

TEMA DE ENFOQUE: IMÁGENES ECOCARDIOGRÁFICAS E INTERVENCIONES CARDÍACAS ESTRUCTURALES PAUTAS Y ESTÁNDARES

Estándares recomendados para la realización del examen ecocardiográfico transesofágico para la intervención cardíaca estructural: De la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía (American Society of Echocardiography)

Dra. Rebecca T. Hahn, FASE (Chair), Dr. Muhamed Sárco, PhD, FASE (Co-Chair), Dr. Francesco Fulvio Faletta, Dra. Ruchira Garg, FASE, Dra. Linda D. Gillam, MPH FASE, Kenneth Horton ACS, RCS FASE, Dr. Omar K. Khalique, FASE, Dr. Stephen H. Poco, FASE, Dr. G. Burkhard Mackensen, PhD, FASE, Dr. Jae Oh, FASE, Dra. Nishath Quader, FASE, Dra. Lucy Safi, DO, FASE, Gregory M. Scalia MBBS, FASE, y Dr. Roberto M. Lang, FASE, *Nueva York, Nueva York; Lugano, Suiza; Los Ángeles, California; Morristown Nueva Jersey; Murray Utah; Houston, Texas; Seattle Washington. Rochester Minnesota: St. Louis, Misuri; Hackensack Nueva Jersey; Brisbane Australia; y Chicago, Illinois*

Palabras clave: Ecocardiografía transesofágica, Cardiopatía estructural

Este documento está respaldado por los siguientes Socios de la Alianza Internacional de la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía: Federación Argentina de Cardiología; Sociedad Argentina de Cardiología; Sociedad de Ecocardiografía de la ASEAN; Sociedad Australiana de Ecografías en Medicina; Sociedad Británica de Válvulas Cardíacas; Sociedad Canadiense de Ecocardiografías; Sociedad China de Anestesiología Cardiorádica y Vasculares; Sociedad China de Ecocardiografía; Sociedad Cubana de Cardiología, Sección de ecocardiografías; Academia India de Ecocardiografía; Sociedad Indonesia de Ecocardiografía; Sociedad Iraní de Ecocardiografía; Grupo de Trabajo de Ecocardiografía de Israel; Asociación Italiana de Anestesiólogos Cardiorádicos; Sociedad Japonesa de Ecocardiografía; Sociedad Coreana de Ecocardiografía; Sociedad Mexicana de Ecocardiografía y Diagnóstico por Imágenes Cardiovasculares; Asociación Nacional de Cardiólogos de México, AC; Sociedad Nacional de Ecocardiografía de México, AC; Sociedad Filipina de Ecocardiografía; Sociedad de Ecocardiografía de Arabia Saudita; Sociedad de Imágenes Cardiovasculares de la Sociedad Interamericana de Cardiología; Sociedad Tailandesa de Ecocardiografía; Sociedad Panafricana de Cardiología; Sociedad Venezolana de Cardiología, Sección de Ecocardiografías; y Sociedad Vietnamita de Ecocardiografía.

De Columbia University Irving College of Medicine, Nueva York, Nueva York (R.T.H., O.K.K.); New York University Langone Health, Nueva York, Nueva York (M.S.); Instituto Cardiocentro Ente Ospedaliero Cantonale, Lugano, Ticino, Suiza (F.F.); Cedars-Sinai Medical Center, Los Ángeles, California (R.G.); Morristown Medical Center, Morristown, Nueva Jersey (L.D.G.); Intermountain Heart Institute, Murray, Utah (K.H.); Houston Methodist DeBakey Heart and Vascular Center, Houston, Texas (S.H.L.); University of Washington, Seattle, Washington (G.B.M.); Mayo Clinic, Rochester, Minnesota (J.O.); Washington University, St. Louis, Missouri (N.Q.); Hackensack University Medical Center, Hackensack, Nueva Jersey (L.S.); Prince Charles Hospital, Brisbane, Australia (G.M.S.); y University of Chicago, Chicago, Illinois (R.M.L.).

Los siguientes autores no informaron conflictos de intereses reales o potenciales en relación con este documento: Dr. Muhamed Saric, PhD, FASE, Dr. G. Burkhard Mackensen, PhD, FASE, Dr. Jae Oh, FASE, Dra. Nishath Quader, FASE, Dra. Lucy Safi, FASE y Dr. Roberto M. Lang, FASE.

