor calidad de imagen de la ETE frente a la ecografía transtorácica (ETT) y/o el tiempo transcurrido entre la ETT preoperatoria y la fecha de la cirugía. Estos mismos estudios arrojan en torno a un 6% de hallazgos no esperados poscirculación extracorpórea (post-CEC) requiriendo en la mitad de estos pacientes la reentrada en CEC^{5,8,9}. Por otra parte, su utilidad e indicación se está extendiendo a distintos contextos perioperatorios y a otro tipo de intervenciones como cirugía torácica, vascular o hepática^{10,11}.

Ante esta situación surge la necesidad por parte de la Sociedad Española de Anestesiología y Reanimación (SEDAR) y Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular (SECCE) de crear un documento de consenso basado en las guías internacionales y práctica habitual para dar respuesta a los siguientes interrogantes¹²: ¿Quién debe realizar la ETE durante la cirugía cardíaca?, ¿Está siempre indicado?, ¿Qué contraindicaciones tiene?, ¿Cómo debe hacerse, debe seguirse una sistemática de estudio de ETE en las intervenciones de cirugía cardíaca?, ¿Qué información debe aportar en cada procedimiento?

El objetivo de este documento es dar respuesta de forma consensuada y avalada por la evidencia científica de cuándo y cómo debe hacerse la ETE perioperatoria, qué aplicaciones tiene en el

intraoperatorio, quién debe realizarla y cómo debe transmitirse la información obtenida durante el estudio. Los autores han hecho una revisión sistemática de las guías internacionales, artículos de revisión y ensayos clínicos para el contenido de este trabajo.

¿Quién debe realizar la ETE intraoperatoria en cirugía cardiovascular? Formación y acreditación

Los continuos y rápidos avances en el diagnóstico y tratamiento de los pacientes con enfermedades cardiovasculares justifican la necesidad de adquirir una formación específica en ETE y su continua actualización de los médicos especialistas en anestesiología y reanimación y otros especialistas implicados en el perioperatorio. Un sólido entrenamiento en el manejo de la ecocardiografía es actualmente de vital importancia en la formación integral del especialista en patología quirúrgica cardiovascular, por lo que se ha de adquirir una amplia formación y experiencia en su utilización, iniciándose durante el periodo de formación de la especialidad.

La acreditación formal en ETE es un estándar para cualquier anestesiólogo cardíaco que trabaje en Canadá, Inglaterra, Australia y EE. UU. En Europa, la Sociedad Europea de Anestesia Cardio-Torácica (EACTA) ha puesto en marcha diferentes programas de acreditación societaria, entre los que se encuentra el de competencias profesionales, que plantea un modelo de certificación basado en la práctica real del profesional, que reconoce los logros obtenidos a lo largo de su trayectoria y que favorece su desarrollo profesional. Recientemente se ha publicado un documento de consenso definiendo las competencias a adquirir para la realización de un programa de formación o *fellowship* en anestesia cardiovascular por parte de la EACTA. Este programa incluye la adquisición de la acreditación en ETE de la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular junto con la Sociedad Europea de Anestesia Cardio-Torácica (EACVI/EACTA). Dichas sociedades han identificado las competencias que debe de tener un profesional y las buenas prácticas que ha de realizar en su puesto de trabajo, así como las evidencias y pruebas que permitirán reconocerlas. Y recomiendan la obtención de la acreditación oficial en ETE (EACVI/EACTA) para la práctica independiente como anestesiólogo cardíaco en Europa. En el documento se expone: «La interpretación y comunicación de hallazgos patológicos mediante la ETE es parte integral de la anestesia cardíaca. Por tanto, la Sociedad Europea de Anestesia Cardio-Torácica (EACTA) y los directores de los programas de *fellowship* consideran la adquisición de conocimiento y práctica avanzada en ETE un requisito obligatorio para los *fellows* en anestesia cardíaca»^{13,14}.

En España la SEDAR y su Sección de Anestesiología Cardiovascular, como institución que representa a los anestesiólogos cardiovasculares en España, suscribe las mismas recomendaciones que la EACTA para aumentar la seguridad y calidad de la atención de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca. Además de la acreditación, la formación en ETE debe tener continuidad y ser constantemente actualizada. Con este objetivo es importante estar en contacto con las unidades de imagen cardíaca de los servicios de cardiología. La comunicación de forma presencial o remota con los servicios de cardiología hospitalaria es primordial como apoyo y para resolver posibles dudas en la toma de decisiones. La toma de decisiones erróneas basada en una incorrecta interpretación de los hallazgos ecocardiográficos puede ser perjudicial para el paciente, así como implicar un riesgo añadido desde el punto de vista legal para el profesional.

En España, por el momento, la capacitación específica mediante programas de formación o *fellowship* en ecocardiografía y/o anestesia cardíaca no está extendida, aunque cada vez existen más cursos presenciales, online y rotaciones específicas en esta área de conocimiento organizados tanto por anestesiólogos como por cardiólogos especialistas en técnicas de imagen.

En conclusión, consideramos que la realización de la ETE en el ámbito perioperatorio de la patología quirúrgica cardíaca corresponde al anestesiólogo responsable con formación específica en anestesia cardiovascular y ETE para el ámbito perioperatorio. No obstante, en función de su nivel de competencia, formación y experiencia pudiera ser necesaria la colaboración de cardiología.

Indicaciones y principales aplicaciones clínicas

Las últimas guías publicadas en 2013 y 2014 por la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE)¹ y la Sociedad Americana de Anestesiólogos Cardiovasculares (SCA)³ y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular (EACVI)^{14,15} establecen que la ETE intraoperatoria se debe realizar en:

- Todos los procedimientos de cirugía cardíaca abierta y cirugía de aorta torácica
- Algunas cirugías de revascularización coronaria
- Los procedimientos transcatéter intracardiaco: Implante transcatéter de válvula aórtica (TAVI), clip mitral, cierre de orejuela, cierre de comunicación auricular, implante de asistencia ventricular y de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO)¹⁶.

De modo general se recomienda en la actualidad la monitorización con ETE durante la cirugía cardiovascular en todo paciente sometido a una intervención cardíaca salvo que exista contraindicación.

Aplicaciones generales en cirugía cardíaca convencional

Valoración en las distintas etapas de la cirugía cardíaca.

Pre-CEC

Antes de entrar en CEC deben ser valorados los siguientes aspectos:

- Contractilidad global y segmentaria de ambos ventrículos.
- Volemia/precarga/gasto cardíaco, presiones arteriales pulmonares y de llenado del ventrículo (VI).
- Valoración anatómica y funcional valvular, y descartar alteraciones valvulares asociadas y no diagnosticadas previamente.
- Evaluación de la presencia de cortocircuitos izquierda-derecha (foramen oval permeable, comunicación interauricular (CIA), comunicación interventricular).

- Valoración de la presencia de trombos, masas, catéteres o vegetaciones.
- Estudio del pericardio: derrame o calcificación.
- Detección de placas de ateroma en aorta que puedan condicionar modificación del lugar de canulación o pinzamiento aórtico.
- Parámetros específicos de la cirugía. Obtención de parámetros y medidas que sean de utilidad en la estrategia quirúrgica (anillo aórtico, senos de Valsalva, unión sinotubular, aorta ascendente, anillo mitral, anillo tricúspide, longitud de velos mitral, grosor septal, etc.).
- Evaluación de la correcta colocación de cánula venosa en vena cava inferior y cánula de cardioplejía retrógrada en seno coronario.
- Detección de derrame pleural y atelectasias y consolidaciones.
- Contractilidad orejuela izquierda.
- Comparación con el estudio preoperatorio.

Durante y tras CEC

- Detección de aire intracavitario para guiar las maniobras de deaireación.
- Evaluación de la precarga para guiar las maniobras de reposición de volumen.
- Evaluación de la función ventricular para guiar el aporte de fármacos y asistencias mecánicas.
- Detección de nuevas alteraciones de la contractilidad.
- Detección de alteraciones valvulares no existentes pre-CEC.
- Descartar la presencia de hematoma periaórtico poscanulación u otras lesiones secundarias a la manipulación quirúrgica.
- Contractilidad orejuela izquierda
- Valoración de los resultados quirúrgicos.
- Evaluación de normoposición del extremo distal del BCIAo.
- Valoración del pulmón (atelectasias) y pleuras (derrame pleural). Transesophageal echocardiography lung ultrasound (TELU).

Aplicaciones en procedimientos específicos

Además de la información obtenida en la monitorización básica, hay que añadir una valoración específica dependiendo del tipo de cirugía que se vaya a realizar.

Cirugía valvular: reparación y recambio

- Normoinserción y estabilidad de la prótesis.
- Valoración de los ostia coronarios.
- Obtención de velocidades y gradientes transpróticos.
- Presencia de fugas intra- o periprotésicas.
- Evaluación de competencia funcional: apertura global y presencia de insuficiencia residual o estenosis posreparación.
- Presencia de obstrucción dinámica en el tracto de salida del VI con o sin insuficiencia mitral (IM).
- Evaluación de CIA residual yatrógena.

Cirugía de la miocardiopatía hipertrófica obstructiva

- Presencia de movimiento sistólico anterior (SAM) residual.
- Descartar comunicación interventricular residual.

Cirugía de la aorta

- Valoración de puertas de entrada/salida de la disección y vasos sanguíneos dependientes de luz verdadera/falsa.
- Competencia de la válvula aórtica (VAo).

Cirugía coronaria con y sin CEC

- Parámetros de monitorización básica y valoración de la contractilidad global y segmentaria antes y después de la revascularización.

Tabla 1
Contraindicaciones para la inserción del ETE

Absolutas	Relativas
Cirugía esofágica reciente	Hernia hiatal sintomática
Divertículo esofágico gigante	Esofagitis grave
Estenosis de esófago	Coagulopatía severa
Tumor esofágico	Varices esofágicas
Hemorragia intestinal alta	Hemorragia intestinal a estudio

Otros procedimientos sin CEC

1. Colocación de asistencias ventriculares.

- Comprobación de la normoposición de las cánulas intracardiacas.
- Control hemodinámico en el manejo de la asistencia ventricular. Información sobre distensión ventricular, falta de volumen o complicaciones trombóticas.

2. Extracción transvenosa de electrodos de dispositivos de estimulación cardíaca.

- Seguimiento del procedimiento.
- Diagnóstico precoz de complicaciones: derrame pericárdico, rotura cardíaca, insuficiencia tricuspídea.

3. Extirpación de tumores intracardiacos.

4. Reparación de aneurismas ventriculares.

5. Tromboendarterectomía pulmonar.

6. Nuevos procedimientos endovasculares (TAVI, implante endovascular clip mitral, tricuspídea, cierre de fugas periprotésicas, cierre de CIA, cierre de orejuela izquierda)

7. Procedimientos vía transapical por toracotomía (TAVI, implante de neocuerdas, cierre de fugas periprotésicas).

Seguridad clínica. Contraindicaciones. Complicaciones

La ETE está considerada una técnica semiinvasiva con bajo riesgo de complicaciones. Sin embargo, hay que tener en cuenta los tipos de incidencias relacionadas con su uso y los factores predisponentes para poder prevenir su aparición. En la visita preanestésica deben ser investigadas las posibles contraindicaciones al examen con ETE y consideradas conjuntamente con la planificación del acto quirúrgico. Las principales contraindicaciones están relacionadas con las patologías de la orofaringe, esófago o estómago. Las contraindicaciones absolutas y relativas están desglosadas en la [tabla 1](#). A pesar de ser considerada una contraindicación relativa, a los pacientes con varices esofágicas de grado 1 o 2, sin episodios recientes de hemorragia, se les puede realizar la ETE con seguridad, pero debe valorarse la necesidad real de los planos transgástricos y evitarse en caso de ser prescindibles para minimizar riesgos innecesarios³.

Las complicaciones están relacionadas con el trauma directo de la vía aérea, fundamentalmente durante su introducción y el calentamiento esofágico durante la utilización de la ETE que puede provocar ulceración en grado variable. El riesgo de posibles complicaciones térmicas o mecánicas ha de tenerse siempre en cuenta y valorar el riesgo beneficio de su utilización y la información que vamos a obtener de ella. Las complicaciones más frecuentes son: odinofagia (0,1%), lesión dental (0,03%), movilización de tubo endotraqueal (0,03%) y sangrado digestivo alto (0,03-0,08%)^{17,18}. En algunos centros se incluye en el consentimiento informado de anestesia para cirugía cardíaca las complicaciones asociadas a la técnica ecocardiográfica, lo cual consideramos recomendable.

Sistemática de estudio. Aspectos técnicos

Cuidados en la introducción de la sonda

Se deben extremar las medidas para evitar la extubación orotraqueal durante la colocación de la sonda mediante la correcta fijación del tubo endotraqueal. Es obligatorio colocar de manera sistemática el protector bucal de mordida, lo que evitará la aparición de algún daño dentario, lingual o de la encía, así como desperfectos en la sonda. Puede aparecer una ligera resistencia a la altura del neumotaponamiento del tubo endotraqueal o de las estructuras glóticas, por lo que la inserción debe ser cuidadosa para evitar lesiones y siempre se recomienda la lubricación abundante. Esta dificultad de paso a través de hipofaringe se suele resolver con la tracción anterior mandibular manual, con la anteflexión de la sonda y ligera lateralización hacia la izquierda por la disposición del esófago o, en algunas ocasiones, con laringoscopia directa. Conviene aspirar el contenido gástrico antes de la inserción de la sonda de ETE para optimizar la imagen ecográfica, sobre todo a nivel de los planos más profundos.

Planos básicos de estudio

Una vez introducida la ETE, el manejo consiste en direccionarla mediante el avance, retroceso y rotación de la sonda. Así nos encontramos 4 niveles de profundidad medidos desde el arco dentario donde situamos los planos ecocardiográficos más utilizados: esófago superior (20-25 cm), esófago medio (30-40 cm), transgástrico (40-45 cm) y transgástrico profundo (45-50 cm). La distancia teórica de los planos ecográficos es aproximada, aunque en la práctica es muy variable. En cada altura se pueden obtener varios planos. La extremidad distal de la sonda es flexible y la proximal, que es fija, está dotada de 2 mecanismos de control que permiten movimientos de anteflexión y retroflexión del transductor, así como desplazamientos laterales. La posición de la extremidad del transductor se dirige mediante los mandos de control, considerando la posición de las cámaras cardíacas respecto al esófago, de manera que la dirección del haz de ultrasonidos sea la deseada para la identificación de cada estructura cardíaca. Todos estos movimientos, junto con la rotación manual de la sonda en sentido horario y antihorario, posibilitan la obtención de la mayoría de los cortes ecocardiográficos.

Las sociedades científicas recomiendan la realización de un análisis sistemático que incluye la exploración de las cavidades cardíacas, los grandes vasos y las válvulas tanto en estudio bidimensional (2D), en modo M y en doppler color y espectral, dejando la Eco-3D para evaluadores más experimentados. Se han establecido 20 planos de estudio que quedan tipificados respecto a la profundidad de la sonda en tubo digestivo en: a) esofágicos superiores, b) esofágicos medios (ME), c) transgástricos (TG), así como respecto al plano de imagen (eje corto y largo en referencia al plano transversal y longitudinal del haz de ultrasonidos)^{1,16,19}.