Los siguientes autores informaron relaciones con uno o más intereses comerciales: La Dra. Rebecca T. Hahn, FASE, ha recibido honorarios de disertante de Abbot Vascular, Baylis Medical y Edwards Lifesciences; tiene contratos institucionales educativos y de consultoría por los cuales no recibe compensación directa con Abbott Structural, Boston Scientific Edwards Lifesciences, y Medtronic; tiene recursos propios con Navigate; y es directora científica del Laboratorio Central de Ecocardiografías de la Fundación de Investigación Cardiovascular para múltiples ensayos patrocinados por la industria, para la cual no recibe ninguna compensación directa de la industria. El Dr. Francesco Fulvio Faletta ha recibido honorarios de disertante de Philips. La Dra. Ruchira Garg, FASE, ha recibido financiación para subvenciones de Abbott Medical, fue coinvestigadora durante el ensayo ADOII AS, completó servicios de consultoría de Abbott Medical para proporcionar educación relacionada con el dispositivo Piccolo, es coinvestigadora en el ensayo Alterra Adaptive Pretest (Edwards Lifesciences), ha recibido financiación de la Pediatric Heart Network (National Heart, Lung, and Blood Institute) para los ensayos FUEL (completados) y FUEL-OLE (ensayo de medicamentos de Fontan udenafil), ha participado como coinvestigadora de Daiichi Sankyo en el ensayo Ennoblate (uso de anticoagulantes orales de edoxabán en pacientes pediátricos), y es consultora para la revisión de

casos legales (ad hoc). La Dra. Linda D. Gillam, MPH, FASE, es miembro del consejo asesor de Edwards Lifesciences y dirige laboratorios centrales que tienen contratos con Edwards Lifesciences y Medtronic (pero no recibe ninguna compensación directa). Kenneth Horton, ACS, RCS, FASE, es consultor de Edwards Lifesciences, BayLabs y NeoChord. El Dr. Omar K. Khalique, FASE, está en la oficina de disertantes de Edwards Lifesciences, es consultor de Cephea Valve y director de un laboratorio central de TC con ensayos de compañías de varios dispositivos (JenaValve, Cephea Valves, Ancora, Lariat), pero no recibe compensación directa. El Dr. Stephen H. Little, FASE, ha recibido apoyo institucional para la investigación de Abbott, Medtronic, Boston Scientific, 4Tech y Siemens; y ha recibido honorarios de consultoría personal de BayLabs. Gregory M. Scalia, MBBS, FASE, ha recibido honorarios de Abbott por sus prácticas con respecto al dispositivo MitraClip. El Dr. Roberto M. Lang pertenece al consejo asesor de Philips Imaging Systems. El Dr. Lang ha recibido honorarios como disertante de Philips y Tomtec.

A los miembros de ASE:

Visite www.ASELearningHub.org para obtener créditos por educación médica continua gratuita por medio de una actividad en línea relacionada con este artículo. Los certificados están disponibles para el acceso inmediato una vez que se complete satisfactoriamente la actividad. Los que no son miembros deberán unirse a la ASE para acceder a este excelente beneficio para miembros!

Solicitudes de reimpresión: American Society of Echocardiography, Meridian Corporate Center, 2530 Meridian Parkway, Suite 450, Durham, NC 27713 (Correo electrónico: ase@asecho.org).

0894-7317/\$36,00

Copyright 2021 Publicado por Elsevier Inc. en nombre de la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía.

<https://doi.org/10.1016/j.echo.2021.07.006>

Abreviaturas
2D = Bidimensional
3D = Tridimensional
AR = Regurgitación aórtica
AS = Estenosis aórtica
CIA = Comunicación interauricular
ASE = Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía (American Society of Echocardiography)
VA = Válvula aórtica
TC = Tomografía computarizada
CW = Onda continua (Continuous-wave)
DE = Esofágico profundo (Deep esophageal)
DT = Transgástrico profundo (Deep transgastric)
SIA = Septo interauricular
VCI = Vena cava inferior
OAI = Orejuela auricular izquierda
VI = Ventrículo izquierdo
TSVI = Tracto de salida ventricular izquierdo
CAM = Calcificación anular mitral
ME = Esofágico medio (Midesophageal)
RM = Regurgitación mitral
EM = Estenosis mitral
VA = Válvula mitral
AP = Arteria pulmonar
FOP = Foramen oval persistente
PISA = Área de superficie de la isovelocidad proximal (Proximal isovelocity surface area)
RP = Regurgitación pulmonar
EP = Estenosis pulmonar
VP = Válvula pulmonar
TSVD = Tracto de salida ventricular derecho
SAX = Eje corto (Short-axis)
VCS = Vena cava superior
ITVA = Implantación de válvula aórtica transcáteter
ETE = Ecocardiografía transesofágica
TG = Transgástrico
RT = Regurgitación tricúspide
ETT = Ecocardiografía transtorácica

En las pautas de la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía (*American Society of Echocardiography*, ASE) para realizar un examen ecocardiográfico transesofágico (ETE) integral, se introdujo un protocolo de imágenes de vista 28 estándar (Tabla 1), así como evaluaciones de imágenes estructurales específicas.¹ La ecocardiografía intervencionista se reconoce cada vez más como una subespecialidad que requiere capacitación avanzada para orientación en el procedimiento.²⁻⁴ Sin embargo, la adquisición de imágenes de ETE previas a la intervención por parte de un ecocardiógrafo capacitado de nivel II es una práctica estándar aceptada. El propósito del presente documento es proporcionar una guía de referencia centrada en la adquisición de imágenes esenciales de ETE previas a la intervención que ayudarían a identificar (1) el mecanismo de la disfunción estructural o valvular, (2) la gravedad hemodinámica y anatómica de la enfermedad y (3) las características anatómicas específicas que permiten la selección o exclusión adecuada del dispositivo. No se cubre la obtención de imágenes en el procedimiento, ya sea mediante ecocardiografía transesofágica o intracardiaca, sino que se describe un enfoque general para la detección de ETE del objetivo estructural (p. ej., válvula aórtica [VA], válvula mitral [VM] o válvula tricúspide [VT]; orejuela auricular izquierdo [OAI]; anomalía septal). No es nuestra intención sugerir que se realicen protocolos de obtención de imágenes completos específicos para cada estructura en todos los pacientes. En cambio, los protocolos deben adaptarse para ser exhaustivos, pero enfocados en la estructura anormal identificada y/o la intervención transcáteter en consideración, lo que facilita la evaluación de la candidatura del dispositivo, la planificación del procedimiento y la orientación para la obtención de imágenes en el procedimiento.

El presente documento se divide de la siguiente manera: la Sección I ofrece una revisión del examen de ETE integral, incluida la adquisición de imágenes bidimensionales (2D) básicas y tridimensionales (3D). La Sección II presenta protocolos de obtención de imágenes específicos de la estructura para la evaluación de la VA, VM, válvula pulmonar (VP), VT, orejuela auricular izquierda, septo auricular y septo ventricular.

VT = Válvula tricúspide

UE = Esofágico superior (Upper esophageal)

CIV = Comunicación interventricular

SECCIÓN I: REVISIÓN DEL EXAMEN POR ETE INTEGRAL

A. Adquisición ecocardiográfica bidimensional

La declaración de competencia clínica del Colegio Estadounidense de Cardiología (American College of Cardiology) sobre ecocardiografía⁵ aborda el conocimiento mínimo necesario para el desempeño y la interpretación de ecocardiografías transesofágicas y perioperatorias en adultos. Para la detección de la intervención cardíaca estructural, recomendamos adquirir las 28 vistas del examen de ETE integral¹ siempre que sea posible (Tabla 1). La guía de ecocardiografía transesofágica de 2013 definió la terminología para la manipulación de sondas (Figura 1A), y mientras que la guía de 2013 define la terminología para cuatro niveles de imágenes (Figura 1B) como esofágica superior (UE), esofágica media (ME), transgástrica (TG) y TG profunda (DT), la guía actual agrega un quinto nivel de imágenes, la vista esofágica profunda (DE), entre los niveles de ME y TG, de especial utilidad para las imágenes de las estructuras cardíacas derechas (Tabla 1, Figura 1B).