Además, se han añadido 8 planos, para completar la exploración exhaustiva de estructuras clave en la toma de decisiones quirúrgicas. A continuación se detallan los principales planos, su utilidad y su técnica de estudio, teniendo siempre en cuenta que variaciones antropométricas o circunstancias clínicas de cada paciente pueden variar ligeramente el grado de angulación del transductor o de flexión de la sonda para conseguir el plano que permita la valoración más idónea ([tablas 2, 3 y 4](#)). Se recomienda en la medida de lo posible una exploración sistematizada con todos los planos y colocación de monitor de electrocardiograma continuo. Como estándar de calidad asistencial se recomienda, siempre que sea posible, realizar la grabación de las imágenes para su revisión facilitando la docencia y el aprendizaje así como la calidad asistencial. Esto permitiría comparar con exploraciones previas y posteriores del mismo paciente

Tabla 2
Planos medioesofágicos y esofágicos altos o superiores (ME ES)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
5 cámaras	0-10° ME	Avanzando la sonda en esófago y ante flexión ligera para integrar al TSVI en la imagen de las 4C. Prácticamente el plano aparece solo.	VAo TSVI AI/AD/VD/VI Septo IV VT VM (A ₂ A ₁ -P ₁)
4 cámaras	0-10° ME	Avanzar la sonda y optimizar el ápex del LV mediante ligera retroflexión. Desaparecerán el TSVI y la VAo	AI/AD Septo IA VD VI: paredes IS + AL Septo IV VM (A ₃ A ₂ -P ₂ P ₁) VT (v. ant/postseptal)
Mitral comisural	50-70° ME	Desde el 4C, mantener la misma posición y la VM en el centro. Rotando el ángulo del plano 50-70° hasta que desaparezca AD y VD. Flexione hacia atrás para obtener el ápex del VI	AI Seno coronario VI VM (P ₃ -A ₂ -P ₁) Músculo papilar Cuerdas tendinosas A. circunfleja Valoración mitral (medición anillo intercomisural)

Tabla 2 (continuación)

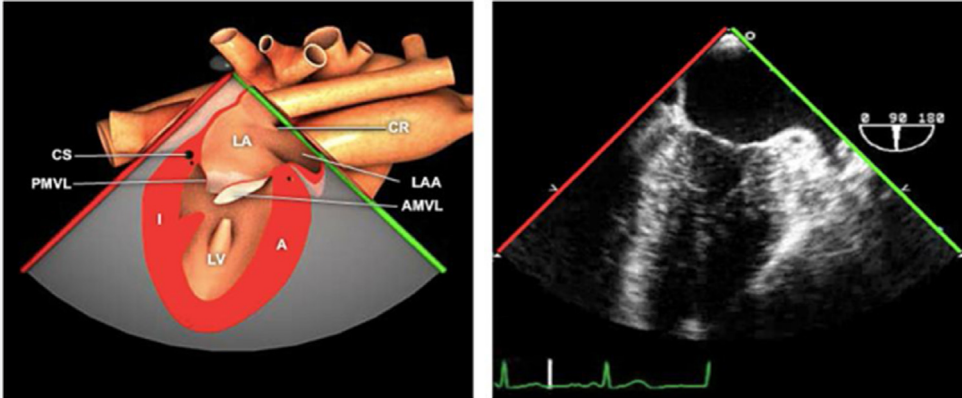
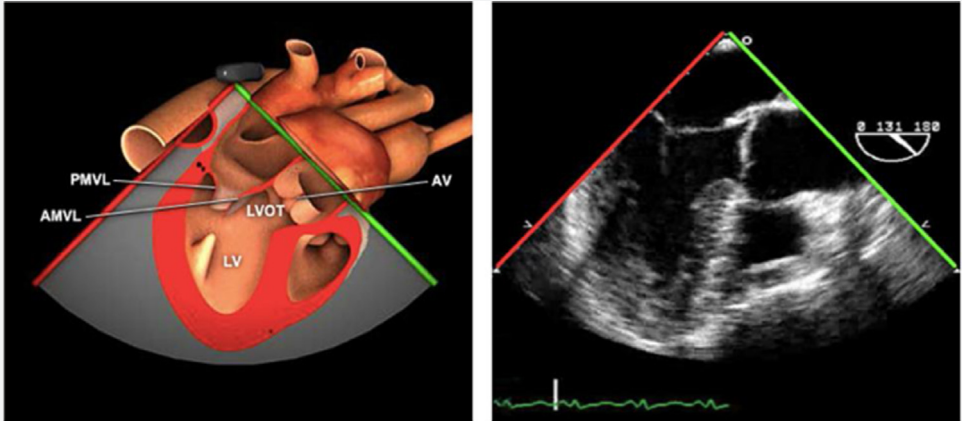
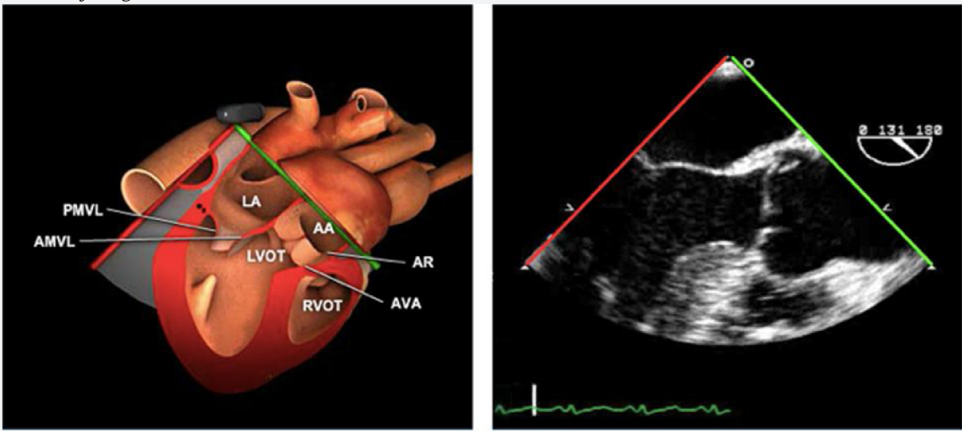
Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
2 cámaras 	80-100° ME	Desde el anterior, totar a 80-100°. Retroflexionar la punta de la sonda para obtener el verdadero ápex del VI, ajuste la profundidad para ver el ápex entero del VI	AI OI Seno coronario VI (Pared ant e Inf) VM (P₃-A₃ A₂A₁) «Cresta cumadínica» que separa la LAA y el LUPV Valoración mitral (medición anillo A-P)
3 cámaras 	120-140° ME	Ligera anteflexión y rotación a partir de 120°. Ajusta la profundidad para mantener todas las estructuras del VI en el plano	AI/VI TSVI TSVD VAo Raíz Ao VM (A₂-P₂)
ME VAo eje largo 	120-140° ME	Desde el plano anterior, retirando hacia afuera para centrarse en la raíz aórtica	AI TSVI TSVD VM (A₂-P₂) VAo y raíz Ao Valoración protésica aórtica, medición anillo, diámetro TSVI, UST y resto de raíz aórtica Valoración SAM

Tabla 2 (continuación)

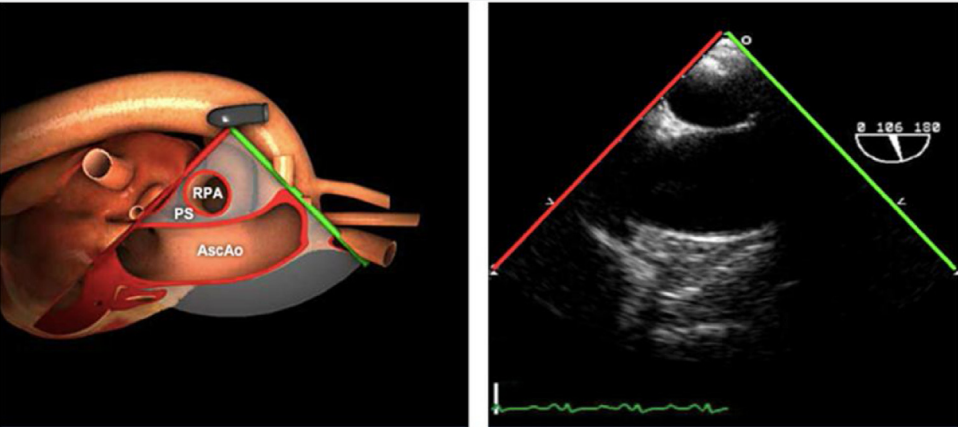
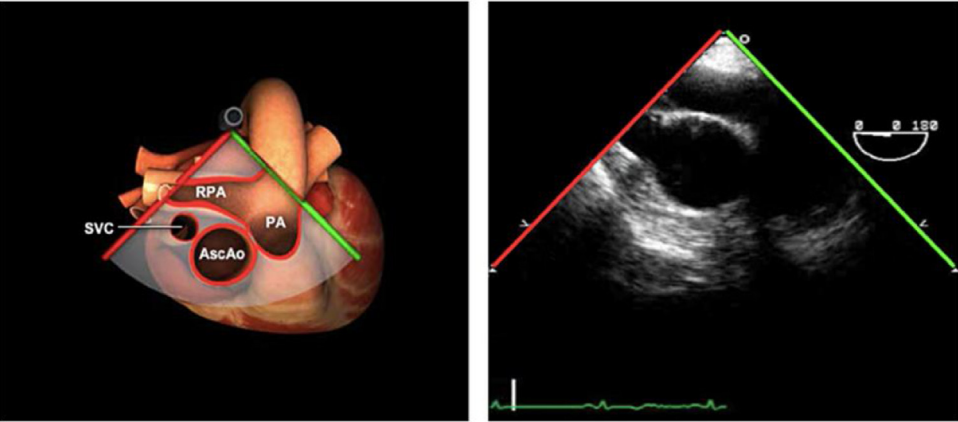
Planos		Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
ME AO ASC eje largo		90-110° ES	Desde el plano ME VAo eje largo (120°), retirando la sonda para traer la arteria pulmonar a la vista. Disminuir el ángulo del plano ligeramente unos 10-20° para que la pared aórtica quede simétrica	Ao Asc media (eje largo) AP derecha Valoración aneurismas y canulación anterógrada
ME AO ASC eje corto		0-30° ES	Desde ME VAo eje corto o eje largo, retirar la sonda (aorta ascendente eje corto), rotando el ángulo del plano a 0°	Ao Asc media (eje corto) AP bifurcándose Cava superior

Tabla 2 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
ME VAo eje corto	20-40° ME	Ligera anteflexión de la sonda la VAo aparece en el centro de la pantalla en eje plano transverso	Válvula aórtica y velos, válvula tricúspide AD, AI y VD Tabique IA Válvula pulmonar Troncos coronarios
ME tracto de entrada y salida VD	60-75°	Desde el plano VAo eje corto avanzamos hasta aproximadamente 70° y se desplegara el tracto de entrada y salida del VD	AI, AD, VAo, Val tricúspide (velo anterior/septal y posterior), Val pulmonar y tracto de entrada y salida del VD

Tabla 2 (continuación)

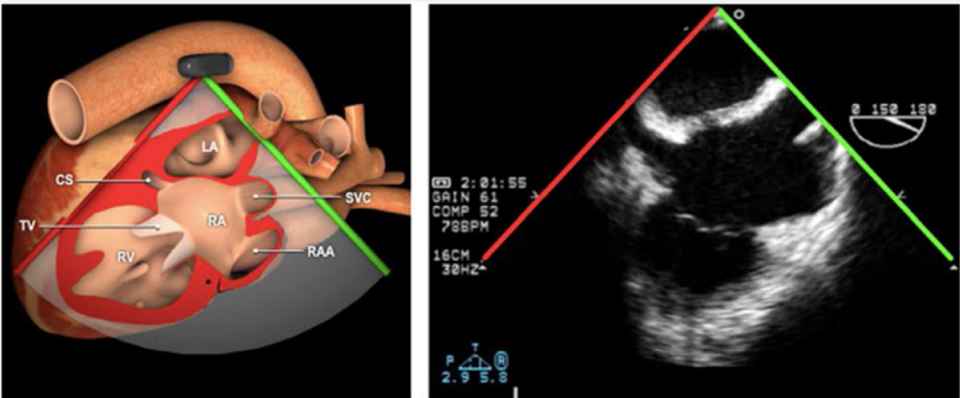
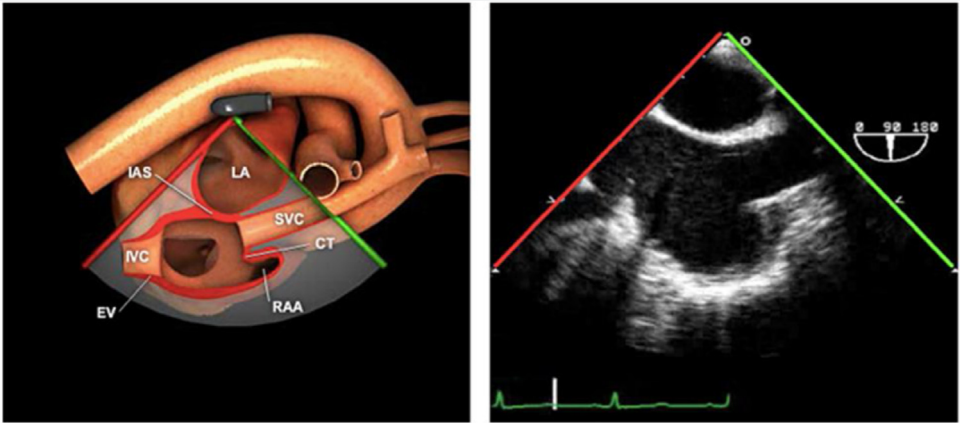
Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
BICAIVA modificado 	50-70°	Desde el plano bicava, incrementar el ángulo a 120° rotando la sonda a la derecha en sentido horario. Intentar centrar la VT en el plano.	AD/VD VT S epto IA (medio) Cava inferior y superior Seno coronario
	ME		Valoración funcional VT, flujo y estimación PsAP
Bicava 	90-110°	Desde el ME 2C (90°) rotando sentido horario (hacia la derecha) Cambie el ángulo o rote la sonda ligeramente para proyectar simultáneamente tanto la IVC (izquierda) como la SVC (derecha)	AI AD Septo IA Cavas Orejuela D Válvula de Eustaquio (EV) (en el límite de la IVC/AD) Cresta terminal (CT) (en el límite de la SVC/AD)
	ME		

Tabla 2 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
ES VVPP	90-110° ES	Retirando hacia ES, girar a la D para VVPP derechas y a la inversa para las Izquierdas	VVPP Arteria pulmonar (eje corto) Medición de flujos y drenajes anómalos
ME orejuela Izquierda	90-110° ME	Desde plano ME 2C (90°) identificar la VM y rotar la sonda a la izquierda disminuyendo la profundidad. Identificar la OI en eje largo y retirar la sonda para explorar la VPSI	OI VPSI (flujo reverso, velocidad..) Valorar AAA Valorar severidad de IM mediante flujo reverso OI

Tabla 3
Planos transgástricos

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
TG basal eje corto	0-20° TG	Avance al estómago y anteflexión hasta que se visualice VI y VM con ambos velos lo más simétricos que sea posible	VI basal VD basal VM (eje corto) (VT eje corto) Complementar valoración VM y alteraciones de la contractilidad.
TG medio eje corto	0-20° TG	Avanzando en profundidad desde plano anterior Centrando el VI mediante el giro de la sonda hacia derecha o izquierda. Se visualizarán ambos músculos papilares	VI Músculos papilares VD Valoración de alteraciones segmentarias de la contractilidad