Tabla 1 Vistas integrales del examen de ETE

30 vistas del examen de ETE integral*

1. Vista de ME de cinco cámaras
2. Vista ME de cuatro cámaras
3. Vista ME de la comisura mitral
4. Vista de ME de dos cámaras
5. Vista ME del eje largo
6. Vista ME de la VA
7. Vista ME del eje largo de la aorta ascendente
8. Vista ME del SAX de la aorta ascendente
9. Vista ME de la vena pulmonar derecha
10. Vista ME del SAX de la VA
11. Vista ME de entrada-salida del ventrículo derecho
12. Vista ME bicava modificada de la VT
13. Vista ME bicava
14. Vista ME de las venas pulmonares derecha e izquierda
15. Vista ME de la OAI
16. Vista TG del SAX basal
17. Vista TG del SAX papilar medio del VI
18. Vista TG del SAX apical ventricular
19. Vista TG basal ventricular derecha
20. Vista TG de entrada-salida del ventrículo derecho
21. Vista DT de cinco cámaras
22. Vista DT de dos cámaras
23. Vista TG de entrada del VD
24. Vista TG del eje largo
25. TG a ME de la aorta descendente (SAX)
26. TG a ME de la aorta descendente (eje largo)
27. UE SAX al eje largo del arco aórtico
28. Vista UE del SAX del arco aórtico

Nivel y vistas de obtención de imágenes adicionales

29. Vista DE de dos cámaras del ventrículo derecho
30. Vista DE de entrada-salida del ventrículo derecho

VD: ventrículo derecho.

* Para ver las tablas de las 28 vistas originales, consulte Hahn *et al.*¹

DESTACADOS

- La ETE previa a la intervención adquirida por un ecocardiógrafo capacitado de nivel II es una práctica estándar.
- La guía de referencia actual se centra en la adquisición de imágenes de ETE previas a la intervención que ayudarían a identificar con precisión el mecanismo, la gravedad y la anatomía de la disfunción estructural/valvular.
- Los protocolos de obtención de imágenes deben adaptarse para ser integrales, pero enfocados en la estructura anormal identificada y/o la intervención transcáteter en consideración.
- La adquisición adecuada de imágenes facilitará la evaluación de la candidatura del dispositivo, la planificación del procedimiento y la orientación para la obtención de imágenes en el procedimiento.

En este documento describimos la adquisición de imágenes necesaria para la cuantificación de la enfermedad valvular, pero, por lo demás, se remite al lector a las pautas mencionadas para obtener detalles de la evaluación funcional.^{6,7} Cabe destacar que, con cualquier patología cardíaca estructural, se recomienda una evaluación de la presión sistólica de la arteria pulmonar (AP), derivada del chorro regurgitante tricuspídeo y una estimación de la presión auricular derecha.⁸ Tenga en cuenta que, cuando la regurgitación tricuspídea (RT) es grave, este método puede ser menos preciso.⁹ Existen diversos métodos para evaluar la media de AP y las presiones diastólicas si se requieren estas mediciones.¹⁰

B. Adquisición ecocardiográfica tridimensional

La evaluación de las anomalías de la cardiopatía estructural requiere una comprensión completa de los principios técnicos 3D, así como un enfoque sistemático de la adquisición de imágenes, el análisis y la visualización de las diversas estructuras cardíacas, incluido el conocimiento de las limitaciones de las diferentes técnicas 3D, descritas en las pautas anteriores de la ASE.¹¹ La visualización avanzada de imágenes 3D y las herramientas de navegación pueden ser útiles (Figura 2). La adquisición de volúmenes 3D de las estructuras cardíacas (es decir, válvulas y OAI) debe ser una parte estándar del examen de ETE, lo que permite el procesamiento inmediato y posterior a la adquisición.

Los métodos disponibles para la adquisición de datos 3D incluyen (1) obtención de imágenes multiplanares o biplanares simultáneas, (2) obtención de imágenes 3D en tiempo real o en vivo, y (3) obtención de imágenes 3D de varios latidos activadas electrocardiográficamente. El estudio 3D generalmente comienza con modos de obtención de imágenes en tiempo real, como la adquisición en vivo y de ángulo estrecho. Sin embargo, siempre que sea posible también deben utilizarse los modos 3D seleccionados, incluido el Doppler color 3D, para aprovechar la resolución espacial y temporal mejorada de estas adquisiciones de ángulo ancho (Figura 3).