Tabla 3 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
TG vena hepática	0-20° TG	Desde el estómago, rotando a la derecha, localizar el hígado e identificar VCI. Usar color con un límite de Nyquist bajo para identificar flujo. Retirando la sonda, se verá la VCI drenando en AD y angulando a 40° la vena hepática drenando en VCI	VCI (posición cánula, variación respiratoria, trombo o masa intravascular) Valorar IT severas (inversión componente sistólico)
TG VT basal	0-20° TG	Buscando el TG basal, anteflexión y rotación ligera derecha para centrar el VD, y ajustar el ángulo entre 0-30° para focalizar la VT	VI (medio) VD (medio) TSVD VT VP
TG VD entrada-salida	0-40° TG	Desde el estómago, buscar el TG basal eje corto y rotar la sonda a la derecha con lateroflexión derecha y angulación 0-40°	AD VT VD TSVD VP AP proximal Valorar flujos doppler

Cómo citar este artículo: Carmona García P, et al. Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria en cirugía cardiovascular. Documento de consenso de la Sociedad Española de Anestesiología y Reanimación (SEDAR) y Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular (SECCE). Cir Cardio. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.circv.2020.03.071>

Tabla 3 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
TG profundo 5C	0-20° TG	Lateroflexión izquierda, avance y anteflexión abrazando la mucosa gástrica hasta que el ápex del VI se vea en lo alto de la pantalla. Una excesiva anteflexión obtiene una imagen del plano superior a través de la base del corazón	VI y VD (parcial) Septo IV TSVI VAo y raíz Ao VM AI Valorar ITV del TSVI Valorar leaks, CIV, FEVI
TG 2C eje largo	90-110° TG	Desde el TG medial eje corto, rotando el transductor a 90-100°, con la anteflexión suficiente para que se visualice el VI en horizontal	VI AI VM Orejuela izquierda Complementar valoración VM
TG VD entrada	90-110° TG	Desde la vista medial TG (0°) gire la sonda en sentido horario para situar el VD en el centro Rote el ángulo del plano hasta los 90° Anteflexionar hasta que el VD quede horizontal	VD AD VT Complementar valoración de VT

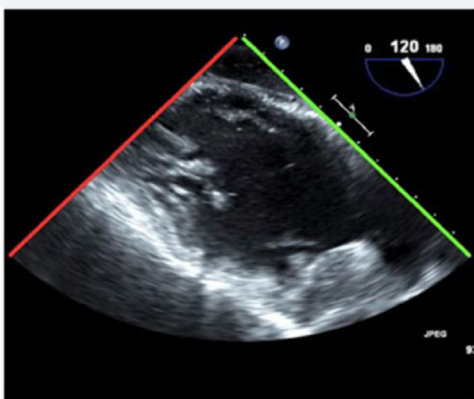
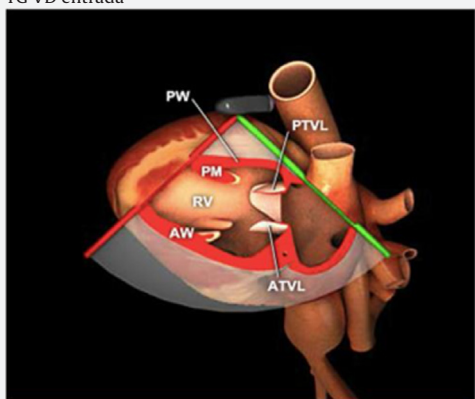
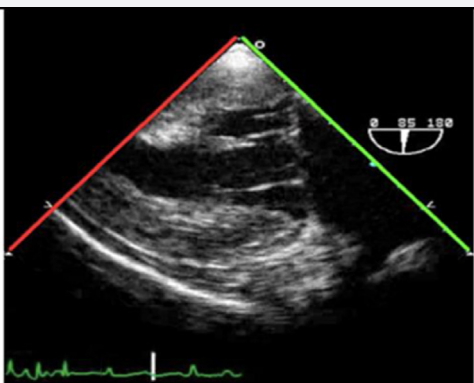
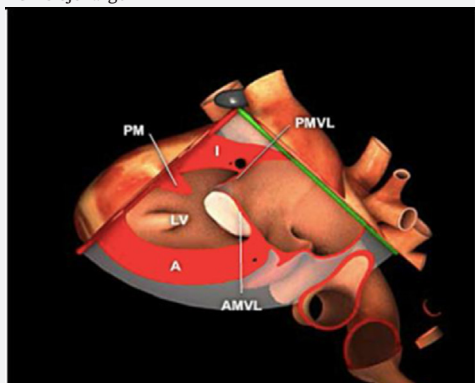
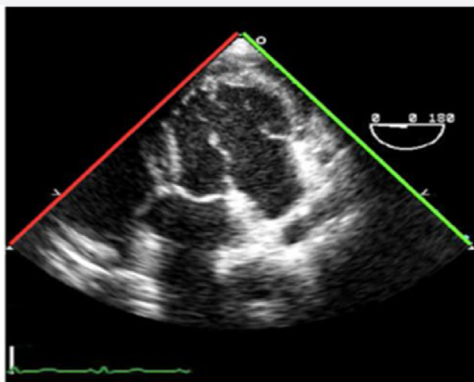
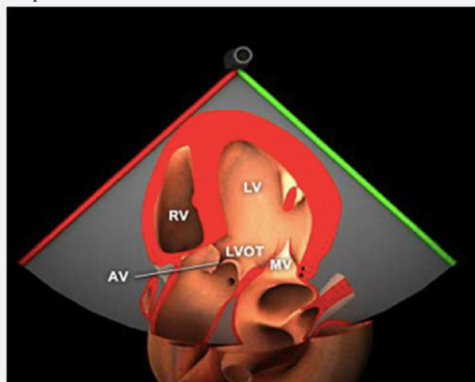


Tabla 3 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
TG eje largo	120-140° TG	Desde TG 2 cámaras (90°), rotando en antihorario y angulando a 110-120° La VAo se visualizará en el lado derecho de la pantalla, ajustando la profundidad	VI TSVI VAo VM Raíz aortica VD (parcial) (Equivalente al plano paraesternal de ETT)
Ao DESC eje corto	0-10° TG-ME	Sin flexión Rotación hacia posterior girando la sonda hacia la izquierda. Posicionar la Ao en el medio de la pantalla y disminuir la profundidad a 5 cm	Ao desc Tórax izquierda Ácigos hemiácigos Valorar patología Aorta

Tabla 3 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
Ao DESC eje largo	90-100° TG-ME	Posición igual a previa pero angulando el transductor	Ao desc Tórax izquierdo Valorar Derrames pleurales izq y patología aórtica.
ES arco Ao eje largo	0-10° ES	Desde la vista ME de la aorta descendente (0°) Retirando la sonda hasta que la aorta cambie a forma ovalada Gire la sonda ligeramente hacia la derecha	Arco Ao V innominada Mediastino Valorar arco Ao

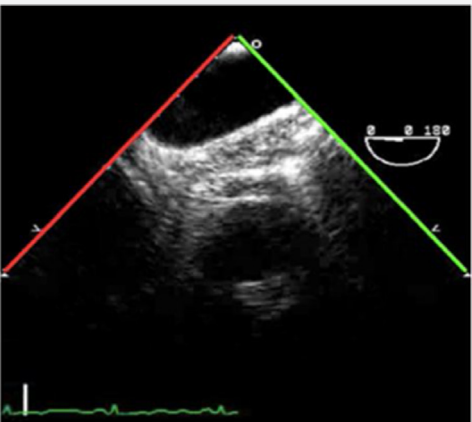
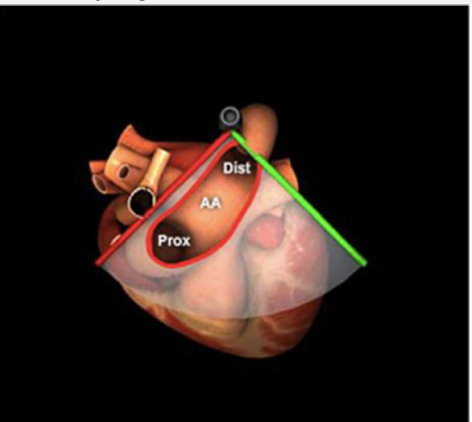
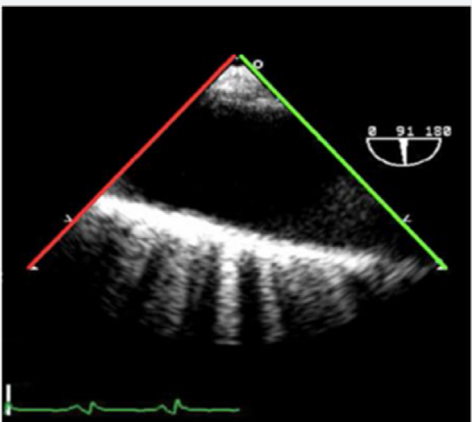
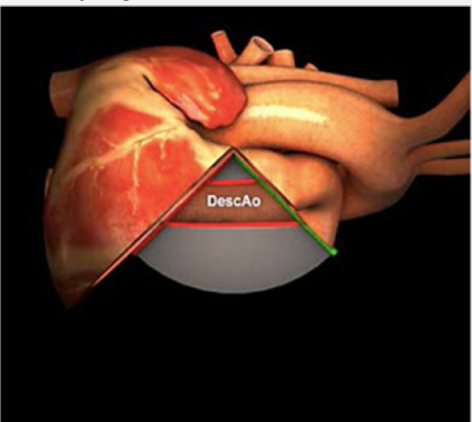


Tabla 3 (continuación)

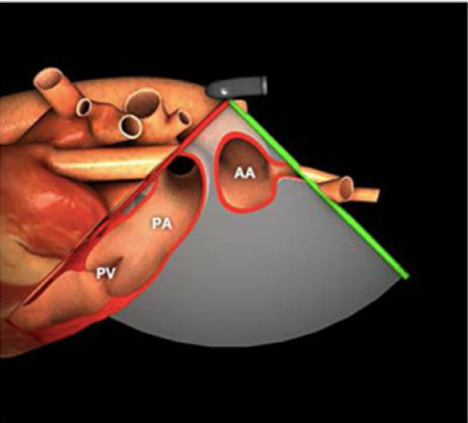
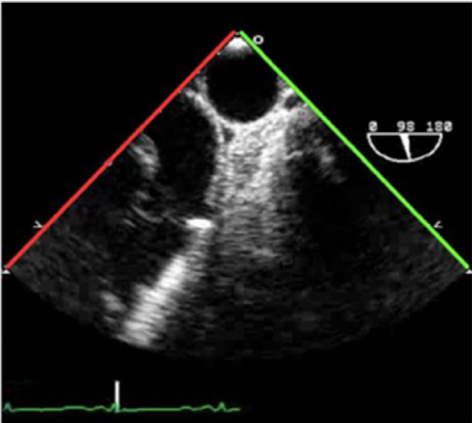
Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
ES arco Ao eje corto 	70-90° TG-ME	Desde el plano ES del arco aórtico, rotar el ángulo del plano hasta los 60-90° Traer la válvula pulmonar y la arteria pulmonar a la vista	Arco Ao V. innominada A. pulmonar Válvula pulmonar Mediastino
			

Tabla 4
Planos grandes vasos

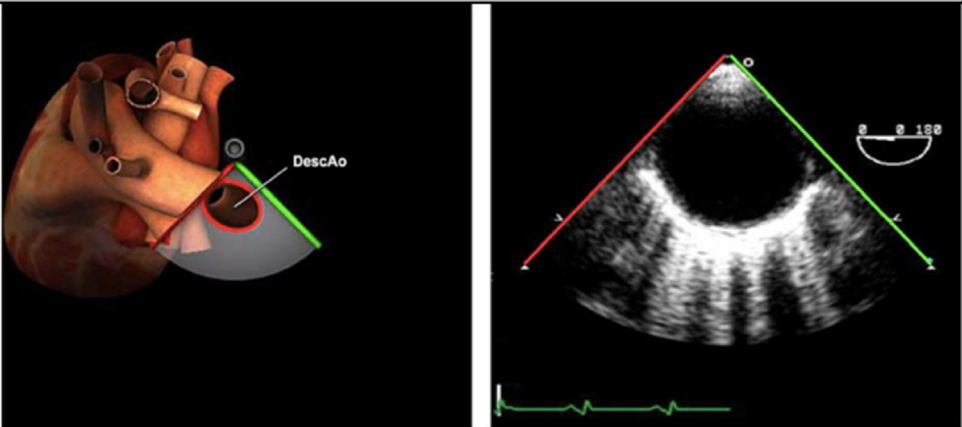
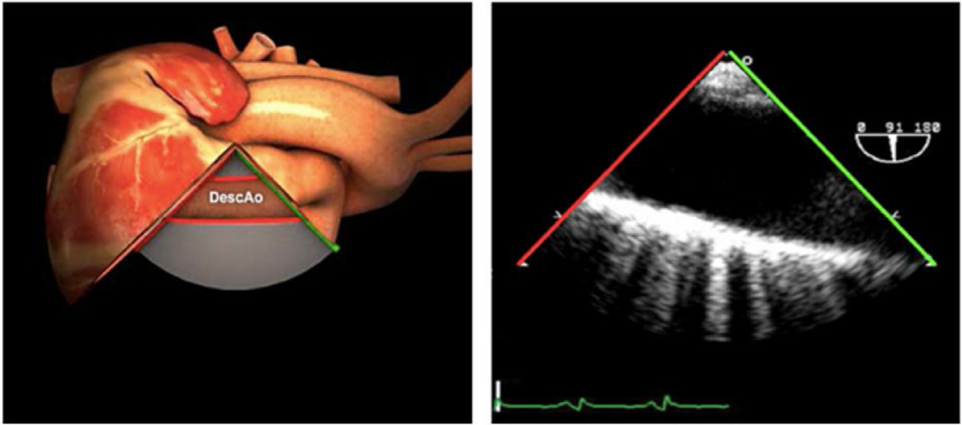
Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
Ao DESC eje corto 	0-10° TG-ME	Sin flexión Rotación hacia posterior girando la sonda hacia la izquierda. Poner la Ao en el medio de la pantalla y disminuir la profundidad a 5 cm	Ao desc Tórax izquierdo Ácigos hemiácigos Valorar patología aorta
Ao DESC eje largo 	90-100° TG-ME	Posición igual a previa pero angulando el transductor	Ao desc Tórax izquierdo Valorar derrames pleurales izquierdos y patología aórtica

Tabla 4 (continuación)

Planos	Angulación nivel	Maniobra	Estructuras
ES arco Ao Eje largo	0-10° ES	Desde la vista ME de la aorta descendente (0°) Retirando la sonda hasta que la aorta cambie a forma ovalada Gire la sonda ligeramente hacia la derecha	Arco Ao V innominada Mediastino Valorar arco Ao
ES arco Ao eje corto	70-90° TG-ME	Desde el plano ES del arco aórtico, rotar el ángulo del plano hasta los 60-90°. Traer la válvula pulmonar y la arteria pulmonar a la vista	Arco Ao V. innominada A. pulmonar Válvula pulmonar Mediastino

AAA: arteria aorta ascendente; AD: aurícula derecha; AI: aurícula izquierda; AP: arteria pulmonar; CIV: comunicación interventricular; CT: cresta terminal; ES: esofágico superior; FEVI: fracción eyección ventrículo izquierdo; IAo: insuficiencia aórtica; IV: interventricular; ME: medioesofágico; OI: orejuela izquierda; PsAP: presión sistólica de arteria pulmonar; TG: transgástrico; TIA: tabique interauricular; TSVD: tracto de salida del ventrículo derecho; TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo; UST: unión sinotubular; VAo: válvula aórtica; VCI: vena cava inferior; VCS: vena cava superior; VD: ventrículo derecho; VE: válvula Eustaquio; VI: ventrículo izquierdo; VM: válvula mitral; VP: válvula pulmonar; VPSI: Vena pulmonar superior izquierda; VPSD: Vena pulmonar superior derecha; VT: válvula tricúspide; VVPP: venas pulmonares.