Los sistemas 3D actuales tienen resoluciones diferentes para cada una de las tres dimensiones, con resolución axial (~0,5 mm) mejor que lateral o azimutal (~2,5 mm) y resoluciones de elevación (~3 mm).¹²

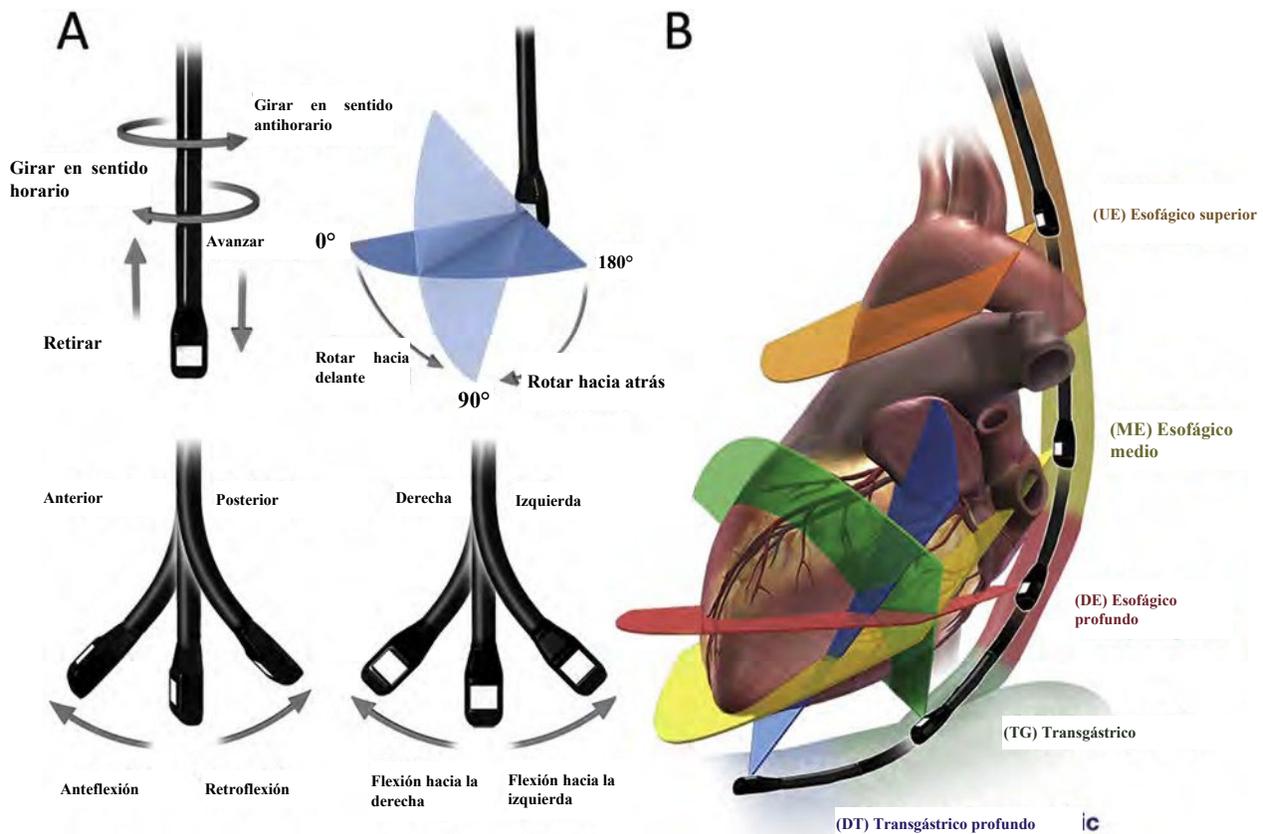


Figura 1 Manipulación de sondas y niveles de imágenes. La terminología para la manipulación de la sonda (A) es la siguiente: (1) avanzar o retirar la sonda dentro del esófago, (2) rotar la sonda en sentido horario (hacia el tórax derecho) o en el sentido contrario (hacia el lado izquierdo del pecho), (3) flexión axial de la sonda (anteflexión y retroflexión), (4) flexión lateral de la sonda (flexión derecha y flexión izquierda), y (5) rotación mecánica (rotación hacia delante aumentando los grados de rotación y rotación hacia atrás disminuyendo los grados de rotación). Los cinco niveles de obtención de imágenes (B) son UE, ME, DE, TG y DT.

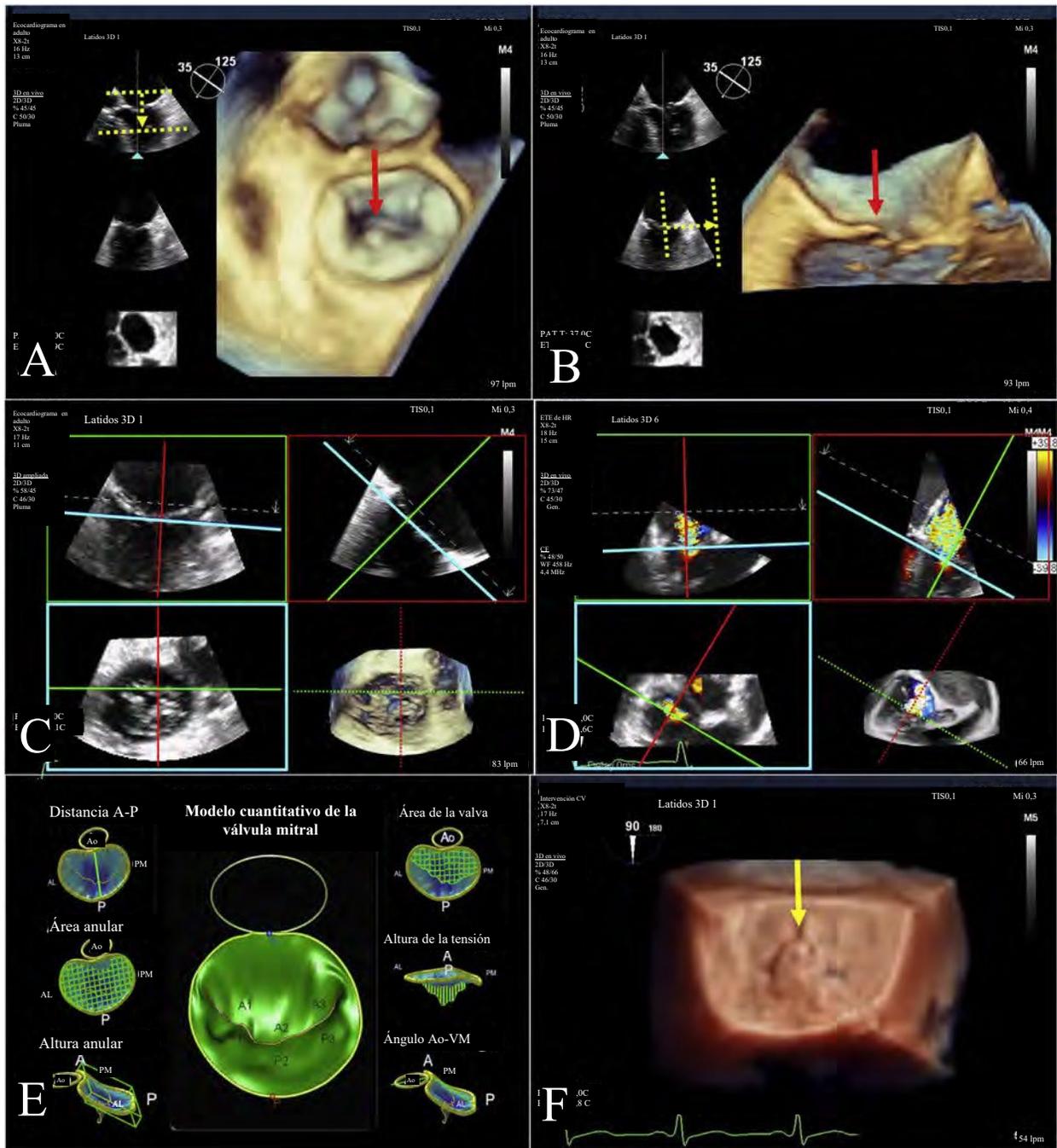


Figura 2 Herramientas de reproducción y recorte de imágenes 3D en tiempo real. El recorte en tiempo real de la imagen con el volumen obtenido se puede realizar con herramientas de recorte en el carro. En un paciente con el segmento P2 de la VM inestable (**A** y **B**, flecha roja), las herramientas de corte en tiempo real permiten que el explorador posicione rápidamente el plano de corte (líneas amarillas), lo que resulta en la visualización en tiempo real de la VM desde la vista de un cirujano (**A**) o mirando la comisura lateral (**B**). Los paneles **C** y **D** son ejemplos de reconstrucción multiplanar 3D en tiempo real de la VT (con y sin Doppler color, respectivamente), con alineación en el eje del espacio de coaptación regurgitante tricuspídeo (líneas azules) y una imagen del SAX del orificio regurgitante en el plano azul (cuadro azul). Pueden ser útiles diversas herramientas de reconstrucción, como reconstrucción de superficie (**E**) e imágenes fotorrealistas (**F**, la flecha amarilla apunta al segmento P2 inestable). A, anterior; AL, anterolateral; Ao, aorta; P, posterior; PM, posteromedial.

Estas diferencias crean “vóxeles no isotrópicos”, de modo que los cambios leves en los ángulos o niveles de las imágenes pueden dar lugar a un aspecto ecocardiográfico 3D diferente de la misma estructura cardíaca. Conocer estas limitaciones ayudará a determinar el (los) mejor(es) plano(s) de obtención de imágenes para una anomalía específica. La optimización y la alineación de los planos de imágenes 2D transversales dentro del volumen 3D, o reconstrucción multiplanar, permite una cuantificación

precisa de las dimensiones y áreas estructurales. Se desaconseja la medición directa en una imagen en 3D porque (1) el objeto que se medirá puede estar fuera del eje en el volumen 3D, los que cambia el aspecto estructural en comparación con una imagen en el eje (es decir, paralaje) y (2) el aumento del grosor del corte de un volumen 3D puede acentuar las estructuras en el campo cercano o lejano, lo que evita una delineación clara de la estructura de interés.