Tablas 2, 3 y 4: adaptado con autorización: <http://pie.med.utoronto.ca/TEE/index.htm>

analizando los diversos momentos de la intervención y comprendiendo los cambios clínicos evolutivos durante el postoperatorio.

Exploración ecográfica de las estructuras cardiacas:

Válvula mitral. La exploración ecográfica de la válvula mitral se realiza como parte de la del aparato valvular mitral, compuesto por el anillo mitral, los velos (anterior y posterior), las cuerdas tendinosas y los músculos papilares del VI. Los velos anteriores y posteriores se han dividido de acuerdo a la clasificación de Carpentier en segmentos A1, A2, A3 y P1, P2, P3 respectivamente siendo A1 y P1 los más anteriores.

Se debe analizar y describir las características anatómicas del aparato valvular, identificar la lesión o lesiones, determinar el mecanismo causante y el grado de insuficiencia (tabla 5).

La válvula mitral se explora en los siguientes planos:

- Plano medioesofágico 4 cámaras. Nos permitirá la evaluación del velo anterior y posterior (A3-A2 y P2-P1), el punto de coaptación de ambos, exploración de las cuerdas tendinosas y músculos papilares. En este plano podemos medir el área y altura de *tenting* en los casos de IM isquémica o funcional así como la identificación de prolapsos. Mediante doppler color y doppler espectral podemos analizar los flujos entrantes y regurgitantes así como el gradiente valvular.
- Plano medioesofágico 5 cámaras. Observamos el TSVI y la válvula mitral con los festones A1-A2 y P1-P2.
- Plano medioesofágico 2 cámaras. Nos permite la identificación de los distintos festones del velo anterior y posterior
- Plano medioesofágico bicomisural. Nos permite identificar los festones P1-A2-P3 desde la derecha hacia la izquierda.
- Plano medioesofágico eje largo. Nos permite identificar los festones P2-A2. En este plano se puede medir la longitud de A2 para la estimación del anillo mitral. La medición del anillo mitral se realiza en este plano desde la inserción del velo posterior hasta la base de la VAo en sístole. Diámetros superiores a 40 mm indican dilatación.
- Plano transgástrico 0° plano basal.
- Plano transgástrico eje largo 2 cámaras.

La exploración de la válvula mitral debe incluir la evaluación de la función biventricular, válvula tricúspide (VT) morfológica y funcionalmente, así como la estimación de presiones sistólicas pulmonares. Los mecanismos de la regurgitación se muestran en tabla 5.

La identificación de masas intraauriculares es indicación de su extracción en la cirugía mitral.

Válvula aórtica. La VAo es parte de la raíz aórtica que se extiende desde el anillo de la VAo hasta la unión sinotubular, con los senos de Valsalva entre ambas estructuras. La patología puede afectar a cualquiera de estos componentes y al tracto de salida del VI. El examen de la raíz y la VAo se realiza en los siguientes planos:

- Plano medioesofágico VAo eje corto. Permite analizar la anatomía de los 3 velos valvulares y la salida del tronco coronario izquierdo y menos frecuentemente la del tronco coronario derecho en una posición algo más superior.
- Plano medioesofágico VAo eje largo. Permite analizar el septo interventricular, TSVI, la raíz aórtica (incluye anillo, válvula, senos de Valsalva y unión sinotubular) y aorta ascendente. En este plano la exploración con doppler color permite analizar flujos regurgitante o turbulentos, dirección y severidad. Podemos realizar mediciones de todos los elementos implicados y determinar movilidad de los velos y la relación entre ellos para determinar

prolapsos o restricciones. El diámetro del TSVI se mide 5 mm por debajo del anillo aórtico.

- Plano transgástrico profundo 5 cámaras. Este plano permite la evaluación de la VAo mediante doppler color y mediante doppler espectral dado que la imagen está alineada con el flujo sanguíneo y podremos medir gradientes valvulares y volumen sistólico eyectado latido a latido.
- Plano transgástrico eje largo. En este plano podremos estar alineados con el flujo para medición de velocidades.
- Evaluación de aorta ascendente mediante planos de grandes vasos y ME VAo eje largo. La exploración con doppler color nos permitirá la identificación de flujos anómalos y caracterización de patología tal como: disección de aorta, hematomas intramurales, placas complejas ateromatosas.

Válvula tricúspide. El examen de la VT se realiza en los siguientes planos:

- Plano medioesofágico 4 cámaras. Desde este plano en ocasiones es necesario avanzar ligeramente y anteflexionar la sonda para una correcta visión de la VT. A nivel infradiaphragmático es la localización recomendada para la medición del diámetro del anillo tricúspideo. En este plano se observa el velo anterior o posterior y a la derecha el velo septal de la misma.
- En plano bicava también se puede obtener una visión de la VT así como mediante doppler color identificar flujos regurgitantes o estenóticos. En caso de flujos regurgitantes mediante doppler espectral estaremos alineados con el flujo para la valoración cualitativa y estimación de presión sistólica pulmonar.
- En el plano ME tracto de entrada y salida del VD también se puede observar la VT con la identificación de sus velos, anterior/septal y posterior.
- En planos transgástricos, TG entrada VD y TG eje corto de la VT podremos analizar la anatomía y movilidad de sus 3 velos.

Válvula pulmonar. La evaluación ecográfica mediante ETE de la VP es difícil. Se realiza en los siguientes planos:

- Plano medioesofágico tracto de entrada y salida VD. En este plano se evalúa el tracto de salida del VD así como los velos de la válvula pulmonar.
- Plano transgástrico tracto de entrada y salida del ventrículo derecho (VD).
- Plano ME Aorta ascendente eje corte y eje largo y plano esofágico alto arco aórtico eje corto. En estos planos la válvula pulmonar y salida del tronco de la arteria pulmonar pueden observarse, aunque son estructuras difíciles de identificar. Una vez identificadas, la alineación con el flujo suele ser favorable y, por tanto, realizarse la medición de velocidades.

Ventrículo izquierdo. La evaluación de la morfología y función del VI es una parte importante en el intraoperatorio. El grado de disfunción ventricular, además de ser un predictor de resultados clínicos, ayuda a la estratificación del riesgo y de las intervenciones terapéuticas. La ETE permite una valoración de la función global y segmentaria a través del análisis del engrosamiento de los segmentos, tamaños y volúmenes ventriculares²⁰. Es recomendable la realización de estudios cuantitativos y cualitativos de la función del VI.

La valoración del VI se realiza mediante las siguientes vistas:

- Plano medioesofágico 4 cámaras.
- Plano medioesofágico 2 cámaras.
- Plano medioesofágico 3 cámaras.

Tabla 5
Mecanismo de insuficiencia mitral

Tipo I	Tipo II	Tipo III
Velos con movilidad conservada y/o anillos dilatados Ej: Endocarditis, perforación de velo mitral, dilatación anular en AI dilatadas	Velos con excesiva movilidad Ej: Enfermedad de Barlow, deficiencia fibroelástica	Velos con movilidad reducida 3A: Fusión y calcificación del aparato subvalvular. Ej: Enfermedad reumática 3B: Velos con movilidad reducida por dilatación ventricular simétrica 3C: Velos con movilidad reducida de forma asimétrica

- Plano transgástrico eje corto: En este plano a nivel medial podemos visualizar los segmentos irrigados por los 3 vasos principales.
- Plano transgástrico eje largo.

Se recomienda la inspección de todos los segmentos en los planos indicados para la detección de alteraciones de la contractilidad segmentaria con una correcta visualización del endocardio y evitando el acortamiento del ápex.

Los métodos utilizados más frecuentemente para cuantificar la función sistólica son la estimación de la fracción de eyección mediante el método de Simpson, fracción de acortamiento, fracción de cambio de área y métodos que cuantifican la velocidad tisular del miocardio mediante doppler tisular.

En 2016 la Sociedad Americana de Ecocardiografía y la Asociación Europea de Imagen Cardiovascular crearon un documento de consenso para la evaluación de la función diastólica que simplificó esta valoración, proporcionando algoritmos que hacían que la valoración intraoperatoria fuese más simple y a la vez más eficiente²¹, recomendando que el estudio de la función diastólica del VI se debería utilizar para identificar aquellos pacientes con elevadas presiones de llenado²². Estos algoritmos ofrecen una combinación óptima de índices para clasificar la función diastólica y se basan en la determinación de parámetros ecocardiográficos en 2 grupos de pacientes: los pacientes con FEVI conservada y los pacientes con FEVI deprimida. La disfunción diastólica se ha observado como predictor de incremento de la mortalidad perioperatoria, ventilación mecánica prolongada e incremento de la estancia en la UCI independientemente de la función sistólica tras cirugía cardíaca²³.

Los parámetros ecocardiográficos de función diastólica que se utilizan en la actualidad son:

- Doppler pulsado del flujo transmitral, registrado en el VI, en el punto de apertura de las valvas mitrales: velocidad de las ondas E y A.
- Doppler tisular del anillo mitral: *velocidad de excursión del anillo mitral (e')*.
- Doppler pulsado de las venas pulmonares: patrón de flujo.
- Doppler del flujo transtricuspidéico: velocidad del jet de regurgitación tricuspídea
- Volumen indexado de la aurícula izquierda (mL/m²)

Ventrículo derecho. La forma triangular e irregular del VD así como la trabeculación de su interior con escasa definición del endocardio hace que su evaluación morfológica y funcional sea difícil mediante ecografía.

La evaluación del mismo se realiza en los siguientes planos:

- Plano medioesofágico 4 cámaras. Se visualiza la pared libre del VD.
- Plano medioesofágico tracto de entrada y salida del VD.
- Plano medioesofágico bicava.
- Plano transgástrico eje corto y largo enfocado sobre VD donde se puede observar el VD, VT y aparato subvalvular.
- Plano transgástrico profundo tracto de entrada del VD.

- Plano transgástrico profundo focalizado en VD

La evaluación de la función sistólica se realiza mediante medidas cuantitativas de función global sistólica como el cambio fraccional de área (FAC), y acortamiento longitudinal como la excursión sistólica del anillo tricuspídeo (TAPSE) y la medición de la velocidad sistólica mediante doppler tisular del anillo tricuspídeo (S'). Es importante reseñar que la cuantificación de TAPSE y S' tras CEC no son valorables para cuantificar la función global del VD^{24,25}.

La evaluación de los diámetros ventriculares derechos, el movimiento del septo y la posición del ápex son indicadores indirectos de la función del VD en el intraoperatorio tras salida de CEC.

Parámetros de estudio

Utilidad durante el periodo previo a la circulación extracorpórea
Confirmación de la patología programada para tratar y detección de otras alteraciones. Un examen ecocardiográfico adecuado pre-CEC o preintervención permite validar la indicación preoperatoria de cirugía y detectar hallazgos nuevos subsidiarios de intervención.

En función del tipo de cirugía remarcamos las siguientes consideraciones:

- En la ETE pre-CEC, además de encontrar nuevos hallazgos patológicos que puedan generar un cambio en la indicación programada, se deben explorar alteraciones que obligan al cirujano a modificar su práctica habitual: la presencia de una insuficiencia aórtica (IAo) mayor de ligera puede dificultar la protección miocárdica mediante la administración de cardioplejia anterógrada, requiriendo otras estrategias como la administración retrógrada a través del seno coronario²⁶. La identificación de hipertrofia concéntrica o excéntrica y de la función sistólica y diastólica basal resulta imprescindible para predecir dificultades en la salida post-CEC y optimizar el tratamiento farmacológico y protección miocárdica mediante la cardioplejia.
- El daño neurológico es una de las complicaciones más importantes tras la cirugía cardíaca. Su etiología es multifactorial y la ETE tiene un papel esencial en la detección de las placas ateromatosas aórticas, ya que es más sensible que la palpación de la aorta^{27,28}. La presencia de placas importantes con elementos móviles puede determinar un cambio de la estrategia quirúrgica, modificar el lugar de colocación de la cánula aórtica y pinzamiento aórtico, la utilización de cánulas arteriales con filtros de protección e incluso la realización de la cirugía sin CEC o sin pinzamiento, en el caso de que el procedimiento lo permita. Una de las limitaciones de la ETE es la limitada visualización de la porción distal de la aorta ascendente y la región proximal del arco aórtico debido a la interposición de la tráquea y del bronquio principal izquierdo²⁹. La presencia de placas significativas a nivel de aorta descendente pueden determinar la contraindicación de implantación de BCIAo o establecimiento de CEC vía periférica.
- Valvulopatía mitral. La corroboración del mecanismo de IM así como la determinación de los festones afectados es fundamental. La cuantificación de la IM por ETE pre-CEC se correlaciona

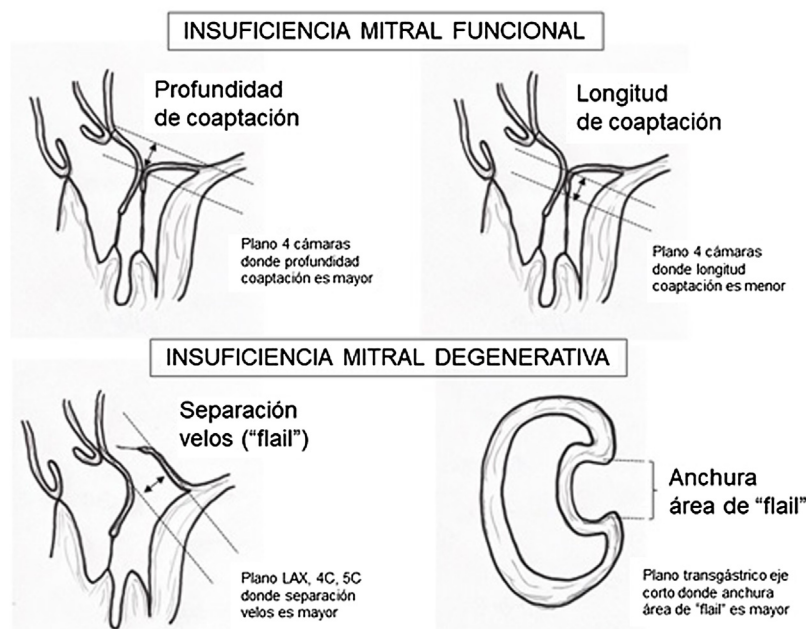


Figura 1. Parámetros que describen la insuficiencia mitral funcional y degenerativa.

en gran medida con el estudio transtorácico (ETT) preoperatorio cuando el mecanismo de la lesión es una rotura de cuerda tendinosa o de músculo papilar, pero esta concordancia es menor cuando el mecanismo predominante de la lesión es degenerativo o funcional. Las condiciones hemodinámicas asociadas a la anestesia general determinan una infraestimación de la IM, particularmente en pacientes con IM isquémica que es necesario tener en cuenta en nuestra exploración^{30,31} (fig. 1). La administración de volumen y vasoconstrictores (fenilefrina o efedrina) permite restaurar las condiciones fisiológicas y realizar una adecuada valoración de la severidad y del mecanismo que la origina.