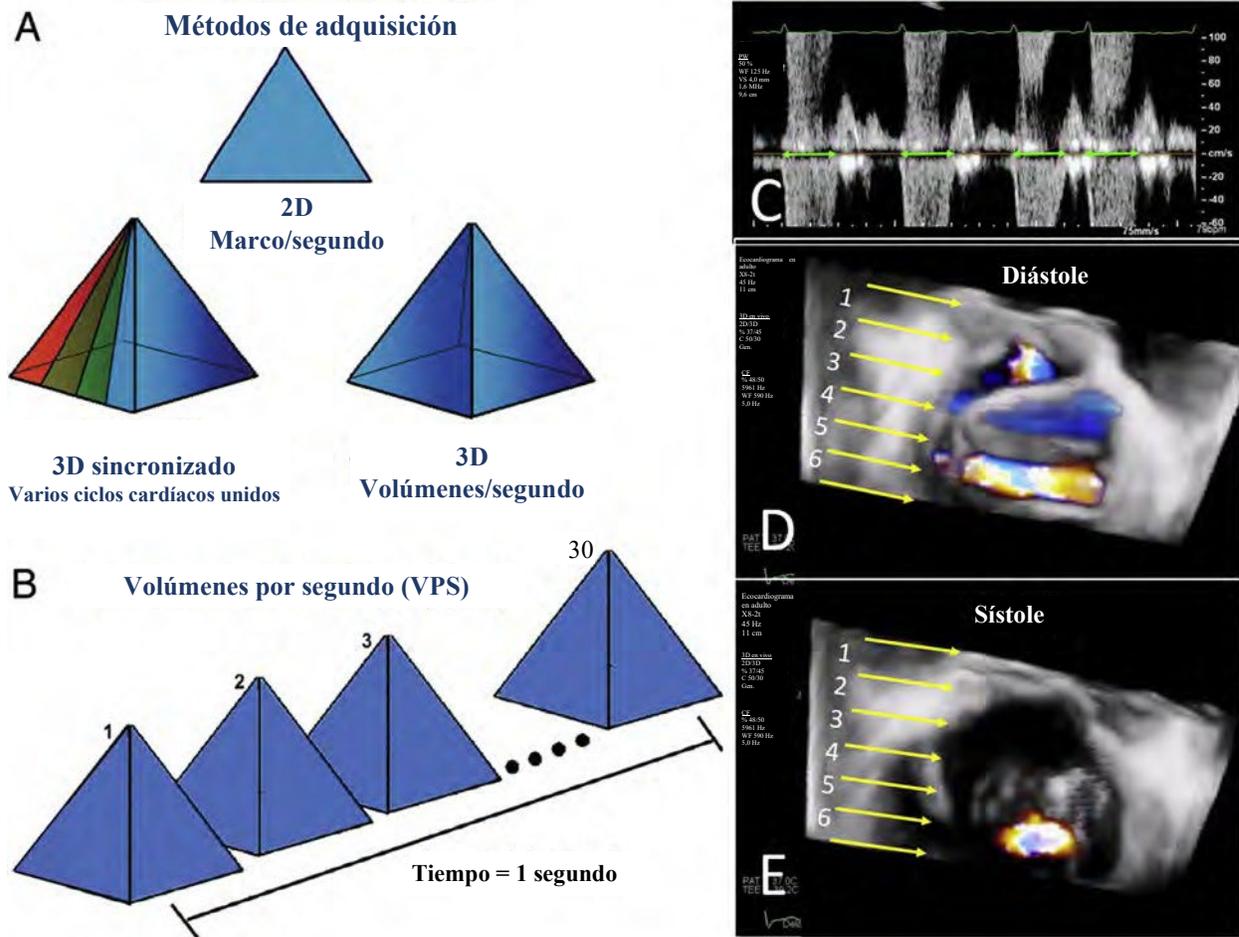


Figura 3 Métodos de adquisición de volumen tridimensional. Las imágenes tridimensionales pueden adquirirse como un volumen 3D de latido único o un volumen empalmado de latido múltiple (A). Para aumentar la resolución temporal y espacial de una imagen 3D, el empalme adquiere volúmenes estrechos de información en varios latidos cardíacos y luego los une para crear un conjunto de datos volumétricos más grande. Este método de adquisición de datos compensa la resolución temporal deficiente de una adquisición ecocardiográfica 3D volumétrica completa en tiempo real de un solo latido (B). En un paciente con fibrilación auricular, el intervalo de tiempo sistólico muestra menos variabilidad (C, flechas verdes) en comparación con el intervalo de tiempo diastólico. Por lo tanto, en un volumen de regurgitación de la VM Doppler color 3D usando seis subvolúmenes (D, E), es posible que los artefactos de puntos en la diástole (D) no sean prominentes en la sístole (E), aunque pueden existir artefactos de empalme no detectables. Los paneles A y B se reprodujeron con el permiso de Lang *et al.*¹¹

Se puede utilizar un enfoque de tres pasos, descrito en la Figura 4, para alinear un plano de obtención de imágenes 2D dentro del volumen 3D utilizando un software en el carro. Los avances más recientes (reconstrucción multiplanar en tiempo real) permiten