- Valvulopatía aórtica. En los pacientes con estenosis aórtica severa el diagnóstico se confirmará mediante el análisis de la válvula con ecocardiografía 2D en un plano medioesofágico eje corto y estimación de gradientes en planos transgástricos. En el plano medioesofágico eje largo de la VAO se obtendrá información sobre el TSVI, la VAO y la raíz de la aorta y permitirá diferenciar la patología valvular de la supra- y subvalvular, descartando rodetes subaórticos e hipertrofia septal que puedan condicionar gradientes subaórticos y ser subsidiarios de cirugía en el mismo procedimiento. La cuantificación de la IAO por ETE pre-CEC concuerda de forma parcial con el ETT preoperatorio pero es muy fiable la valoración del mecanismo de la IAO mediante la valoración de la movilidad de los velos y la dirección del chorro de regurgitación^{32,33}. La determinación de prolapso, fenestraciones, asimetría de las comisuras, distribución del calcio son variables importantes para predecir la reparabilidad de la VAO³⁴.
- En la cirugía de aneurisma de aorta ascendente, la ETE pre-CEC confirma la dilatación de la aorta en el plano medioesofágico eje largo y la asociación o no de IAO así como la determinación de las medidas del anillo, senos de Valsalva y unión senotubular³⁵. En las disecciones aórticas tipo A nos permite identificar el flap intimal, el sitio de entrada, diferenciar la luz verdadera de la falsa y la detección de trombo intramural. También deben evaluarse las complicaciones asociadas a la disección como derrame pericárdico que puede condicionar taponamiento; la presencia y severidad de IAO y alteraciones de la contractilidad segmentaria por afectación de una arteria coronaria³⁶.
- En la cirugía mínimamente invasiva la asistencia mediante ETE para la correcta colocación de las cánulas venosas en vena cava

inferior y superior mediante la visualización de guías y cánulas en plano medioesofágico bicava resulta de gran ayuda. La visualización de la guía en aorta descendente confirma la correcta introducción de la cánula arterial en arteria femoral^{37,38}.

- La detección de trombos en orejuela izquierda podría determinar su extracción si la cirugía implica apertura de cavidades o incluso el cierre de orejuela en pacientes con factores de riesgo, aunque su indicación sistemática es controvertida³⁹.

Mediciones ecográficas de utilidad intraoperatoria pre-CEC. Las mediciones ecográficas recomendadas según el tipo de cirugía son las siguientes:

- En la cirugía reparadora mitral, deberán hacerse las siguientes mediciones: longitud de velo mitral anterior (A2) en un plano medioesofágico eje largo, que se correlaciona con el tamaño del anillo a implantar⁴⁰.
- En la IM isquémica la medida de la altura y del área de «tenting» y la longitud del anillo ayuda a predecir el éxito de la reparación⁴¹.
- La determinación de predictores de fracaso de reparación mitral y complicaciones con el SAM con obstrucción del TSVI es esencial. Tales medidas son: la distancia septo-punto de coaptación (predictor de riesgo cuando mide < 2,5 cm), longitud de velo posterior (en plano ME 5 cámaras eje largo > 1,5 cm) y relación de longitud velo A/P < 1,4 cm, hipertrofia septal (> 1,5) con cavidad ventricular pequeña (diámetro < 4,5 cm)⁴².
- El diámetro del anillo tricúspide en telediástole, en un plano medioesofágico 0° 4 cámaras a nivel infradiaphragmático, cuando es mayor de 40 mm o 21 mm/m² está indicada la reparación tricúspide a pesar de que no esté presente una insuficiencia significativa⁴³.
- La medición del anillo aórtico en un plano medioesofágico eje largo se correlaciona aceptablemente con las dimensiones anatómicas⁴⁴.

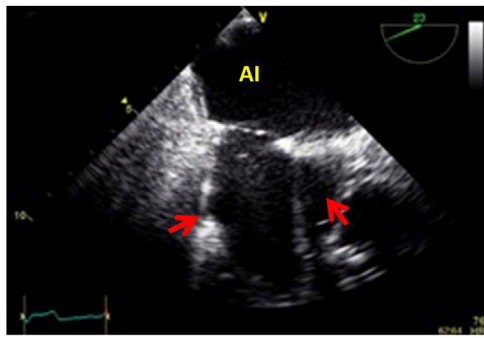


Figura 2. Plano mediesofágico VAO eje corto modificado en el que se observa en AI una burbuja de gran tamaño. La ETE ayuda a orientar el purgado de aire.

Tabla 6

Diagnóstico etiológico de disfunción ventricular tras CEC

- Miocardio aturrido tras tiempo de pinzamiento aórtico prolongado
- Preservación miocárdica subóptima de VD y/o VI
- Revascularización coronaria incompleta
- Afectación mecánica de injertos coronarios
- Embolismo aéreo

Tabla 7

Diagnóstico diferencial etiológico de aparición de nuevas alteraciones de la contractilidad segmentaria tras CEC

- Espasmo coronario
- Embolismo aéreo
- Anastomosis coronarias estenóticas
- Obstrucción mecánica de injertos
- Obstrucción mecánica de arteria circunfleja en cirugía mitral
- Oclusión de vasos coronarios por movilización de material embolígeno

Utilidad en el periodo posterior a la circulación extracorpórea (post-CEC)

El papel del ETE específicamente tras la salida de CEC y ante pacientes con inestabilidad hemodinámica resulta de vital importancia para diagnosticar las causas y tratarlas de forma dirigida.

Utilidad en el shock postcardiotomía. La evaluación hemodinámica mediante la ETE nos va a proporcionar información tanto de la etiología de la inestabilidad hemodinámica (hipovolemia, depresión miocárdica, disfunción valvular), como de la orientación terapéutica (carga de volumen, uso de inotrópicos o vasoconstrictores, nuevo bypass o corrección quirúrgica de un defecto protésico o una reparación subóptima) como de la respuesta al tratamiento⁴⁵ (fig. 2).

Muchos de los pacientes sometidos a cirugía cardíaca presentan disfunción ventricular previa a la cirugía y otros con función ventricular normal pueden presentar alteraciones transitorias o permanentes tras el procedimiento, por lo que la valoración de la función sistólica y diastólica biventricular basal es un aspecto fundamental.

La aparición de disfunción ventricular *de novo* tras la salida de CEC, tanto izquierda como derecha, obliga a plantearse los distintos diagnósticos (tabla 6).

Si la disfunción ventricular se acompaña de alteraciones de la contractilidad segmentaria o aparecen nuevos defectos sin disfunción sistólica marcada es necesario plantearse los siguientes diagnósticos (tabla 7):

Cerrada la cardiotomía, el purgado de aire intracardiaco es importante para evitar embolias coronarias que pueden ser la causa de disfunciones ventriculares transitorias, alteraciones de la contractilidad segmentaria y cuadros de severa inestabilidad hemodinámica (fig. 3).

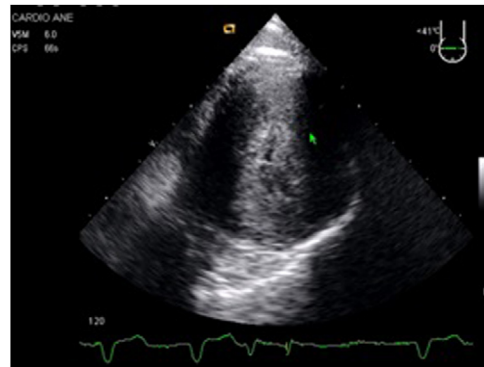


Figura 3. Plano transgástrico eje corto. Se observa VI con severa hipertrofia y con signos de obliteración de la cavidad intraventricular, imagen típica de "kissing walls" (beso de las paredes).

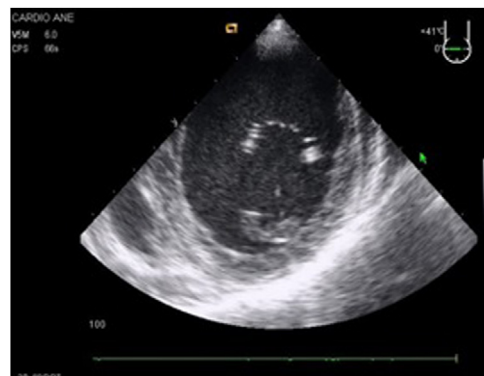


Figura 4. Plano transgástrico eje corto. VI de grandes dimensiones telediastólicas y telesistólicas.

Ante disfunciones graves ventriculares sin respuesta adecuada a fármacos inotrópicos será necesario el uso de dispositivos mecánicos como el BCIAo o asistencias mecánicas ventriculares (ej.: ECMO). En estos casos, la ETE permite la colocación guiada de las cánulas y confirma el correcto funcionamiento del dispositivo. Los planos adecuados son el plano mediesofágico de aorta descendente que permite comprobar la correcta colocación del BCIAo a unos centímetros por debajo de la salida de la subclavia izquierda⁴⁶.

Consideraciones especiales sobre la valoración de la volemia. La ETE es un excelente método para valorar el estado de la volemia intraoperatoriamente⁴⁷. Una de las causas frecuentes de inestabilidad tras salida de CEC es la depleción de volumen. Los principales parámetros para valorar la volemia mediante ETE son las siguientes^{47,48}:

- Índices estáticos de valoración de la volemia:
 - Reducción de los diámetros y áreas del VI: Existe una buena correlación lineal entre los cambios en la superficie telediastólica del VI (STDVI) (en el eje corto transgástrico mediopapilar) y cambios en el volumen sistólico en casos de hipovolemia, incluso en pacientes con baja fracción de eyección⁴⁹.
 - VI de contractilidad vigorosa, que junto con la reducción de la superficie telesistólica da la imagen típica de «kissing walls o kissing paps» (obliteración de la cavidad, con paredes que se tocan). La hipovolemia puede dar la falsa impresión de hipertrofia ventricular (figs. 4 y 5).
 - Gran oscilación del tabique interauricular durante los 2 tiempos respiratorios⁵⁰.
 - Medidas indirectas de presión elevada en AI⁵¹:
 - o Onda E (patrón transmitral) < 60 cm/s se correlaciona con presiones telediastólicas bajas.

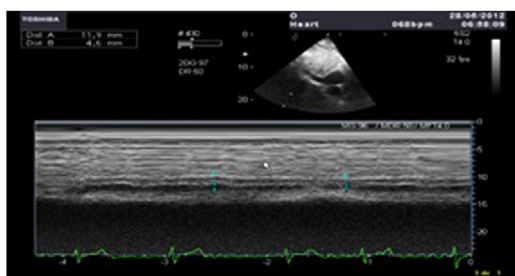


Figura 5. Plano transgástrico eje corto sobre AD y entrada de VCI en la misma. Se observa el colapso respiratorio de VCI.

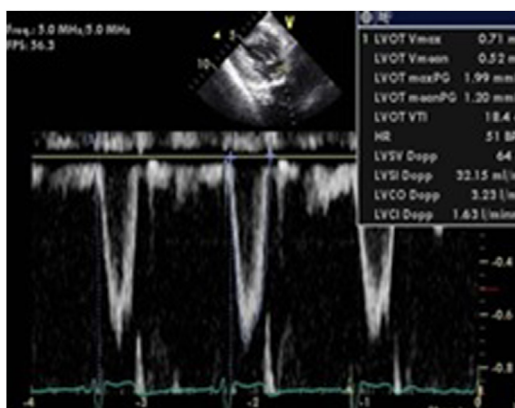


Figura 6. Doppler espectral pulsado a nivel de TSVI. Se puede observar la variabilidad durante los movimientos respiratorios del volumen sistólico a través de la VAo.

- Relación $E/E' > 15$ se correlaciona con $PTDVI > 15$ mmHg.
- Índices dinámicos de indicación de respuesta a fluidos.

Los parámetros de precarga dinámicos de repuesta positiva a fluidos son variables que se basan en la interacción cardiopulmonar provocada por la ventilación mecánica controlada y permiten predecir si la administración de volumen va a aumentar el gasto cardiaco⁵². Estos parámetros durante la cirugía con esternotomía abierta no son valorables pero sí en el postoperatorio. Es necesario tener en cuenta que los parámetros propuestos tampoco son fiables en situaciones de disfunción severa del VD.

Los índices más utilizados son el tamaño y la colapsabilidad de la cava inferior (planos transgástricos orientados hacia el VD y VCI)⁵³(fig. 6):

- Índice de colapsabilidad de la VCI: $D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}} / D_{\text{máx}} \times 100 > 36\%$
- Variación de la VCI: $D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}} / D_{\text{medio}} \times 100 > 12\%$
- Índice de distensibilidad VCI: $D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}} / D_{\text{mín}} \times 100 > 18\%$
- Vena cava superior (en el plano bicava o de aorta ascendente eje largo)
- Índice de colapsabilidad VCS: $D_{\text{máx}} - D_{\text{mín}} / D_{\text{máx}} \times 100 > 36\%$
- Variabilidad flujo aórtico. Mediante la medición de la integral velocidad tiempo (ITV) con doppler pulsado en el TSVI y el diámetro del mismo estimaremos el gasto cardiaco ($GC = VS (ITV_{\text{tsvi}} \times \text{diámetro tsvi}) \times FC$).

La variabilidad respiratoria del mismo calculada mediante la siguiente fórmula: $[\Delta V_{\text{máx}} \text{ flujo aórtico} = \text{Pico velocidad ITV mayor} - \text{Pico velocidad ITV menor}] / [(\text{Pico velocidad ITV mayor} + \text{Pico velocidad ITV menor}) / 2]$. Si esta variabilidad es $> 12\%$ es indicativo de respuesta positiva a la administración de volumen⁵⁴(fig. 7).

En ocasiones la inestabilidad hemodinámica se caracteriza por hipotensión marcada sin disfunción ventricular. En estos casos es

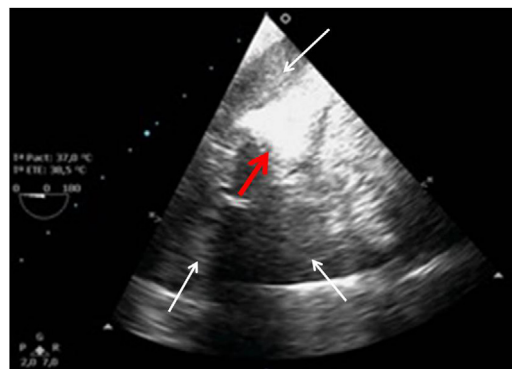


Figura 7. Plano intragástrico 0° dirigido hacia hemitórax derecho. Se observa derrame pleural con atelectasia pasiva de pulmón derecho.

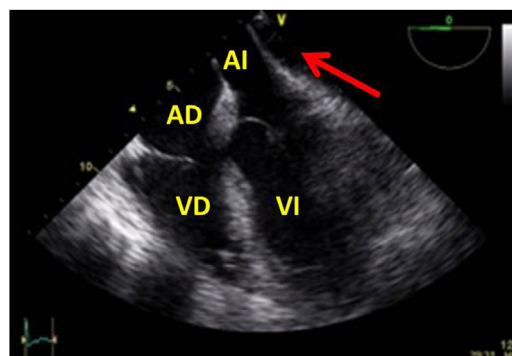


Figura 8. Plano medioesofágico 0° cuatro cámaras. Se observa a nivel de AI derrame pericárdico con compresión de la pared lateral de la misma.

necesario descartar un sangrado no evidenciado en el campo quirúrgico y evaluar la cavidad pleural dado que en estos recesos es frecuente la acumulación de grandes cantidades de volumen. La exploración del pulmón (TELU) puede ser de utilidad mediante los planos medioesofágicos y transgástricos posteriores. Cuando observemos la aorta descendente estaremos viendo la pleura izquierda y cuando observemos la cavidad con espacio anecoico que se corresponde con el líquido pleural pero sin ver en primer lugar la aorta, se tratará de derrame pleural derecho (fig. 8). Otra causa de hipotensión poscardiotomía con función sistólica conservada y volemia correcta es la vasoplejía cuyos signos ecocardiográficos serán la evidencia de ventrículos hiperdinámicos con diámetros telesistólicos reducidos y gasto cardiaco elevado. Si bien es frecuente observar que responden a volumen, pueden ser tratados con dosis bajas de NA, evitando una sobrecarga de fluidos y la hemodilución correspondiente. La monitorización intermitente del gasto cardiaco nos ayuda a orientar el cuadro y elegir el tratamiento correcto en situaciones dinámicas.

Tras el cierre de la esternotomía puede acumularse sangre en el saco pericárdico en regiones posteriores con compromiso de cavidades de forma local y que producen importante repercusión hemodinámica por la rapidez de su instauración (fig. 9).

Una causa infrecuente pero importante de diagnosticar son las complicaciones sobre la aorta ascendente. En toda cirugía cardiaca en la que se manipula la aorta (canulación, pinzamiento), puede existir como complicación la disección de la misma o hematomas intramurales en el lugar del pinzamiento o administración de cardiooplejía, por tanto, antes de iniciar el cierre, será necesaria su exploración mediante la ETE. Utilizaremos el plano medioesofágico eje largo para la aorta ascendente y los planos posteriores medioesofágicos para la aorta descendente (fig. 10).

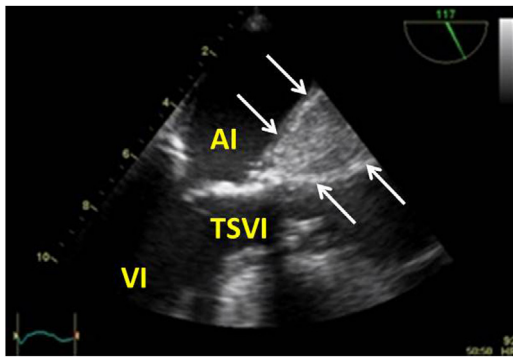


Figura 9. Plano medioesofágico VAO eje largo. Se observa en pared posterior de la aorta hematoma de gran tamaño comprimiendo AI.

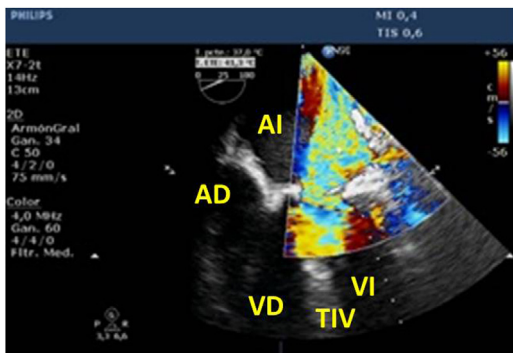


Figura 10. Plano medioesofágico 0° sobre válvula mitral. Mediante Doppler color observamos chorro de regurgitación masivo hacia AI por limitación de la movilidad de uno de los discos de la prótesis mitral.

Consideraciones en procedimientos específicos

Valoración de la sustitución valvular protésica. La utilidad de la ETE post-CEC en los enfermos en los que se realizan sustituciones valvulares se centrará principalmente en comprobar la correcta movilidad de los discos protésicos, en la medición de gradientes y en descartar la presencia de fugas periprotésicas o intraprotésicas significativas⁵⁵. Para ello es necesaria la realización de un estudio completo con todos los planos sobre la válvula a estudio. La presencia de desproporción o *mismatch* valvular tras la implantación protésica es infrecuente pero con importantes consecuencias⁵⁶. No obstante, la interpretación de gradientes elevados intraprotésicos tiene que ser evaluada de forma cautelosa dada la situación hemodinámica particular existente tras la CEC. La utilización de medidas ecocardiográficas independientes de la situación hemodinámica puede ser de utilidad en este contexto. Mediciones tales como la relación de velocidades máximas o la integral velocidad tiempo entre el TSVI y la VAO ($ITV\ TSVI/ITV\ VAO < 0,35$) son indicativas de estenosis significativa con independencia de la situación hemodinámica⁵⁷.

En la exploración de las prótesis valvulares es importante descartar la presencia de regurgitaciones periprotésicas significativas que obligue a una nueva corrección (fig. 11). En estos casos la información sobre el lugar exacto en el que se encuentra la dehiscencia periprotésica orienta al cirujano, ya que una vez abierta la cavidad es más difícil localizarla. No obstante, las fugas periprotésicas aunque significativas no suelen ser causa de inestabilidad hemodinámica importante postCEC^{58,59}.

En ocasiones, en la salida de CEC tras sustituciones valvulares aórticas se puede observar en la ETE un aumento de gradientes subaórticos que condicionan inestabilidad hemodinámica. Si esta situación se asocia a hipertrofia septal significativa con obstrucción dinámica al tracto de salida e incluso SAM con IM puede ser

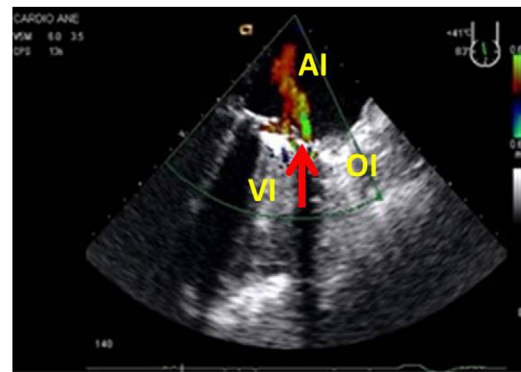


Figura 11. Plano medioesofágico dos cámaras tras recambio de válvula mitral. Se observa chorro de regurgitación periprotésica en región anular a nivel de orejuela izquierda.

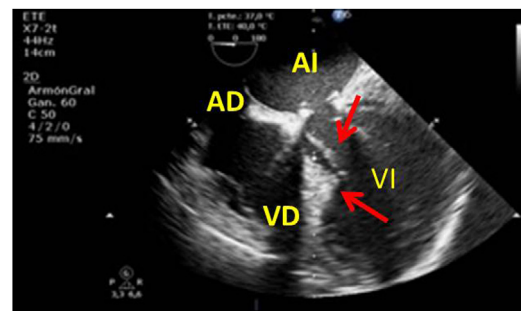


Figura 12. Plano medioesofágico cuatro cámaras 0°. Se observa valvuloplastia mitral. Destaca hipertrofia septal que puede constituir un factor de riesgo para el desarrollo de SAM.

Tabla 8

Complicaciones tras la reparación mitral

Insuficiencia mitral residual
Estenosis mitral
SAM con obstrucción dinámica del TSVI e IM
Disfunción ventricular por oclusión o distorsión de la arteria circunfleja
Seudoaneurisma en la zona de descalcificación del anillo mitral y fugas perianillo.
Insuficiencia aórtica secundaria a la distorsión del anillo mitroaórtico

IM: insuficiencia mitral; SAM: movimiento sistólico anterior; TSVI: tracto salida ventrículo izquierdo.

necesaria la reentrada en CEC para realización de miectomía si tras la corrección de la volemia y la retirada de fármacos inotrópicos no mejora⁶⁰ (fig. 12).

Valoración en la cirugía reparadora valvular mitral. La ETE post-CEC nos permite evaluar la calidad de la reparación. La presencia de reparaciones subóptimas y la indicación de reentrada en CEC debe ser valorada de forma individualizada teniendo en cuenta los riesgos basales, los tiempos de pinzamiento aórtico y las posibilidades de mejorar la reparación. La evaluación de la severidad de la misma debe hacerse en las condiciones hemodinámicas más fisiológicas posibles.

Las complicaciones asociadas a la reparación mitral que pueden condicionar inestabilidad hemodinámica tras salida de CEC se muestran en la tabla 8.

La necesidad para una reentrada en CEC por IM residual significativa tras reparación mitral puede llegar al 8%⁶¹. La frecuencia de estenosis mitral con gradiente transmitral elevado tras reparación se aproxima al 1,6%⁵⁵. El espectro clínico del SAM tras reparación mitral es variable oscilando entre el 1% y el 16% (figs. 13 y 14). Si esta complicación persiste tras un manejo hemodinámico

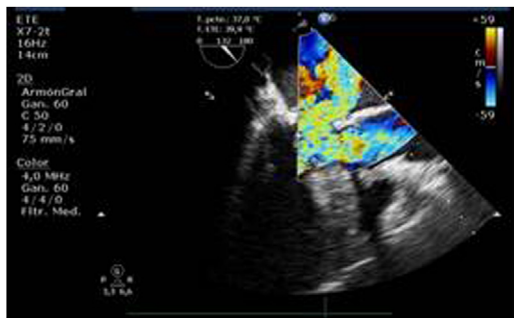


Figura 13. Plano mediosofágico tres cámaras. Se evidencia chorro de regurgitación mitral secundario a SAM tras reparación mitral.

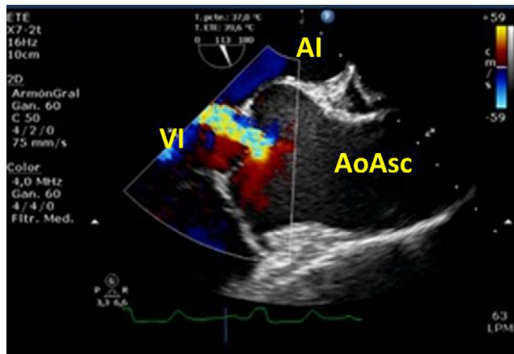


Figura 14. Plano mediosofágico VAO eje largo tras realización de valvuloplastia aórtica y desconexión de CEC. Mediante Doppler color se observa chorro de regurgitación aórtica excéntrico dirigido hacia válvula mitral.

adecuado (retirada de los inotrópicos, administración de vasopresores y cargas de volumen para lograr la normovolemia), sería necesaria la corrección quirúrgica o incluso la sustitución valvular mitral⁶². La valoración de la severidad de la IM residual se realiza de forma cualitativa con doppler color y características del chorro de regurgitación y medición de vena contracta.

La oclusión o distorsión de la arteria circunfleja puede ocurrir durante la reparación o sustitución de la válvula mitral y puede aparecer hasta en el 2% de las reparaciones mitrales⁶³. El compromiso coronario puede deberse a la oclusión directa o a la distorsión del vaso por la sutura del anillo y puede provocar un infarto miocárdico si no se hace un diagnóstico precoz. El estudio ecocardiográfico post-CEC permitirá la visualización de anomalías segmentarias en la contracción en el territorio irrigado por esta arteria.

Valoración en la cirugía reparadora valvular aórtica. En cuanto a la reparación aórtica, la evaluación inicial post-CEC se centra en la competencia de la válvula y en la existencia de insuficiencia residual. Los elementos a valorar tras la reparación son^{64,65}:

- Nivel de la coaptación de las valvas en un plano mediosofágico eje largo, debiendo estar por encima del anillo aórtico.
- Presencia, grado de severidad y dirección de chorro de regurgitación residual. Una IAO residual superior a moderada puede producir inestabilidad hemodinámica y dificultades para la salida de CEC por la sobrecarga de volumen hacia el VI (fig. 15).
- Medición de la longitud de la superficie de coaptación de las valvas. Una longitud de coaptación < 4 mm es un predictor importante de recurrencia de IAO postoperatoria. Otros autores, han definido el término de altura de coaptación como la distancia desde la línea de inserción de las valvas y el punto más alto de la coaptación estableciendo una altura de 9-10 mm como óptima con menor recurrencia de prolapso.

- Medición de gradientes transvalvulares: Gradientes pico superiores a 30 mmHg o medios mayores de 15 mmHg se consideran inadecuados y se asocian a un mayor riesgo de desarrollar una estenosis aórtica significativa. Estos gradientes pueden estar muy influenciados por el flujo, que vendrá marcado por la situación hemodinámica del paciente en la salida de CEC por lo que la valoración debe ser individualizada. Mediciones independientes de la situación hemodinámica pueden ser útiles en estos casos.
- Además de la valoración morfológica y funcional de la válvula, la decisión de un nuevo intento de reparación en caso de resultados subóptimos, dependerá del mecanismo de la IAO, de la calidad del tejido valvular y de los factores relacionados con el paciente (la edad, comorbilidad, función ventricular, etc.).

Consideraciones ecocardiográficas en la cirugía coronaria. La ETE antes de la salida de CEC en la cirugía de revascularización miocárdica desempeñará un papel en todos los aspectos mencionados en el apartado anterior y además servirá para valorar la contractilidad ventricular en los territorios revascularizados con objeto de descartar problemas técnicos que limiten el flujo coronario que puedan condicionar la reentrada en CEC.

Las causas de alteraciones de la contractilidad segmentaria de novo tras cirugía son idénticas a las reflejadas en tabla 4.

Consideraciones en la cirugía coronaria sin CEC. La monitorización intraoperatoria mediante la ETE en la cirugía coronaria sin CEC aporta información antes, durante y después de la realización de los injertos coronarios⁶⁶. Tiene especial interés la valoración de la función sistólica del VI y las alteraciones segmentarias de la contractilidad, así como valorar la función del ventrículo derecho y de las válvulas. La inestabilidad hemodinámica durante este tipo de cirugía puede deberse a: isquemia miocárdica durante la manipulación, reducción de la precarga, compresión cardíaca, disfunción ventricular de base, IM aguda por la movilización de las cavidades y distorsión del anillo mitral o a una combinación de estas causas⁶⁷. La valoración mediante los planos mediosofágicos permitirá valorar todos los segmentos del ventrículo izquierdo y la aparición de IM mediante la aplicación del doppler color sobre la VM. Es frecuente la obtención de imágenes subóptimas especialmente en los planos transgástricos durante ciertas fases de la cirugía por la disposición vertical del corazón y la colocación de compresas debajo del corazón.

Exploración del pulmón por ecocardiografía transesofágica en el intraoperatorio. Transesophageal Echocardiography Lung Ultrasound (TELU)

La exploración pulmonar mediante ecografía transesofágica si bien no se encuentra por el momento validada a diferencia de la exploración transtorácica de la que se puede extrapolar los hallazgos, puede constituir una herramienta de utilidad en el intraoperatorio del paciente cardiovascular. Su papel tiene especial relevancia para identificar causas de hipoxemia, muy frecuentes tras la salida de CEC⁶⁸. En cirugía cardíaca la exploración más descrita corresponde a la visualización de los espacios pleurales, permitiendo una valoración cualitativa (exudados, sangre, derrames organizados) y cuantitativa de los derrames (midiendo el área seccional y multiplicándolo por la longitud axial)⁶⁸. Puede ser, por otra parte, de gran utilidad en el diagnóstico de consolidaciones, ya que en el perioperatorio es habitual encontrar atelectasias, y mediante ecografía se puede optimizar la ventilación y valorar la eficacia de las maniobras de reclutamiento y diagnosticar causas de hipoxemia^{69,70}. La aparición de líneas B de forma aguda se asocia a edema pulmonar, distribuyéndose de forma homogénea, bilateral y en zonas dependientes. Junto a la valoración cardiológica permite un manejo precoz y una monitorización continua de la respuesta al tratamiento. Sin embargo, en el neumotórax, en el que la ETT

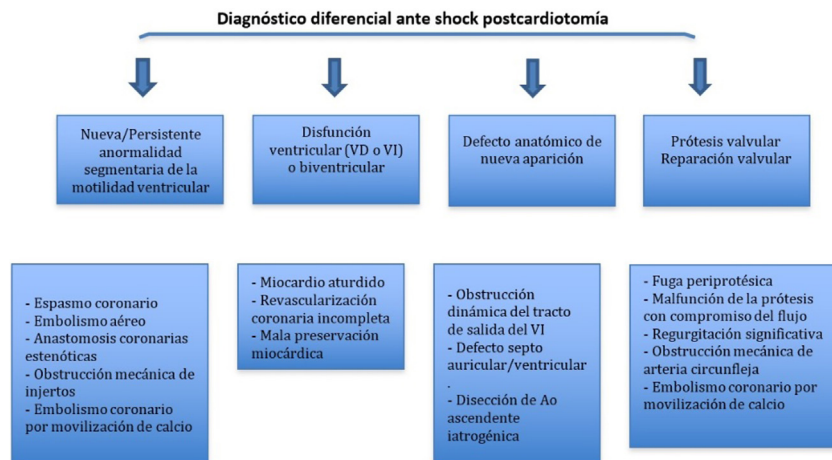


Figura 15. Algoritmo diagnóstico mediante ecocardiografía de shock postcardiotomía.

desempeña un papel importante en el diagnóstico, la TELU carece de valor diagnóstico, debido a que el aire tiende a acumularse en zonas no dependientes (campos anteriores), que no se exploran de forma adecuada, aunque puede ser útil para la valoración de signos indirectos de incremento de presión intratorácica, como el colapso de cavidades derechas.

Consideraciones en nuevos procedimientos endovasculares (TAVI, tratamiento endovascular mitral)

En la actualidad, el aumento tanto en número como en frecuencia de los procedimientos mínimamente invasivos y endovasculares pone de manifiesto un nuevo e importante campo donde la ecocardiografía es un arma fundamental tanto en la sala de hemodinámica, quirófano híbrido y/ o quirófano convencional. Así se pone de manifiesto en la encuesta realizada por la SECCE en el año 2019, que un 83% de los centros realiza ecocardiografía de manera rutinaria en casi todos sus procedimientos, y este porcentaje aumenta cuando se trata de procedimientos endovasculares.

Hoy en día en la mayoría de los centros el control ecocardiográfico de estos procedimientos está en manos de ecocardiografistas expertos y no está muy extendido el aprendizaje necesario entre los anestesiólogos. La extensión de estos procedimientos a quirófanos híbridos podría hacer necesario nuestra formación específica en estos procedimientos.

Las técnicas más habituales se resumen en: TAVI, reparación mitral percutánea, cierre de orejuela, cierre de comunicaciones interauriculares, cierre de «leaks» periprotésicos, implante de asistencias ventriculares y de oxigenación por membrana extracorpórea (ECMO).

ETE durante el procedimiento TAVI y control postimplante. En procedimientos TAVI es fundamental el uso de ETE prequirúrgico tanto para visualizar el grado de estenosis aórtica como el grado de asimetría de los velos y su calcificación. Es importante el grado de calcificación y su distribución geométrica ya que así se puede predecir las posibles complicaciones como «leaks» periprotésicos, obstrucción de arterias coronarias o incluso rotura de anillo, así como elegir el tamaño de la prótesis^{71,72}. La ETE 2D subestima los tamaños valvulares y las distancias, sobre todo en anillos no simétricos^{73,74}. La medida se toma en el eje largo de la aorta a nivel medioesofágico a 120°. El problema en anillos no simétricos es que este diámetro no es representativo del área y para ello es útil el eco 3D que se correlaciona más con las medidas obtenidas por TAC¹⁶.

Hoy en día y en la mayoría de los centros las maniobras como pasar las guías a través de la VAO, la valvuloplastia con balón, el posicionamiento de la prótesis y el despliegue de la misma no se realizan

con control de ETE sino con fluoroscopia. Esto permite llevar a cabo el procedimiento sin anestesia general. En cambio, a la hora de valorar la funcionalidad de la prótesis implantada, sigue siendo indispensable el uso de la ETT una vez finalizado el procedimiento. Mediante ETT podemos medir los gradientes transprótesicos y definir correctamente la localización de la regurgitación periprotésica ya que la fluoroscopia no lo permite. Por ETE se define como una regurgitación periprotésica severa aquella generada por un orificio regurgitante de > 20% de la circunferencia valvular (> 72°) en eje corto⁷⁵. Con ETE 3D además se puede localizar con más exactitud el punto regurgitante. En función de la causa de esta regurgitación se realizará una nueva valvuloplastia con balón si el problema es debido a falta de expansión de la prótesis o incluso el implante de una nueva prótesis si el problema es un tamaño inadecuado de la prótesis elegida.

Otras complicaciones postimplante que pueden visualizarse por ETE son: disección de aorta, taponamiento cardíaco por perforación tanto de VI como VD o aurículas por las guías, disfunción ventricular u oclusión de la salida de las arterias coronarias.

ETE durante el procedimiento endovascular mitral. Aquellos pacientes subsidiarios de reparación mitral percutánea debido a su inoperabilidad y/o alto riesgo quirúrgico, con insuficiencia mitral severa funcional o debido a prolapsos, tienen la opción de tratamiento intervencionista utilizando un clip mitral semejando la técnica de Alfieri. Estudios como el EVEREST y EVEREST II muestran la eficacia de esta técnica para casos muy seleccionados en los que se reduce la regurgitación en la mayoría de los pacientes de una manera segura^{76,77} (tabla 9).

Para esta intervención la ETE resulta indispensable, tanto para sentar la indicación y viabilidad de la técnica como para guiar el procedimiento y comprobación del resultado. Para intentar asegurar el éxito de implante del clip tiene que cumplir una serie de criterios recogidos en ensayos clínicos de estudios como Everest II (fig. 1)⁷⁷. Estos criterios son puramente ecocardiográficos, ya que es la manera de caracterizar la morfología valvular y así procurar aplicar la técnica en aquellos pacientes en los que puede resultar exitosa⁷⁷ (tabla 9).

Durante el implante, los pasos fundamentales a monitorizar con ETE son:

- Punción transeptal: plano bicava (115°-130°) y en eje corto (30-60°)
- Correcto posicionamiento del clip: intercomisural (55°-75°) para el alineamiento mediolateral y visión de tracto de salida de VI (120°-150°) para alineamiento anteroposterior^{78,79}.

Tabla 9

Criterios ecocardiográficos recomendados para reparación valvular mitral percutánea con mitralclip⁷⁵

Criterio	Valoración
Longitud coaptación velo mitral	≥ 2 mm longitud recomendada
Profundidad coaptación velos	< 11 mm profundidad recomendada
Separación velos en caso de «flail»	< 10 mm separación recomendada
Anchura del área de «flail»	< 15 mm anchura recomendada
Área de apertura de la válvula	> 4 cm ² área recomendada
Grosor velo	≤ 5 mm grosor recomendado
Calcificación importante del anillo	No debe estar presente
Hendidura marcada o perforación	No debe estar presente
Markada restricción del velo posterior	No debe estar presente
Falta de cuerdas primarias o secundarias	No debe estar presente
Calcificación velos en área implante clip	No debe estar presente
Varios chorros regurgitación significativos	No debe estar presente

Para asegurar la perpendicularidad del clip con la línea de coaptación lo ideal es disponer de una ecocardiografía 3D, pero si no es posible, con el ETE 2D se debe realizar un eje corto transgástrico así como volver a mostrar este plano una vez avanzado el sistema hasta ventrículo. Es importante grabar una secuencia de vídeo larga del alineamiento para poder consultarlo cuantas veces se quiera a modo de «road map» y corregir posibles errores. Si no se realiza correctamente el posicionamiento, puede fallar el implante del dispositivo por escape de uno de los velos del clip.

Una vez implantado el sistema hay que valorar tanto con doppler color 2D y/o 3D²⁹ el grado de IM por los 2 orificios remanentes, lateral y medial, así como el grado de estenosis residual debida a esta unión anteroposterior con el clip, ya que no es infrecuente la necesidad de implantar más de un clip para ir reduciendo el grado de insuficiencia pero siempre controlando el grado de estenosis residual⁸⁰.

Complicaciones a tener en cuenta con este procedimiento pueden ser el fallo de captura de velo por mal posicionamiento, rotura de velo mitral, rotura de cuerdas, rotura de pared libre de aurícula o CIA.

Manejo de la información: informe verbal y escrito

Creemos necesario que el profesional que realiza la ETE intraoperatoria elabore de forma sistemática un informe estandarizado registrando los principales hallazgos y conclusiones, lo que permitirá transmitir la información al resto del equipo médico, facilitar el seguimiento del paciente y comparar los estudios realizados por diferentes profesionales en diferentes centros.

Por otra parte, se debe informar verbalmente de la existencia de discrepancias entre el informe preoperatorio y los hallazgos intraoperatorios previo a la cirugía. Las sociedades recomiendan dejar constancia por escrito mediante modelos estandarizados de los hallazgos pre- y post-CEC.

En el caso de tratarse de un procedimiento urgente sin estudio preoperatorio, se informará verbalmente y por escrito de forma más detallada.

Las funciones de un informe ecográfico realizado en quirófano son las siguientes⁸¹:

- Ayudar en las decisiones quirúrgicas confirmando el diagnóstico y apoyando la necesidad de cambios en el plan quirúrgico si procede; modificar el manejo hemodinámico y la necesidad de medidas más invasivas.
- Dejar constancia de los hallazgos intraoperatorios para evaluaciones postoperatorias.

- La información debe ser entendible para profesionales no especialistas en ecocardiografía implicados en el manejo posterior del paciente.
- Nuestro informe constituye un documento con carácter médico legal por lo que el registro de las incidencias y hallazgos debe realizarse.
- Constituye un documento que avala la formación y acreditación de especialistas en ETE.
- Representa un documento útil para realizar investigaciones clínicas prospectivas y retrospectivas

Las recomendaciones para redactar un informe son las siguientes⁸²: En primer lugar, realizar la identificación del paciente (datos que identifican al paciente, sus características, el diagnóstico e indicación de estudio). En segundo lugar, se incluirá el estudio morfológico y determinación de la función global de ambos ventrículos con las descripciones más relevantes de las cámaras cardíacas, la aorta torácica y morfología y función valvular pre- y post-CEC. Es esencial describir si durante el procedimiento quirúrgico ha habido cambios relevantes, agudos o mantenidos, de la función ventricular derecha o izquierda. En la cirugía valvular se deberá resumir la función valvular nativa y protésica. En la cirugía de reparación valvular (incluida la anuloplastia) se informará de los resultados especificando el grado de insuficiencia residual. El análisis ETE intraoperatorio después de la reparación valvular mitral es esencial para considerarla óptima o decidir la sustitución valvular. Se informará del grado de insuficiencia residual y la superficie de coaptación y se descartará la presencia de complicaciones, como estenosis mitral, presencia de SAM con obstrucción del TSVI y disfunción ventricular. De la válvula protésica se informará si es o no normofuncionante, si mantiene gradientes normales y si existe o no alguna fuga periprotésica. Si ésta existe se informará del grado de severidad y localización lo más exactamente posible.

En último lugar se relatarán las conclusiones:

1. Resumir los hallazgos ecocardiográficos preintervención, en orden de relevancia.
2. Descripción del procedimiento quirúrgico realizado.
3. Estudio postintervención.

Proponemos como modelo el protocolo de recogida propuesto por la EACTA (ver documento adjunto en el [material adicional](#)).

Conclusiones

La aparición y difusión de la ETE nos ha permitido realizar una monitorización anatómica y funcional del corazón en tiempo real, lo cual la ha convertido en una herramienta de monitorización esencial e insustituible en las intervenciones de cirugía cardiovascular. La interpretación y comunicación de hallazgos patológicos mediante la ETE es parte integral de la anestesia cardíaca. Consideramos que la realización de la ETE en el ámbito perioperatorio de la patología quirúrgica cardíaca corresponde al anestesiólogo responsable que precisa formación y/o acreditación específica en anestesia cardiovascular y ETE para el contexto perioperatorio. No obstante, en función de su nivel de competencia, formación y experiencia pudiera ser necesaria la colaboración de cardiología.

Describimos el protocolo de estudio estandarizado y aceptado por todas las sociedades científicas que permite la exploración anatómica y funcional en las distintas fases de la cirugía, aportando información útil cualitativa y cuantitativa en cada procedimiento y sus fases para la toma de decisiones y modificación de las actitudes terapéuticas intraoperatorias si fuera necesario. En las intervenciones menos invasivas el papel del ETE resulta incluso más importante ya que guía el procedimiento en determinados momentos y se

requiere para ello un mayor conocimiento y experiencia en la técnica ecocardiográfica. Es requisito indispensable comunicar los hallazgos obtenidos mediante la elaboración de un informe primero verbal y posteriormente escrito del estudio realizado.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Anexo. Material adicional

Se puede consultar material adicional a este artículo en su versión electrónica disponible en doi:10.1016/j.circv.2020.03.071.

Bibliografía

- Reeves ST, Finley AC, Skubas NJ, Swaminathan M, Whitley WS, Glas KE, et al. Basic perioperative transesophageal echocardiography examination: A consensus statement of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2013;117:543–58.
- Thys DM, Abel MD, Brooker RF, Cahalan MK, Connis RT, Duke PG, et al. Practice guidelines for perioperative transesophageal echocardiography. *Anesthesiology*. 2010;112:1084–96.
- Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: Recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*. 2013;26:921–64.
- Eltzschig HK, Rosenberger P, Löffler M, Fox JA, Aranki SF, Shernan SK. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography on surgical decisions in 12,566 patients undergoing cardiac surgery. *Ann Thorac Surg*. 2008;85:845–52.
- Emperador F, Fita G, Arguís MJ, Gómez I, Tresandi D, Matute P, et al. The importance of intraoperative transesophageal echocardiography in the surgical decision in cardiac surgery. *Rev Esp Anestesiol Reanim (English Ed.)*. 2015;62:10–7.
- Skinner HJ, Mahmoud A, Uddin A, Mathew T. An investigation into the causes of unexpected intra-operative transoesophageal echocardiography findings. *Anaesthesia*. 2012;67:355–60.
- Arranz J, Riesgo M, Moreno M, García-Fernández MA, Navia J. Cambio de la actitud terapéutica debido a la ecocardiografía transesofágica en cirugía cardíaca. *Rev Esp Anestesiol Reanim*. 1998;45:27–9.
- Click RL, Abel MD, Schaff HV. Intraoperative transesophageal echocardiography: 5-Year prospective review of impact on surgical management. *Mayo Clin Proc*. 2000;75:241–7.
- Klein AA, Snell A, Nashef SAM, Hall RMO, Kneeshaw JD, Arrowsmith JE. The impact of intra-operative transoesophageal echocardiography on cardiac surgical practice. *Anaesthesia*. 2009;64:947–52.
- Fernando RJ, Goeddel LA, Shah R, Ramakrishna H. Analysis of the 2019 ACC/AATS/AHA/ASE/ASNC/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS appropriate use criteria for multimodal imaging in the assessment of structural heart disease. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2019;34:805–18.
- Mathew JP, Glas K, Troianos CA, Sears-Rogan P, Savage R, Shanewise J, et al. American Society of Echocardiography/Society of Cardiovascular Anesthesiologists Recommendations and Guidelines for Continuous Quality Improvement in Perioperative Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19:1303–13.
- García-Fernández MA, Navia J. Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria: ¿para qué?, ¿cómo?, ¿con quién? *Rev Esp Cardiol*. 2000;53:1325–8.
- El Tahan MR, Mendoza Vasquez LE, Alston RP, Erdoes G, Schreiber JU, Fassl J, et al. Perspectives on the fellowship training in cardiac thoracic, and vascular anesthesia and critical care in Europe from Program Directors and Educational Leads Around Europe. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2020;34:512–20.
- Erdoes G, Vuytsteke A, Schreiber J, Alston RP, Howell SJ, Wouters PF, et al. European Association of Cardiothoracic Anesthesiology (EACTA) Cardiothoracic and Vascular Anesthesia Fellowship Curriculum: First edition.
- Flachskampf FA, Badano L, Daniel WG, Feneck RO, Fox KF, Fraser AG, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: Update 2010. *Eur J Echocardiogr*. 2010;11:557–76.
- Flachskampf FA, Wouters PF, Edvardsen T, Evangelista A, Habib G, Hoffman P, et al. Recommendations for transoesophageal echocardiography: EACVI update 2014. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15:353–65.
- Silva F, Arruda R, Nobre A, Mendes M, Lemos A, Gallego J, et al. Impact of intraoperative transesophageal echocardiography in cardiac surgery: Retrospective analysis of a series of 850 examinations. *Rev Port Cardiol*. 2010;29:1363–82.
- Ramalingam G, Choi SW, Agarwal S, Kunst G, Gill R, Fletcher SN, et al. Complications related to peri-operative transoesophageal echocardiography – a one-year prospective national audit by the Association of Cardiothoracic Anaesthesia and Critical Care. *Anaesthesia*. 2020;75:21–6.
- Hahn RT, Abraham T, Adams MS, Bruce CJ, Glas KE, Lang RM, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic examination: Recommendations from the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *Anesth Analg*. 2014;118:21–68.
- Lang RM, Badano LP, Victor MA, Afilalo J, Armstrong A, Ernande L, et al. Recommendations for cardiac chamber quantification by echocardiography in adults: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2015;28:1–39.e14.
- Nagueh SF, Smiseth OA, Appleton CP, Byrd BF, Dokainish H, Edvardsen T, et al. Recommendations for the evaluation of left ventricular diastolic function by echocardiography: An update from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016;29:277–314.
- Edvardsen T, Smiseth OA. Evaluation of diastolic function by echocardiography: Important progression, but issues to be resolved. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2018;9:387–8.
- Metkus TS, Suarez-Pierre A, Crawford TC, Lawton JS, Goeddel L, Dodd-o J, et al. Diastolic dysfunction is common and predicts outcome after cardiac surgery. *J Cardiothorac Surg*. 2018;13.
- Grønlykke L, Korshin A, Holmgaard F, Kjølner SM, Gustafsson F, Nilsson JC, et al. Marked reduction in right ventricular longitudinal contraction after cardiopulmonary bypass in patients with preserved right ventricular output. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2019;33:S117–9.
- Singh A, Huang X, Dai L, Wyler D, Alfirevic A, Blackstone EH, et al. Right ventricular function is reduced during cardiac surgery independent of procedural characteristics, reoperative status, or pericardiotomy. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2019.
- Bura Moisa R, Zeldis SM, Alper SA, Scott WC. Aortic regurgitation in coronary artery bypass grafting: Implications for cardioplegia administration. *Ann Thorac Surg*. 1995;60:665–8.
- Katz ES, Tunick PA, Rusinek H, Ribakove G, Spencer FC, Kronzon I. Protruding aortic atheromas predict stroke in elderly patients undergoing cardiopulmonary bypass: Experience with intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol*. 1992;20:70–7.
- Suvarna S, Smith A, Stygal J, Kolvecar S, Walesby R, Harrison M, et al. An intraoperative assessment of the ascending aorta: A comparison of digital palpation transesophageal echocardiography, and epiaortic ultrasonography. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2007;21:805–9.
- Reeves ST, Glas KE, Eltzschig H, Mathew JP, Rubenson DS, Hartman GS, et al. Guidelines for performing a comprehensive epicardial echocardiography examination: Recommendations of the American Society of Echocardiography and the Society of Cardiovascular Anesthesiologists. *J Am Soc Echocardiogr*. 2007;20:427–37.
- Grewal KS, Malkowski MJ, Piracha AR, Astbury JC, Kramer CM, Dianzumba S, et al. Effect of general anesthesia on the severity of mitral regurgitation by transesophageal echocardiography. *Am J Cardiol*. 2000;85:199–203.
- Gisbert A, Soulière V, Denault AY, Bouchard D, Couture P, Pellerin M, et al. Dynamic quantitative echocardiographic evaluation of mitral regurgitation in the operating department. *J Am Soc Echocardiogr*. 2006;19:140–6.
- Cohen GI, Duffy CI, Klein AL, Miller DP, Cosgrove DM, Stewart WJ. Color Doppler and two-dimensional echocardiographic determination of the mechanism of aortic regurgitation with surgical correlation. *J Am Soc Echocardiogr*. 1996;9:508–15.
- Neuman YM, Brasch AV, Kobal S, Khan SS, Mirocha JM, Naqvi TZ, et al. Comparison of transthoracic and intraoperative transesophageal color flow doppler assessment of mitral and aortic regurgitation. *Cardiology*. 2003;99:145–52.
- Pettersson GB, Crucean AC, Savage R, Halley CM, Grimm RA, Svensson LG, et al. Toward predictable repair of regurgitant aortic valves. A systematic morphology-directed approach to bicommissural repair. *J Am Coll Cardiol*. 2008;52:40–9.
- Vanoverschelde J-L, van Dyck M, Gerber B, Vancraeynest D, Melchior J, de Meester C, et al. The role of echocardiography in aortic valve repair. *Ann Cardiothorac Surg*. 2013;2:65–72.
- Eltzschig HK, Rosenberger P, Lekowski RW, Scott JD, Locke A, Shekar PS, et al. Role of transesophageal echocardiography in patients with suspected aortic dissection. *J Am Soc Echocardiogr*. 2005;18, 1221.e5–e1221000101221.e7.
- Jha A, Malik V, Hote M. Minimally invasive cardiac surgery and transesophageal echocardiography. *Ann Card Anaesth*. 2014;17:125–32.
- Carmona García P, Errando CL, Zarragoikoetxea Jauregui I. Papel de la ecocardiografía transesofágica en la cirugía mínimamente invasiva sobre la válvula mitral. *Cir Cardiovasc [Internet]*. 2016;23:240–9. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1134009615002181>.
- Owais K, Mahmood F, Montealegre-Gallegos M, Khabbaz KR, Matyal R. Left atrial appendage intraoperative echocardiography, and the anesthesiologist. *J Cardiothorac Vasc Anesth*. 2015;29:1651–62.
- Berrebi A. Mitral valve repair: Echocardiography is its best friend. *Rev Esp Cardiol (English Ed.)*. 2011;64:554–6.
- Kongsarepong V, Shiota M, Gillinov AM, Song JM, Fukuda S, McCarthy PM, et al. Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am J Cardiol*. 2006;98:504–8.
- Varghese R, Itagaki S, Anyanwu AC, Trigo P, Fischer G, Adams DH. Predicting systolic anterior motion after mitral valve reconstruction: Using intraoperative transesophageal echocardiography to identify those at greatest risk. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2014;45:132–8.
- Van de Veire NR, Braun J, Delgado V, Versteegh MIM, Dion RA, Klautz RJM, et al. Tricuspid annuloplasty prevents right ventricular dilatation and progression of tricuspid regurgitation in patients with tricuspid annular dilatation undergoing mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2011;141:1431–9.

44. Oh CC, Click RL, Orszulak TA, Sinak LJ, Oh JK. Role of intraoperative transesophageal echocardiography in determining aortic annulus diameter in homograft insertion. *J Am Soc Echocardiogr.* 1998;11:638–42.
45. Porter TR, Shillcutt SK, Adams MS, Desjardins G, Glas KE, Olson JJ, et al. Guidelines for the use of echocardiography as a monitor for therapeutic intervention in adults: A report from the American society of echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2015;28:40–56.
46. Chumnanvej S, Wood MJ, MacGillivray TE, Melo MFV. Perioperative echocardiographic examination for ventricular assist device implantation. *Anesth Analg.* 2007;105:583–601.
47. Swenson JD, Bull D, Stringham J. Subjective assessment of left ventricular preload using transesophageal echocardiography: Corresponding pulmonary artery occlusion pressures. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2001;15:580–3.
48. Hofer CK, Ganter MT, Rist A, Klaghofer R, Matter-Ensner S, Zollinger A. The accuracy of preload assessment by different transesophageal echocardiographic techniques in patients undergoing cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth.* 2008;22:236–42.
49. Diebel LN, Wilson RF, Tagett MG, Kline RA. End-diastolic volume: A better indicator of preload in the critically ill. *Arch Surg.* 1992;127:817–22.
50. Slama M. Cardiac preload evaluation using echocardiographic technique. En: Pinsky MR, Payen D, editors. *Functional Hemodynamic Monitoring. Update in Intensive Care and Emergency Medicine.*, 42. New York: Springer-Verlag; 2005. p. 259–68.
51. Nagueh SF. Non-invasive assessment of left ventricular filling pressure. *Eur J Heart Fail.* 2018;20:38–48.
52. Charron C, Caille V, Jardin F, Vieillard-Baron A. Echocardiographic measurement of fluid responsiveness. *Curr Opin Crit Care.* 2006;12:249–54.
53. Feissel M, Michard F, Faller JP, Teboul JL. The respiratory variation in inferior vena cava diameter as a guide to fluid therapy. *Intensive Care Med.* 2004;30:1834–7.
54. Feissel M, Michard F, Mangin I, Ruyter O, Faller JP, Teboul JL. Respiratory changes in aortic blood velocity as an indicator of fluid responsiveness in ventilated patients with septic shock. *Chest.* 2001;119:867–73.
55. Riegel AK, Busch R, Segal S, Fox JA, Eltzschig HK, Shernan SK. Evaluation of transmitral pressure gradients in the intraoperative echocardiographic diagnosis of mitral stenosis after mitral valve repair. *PLoS One.* 2011;6.
56. Pibarot P, Dumesnil JG. Hemodynamic and clinical impact of prosthesis-patient mismatch in the aortic valve position and its prevention. *J Am Coll Cardiol.* 2000;36:1131–41.
57. Lancellotti P, Pibarot P, Chambers J, Edvardsen T, Delgado V, Dulgheru R, et al. Recommendations for the imaging assessment of prosthetic heart valves: A report from the European Association of Cardiovascular Imaging endorsed by the Chinese Society of Echocardiography, the Inter-American Society of Echocardiography, and the Brazilian. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2016;17:589–90.
58. O'Rourke DJ, Palac RT, Malenka DJ, Marrin CAS, Arbuckle BE, Plehn JF. Outcome of mild periprosthetic regurgitation detected by intraoperative transesophageal echocardiography. *J Am Coll Cardiol.* 2001;38:163–6.
59. Morehead AJ, Firstenberg MS, Shiota T, Qin J, Armstrong G, Cosgrove DM, et al. Intraoperative echocardiographic detection of regurgitant jets after valve replacement. *Ann Thorac Surg.* 2000;135–9.
60. Bach DS. Subvalvular left ventricular outflow obstruction for patients undergoing aortic valve replacement for aortic stenosis: Echocardiographic recognition and identification of patients at risk. *J Am Soc Echocardiogr.* 2005;18:1155–62.
61. Fix J, Isada L, Cosgrove D, Miller DP, Savage R, Blum J, et al. Do patients with less than "echo-perfect" results from mitral valve repair by intraoperative echocardiography have a different outcome? *Circulation.* 1993;39–48.
62. Ibrahim M, Rao C, Ashrafian H, Chaudhry U, Darzi A, Athanasiou T. Modern management of systolic anterior motion of the mitral valve. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41:1260–70.
63. Aybek T, Risteski P, Miskovic A, Simon A, Dogan S, Abdel-Rahman U, et al. Seven years' experience with suture annuloplasty for mitral valve repair. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2006;131:99–106.
64. Le Polain de Waroux JB, Pouleur AC, Robert A, Pasquet A, Gerber BL, Noirhomme P, et al. Mechanisms of recurrent aortic regurgitation after aortic valve repair: Predictive value of intraoperative transesophageal echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2009;2:931–9.
65. Le Polain de Waroux JB, Pouleur AC, Goffinet C, Vancraeynest D, van Dyck M, Robert A, et al. Functional anatomy of aortic regurgitation: Accuracy, prediction of surgical reparability, and outcome implications of transesophageal echocardiography. *Circulation.* 2007;116 11 Suppl 1.
66. Wang J, Filipovic M, Rudzitis A, Michaux I, Skarvan K, Buser P, et al. Transesophageal echocardiography for monitoring segmental wall motion during off-pump coronary artery bypass surgery. *Anesth Analg.* 2004;99:965–73.
67. George SJ, Al-Ruzzeh S, Amrani M. Mitral annulus distortion during beating heart surgery: A potential cause for hemodynamic disturbance - A three-dimensional echocardiography reconstruction study. *Ann Thorac Surg.* 2002;73:1424–30.
68. Lambert AS, Chen R. Transesophageal lung ultrasound: To boldly go. *Can J Anaesth.* 2016;63:1211–4.
69. Cavares YA, Girard M, Desjardins G, Denault AY. Transesophageal lung ultrasonography: A novel technique for investigating hypoxemia. *Can J Anesth.* 2016;63:1266–76.
70. Rehfeldt KH, Bruggink SM, Pulido JN. Transesophageal echocardiographic imaging of ultrasound lung rockets. *Anesthesiology.* 2014;121:1335.
71. Kapadia SR, Schoenhagen P, Stewart W, Tuzcu EM. Imaging for transcatheter valve procedures. *Curr Probl Cardiol.* 2010;35:228–76.
72. Messika-Zeitoun D, Serfaty JM, Brochet E, Ducrocq G, Lepage L, Detaint D, et al. Multimodal assessment of the aortic annulus diameter: Implications for transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:186–94.
73. Delgado V, Kapadia S, Schalij MJ, Schuijff JD, Tuzcu EM, Bax JJ. Transcatheter aortic valve implantation: Implications of multimodality imaging in patient selection, procedural guidance, and outcomes. *Heart.* 2012;98:743–54.
74. Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Gonçalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:557–84.
75. Cheitlin MD, Armstrong WF, Aurigemma GP, Beller GA, Bierman FZ, Davis JL, et al. ACC/AHA/ASE 2003 guideline update for the clinical application of echocardiography: Summary article: A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (ACC/AHA/ASE Committee to Update the 1997 Guid. *Circulation.* 2003;108:1146–62.
76. Feldman T, Kar S, Rinaldi M, Fail P, Hermiller J, Smalling R, et al. Percutaneous mitral repair with the mitraclip system. Safety and midterm durability in the initial EVEREST (Endovascular Valve Edge-to-Edge REpair Study) cohort. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:686–94.
77. Feldman T, Foster E, Glower DG, Kar S, Rinaldi MJ, Fail PS, et al. Percutaneous repair or surgery for mitral regurgitation. *N Engl J Med.* 2011;364:1395–406.
78. Silvestry FE, Rodriguez LL, Herrmann HC, Rohatgi S, Weiss SJ, Stewart WJ, et al. Echocardiographic guidance and assessment of percutaneous repair for mitral regurgitation with the Evalve MitraClip: Lessons learned from EVEREST I. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20:1131–40.
79. Altiok E, Becker M, Hamada S, Reith S, Marx N, Hoffmann R. Optimized guidance of percutaneous edge-to edge repair of the mitral valve using real-time 3-D transesophageal echocardiography. *Clin Res Cardiol.* 2011;100:675–81.
80. Altiok E, Hamada S, Brehmer K, Kuhr K, Reith S, Becker M, et al. Analysis of procedural effects of percutaneous edge-to-edge mitral valve repair by 2D and 3D echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5:748–55.
81. Feneck R, Kneeshaw J, Fox K, Bettex D, Erb J, Flaschkamp F, et al. Recommendations for reporting perioperative transoesophageal echo studies. *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:387–93.
82. Parra V, Fita G, Rovira I, Sala-Blanch X, Riesgo M, Olavide I. Perioperative transesophageal echocardiography: Proposal for a standardized report form. *Rev Esp Anestesiol Reanim.* 2008;55:110–4.