la reconstrucción 2D de las adquisiciones 3D en tiempo real. Una imagen empalmada de múltiples latidos no se utiliza habitualmente cuando se requieren mediciones precisas (p. ej., área anular aórtica o perímetro) porque los artefactos de empalme que no son detectables pueden afectar significativamente las mediciones. Cuando se requieren adquisiciones de múltiples latidos (p. ej., para optimizar las velocidades de volumen), el uso de esta pantalla multiplanar representará los subvolúmenes en el plano de elevación, lo que permitirá que el explorador elija volúmenes de múltiples latidos sin artefactos de empalme evidentes. Otros artefactos 3D se enumeran en la Tabla 2.¹³

SECCIÓN II: PROTOCOLOS DE DIAGNÓSTICO POR IMÁGENES ESPECÍFICOS DE LA ESTRUCTURA

A. Evaluación de la VA

El implante transcáteter de la VA (ITVA) se ha convertido en terapia estándar para muchos pacientes con estenosis aórtica (EA) grave.⁴ Además,

se han usado dispositivos disponibles comercialmente¹⁴ y en investigación^{15,16} para tratar la regurgitación aórtica (RA) nativa. Si bien su función ha evolucionado, la ecocardiografía sigue siendo esencial antes, durante y después de ITVA.¹⁷ Las imágenes de ETE previas al procedimiento para evaluar el complejo de la raíz aórtica y la VA pueden ser adecuadas, particularmente cuando la tomografía computarizada (TC) realzada con contraste está contraindicada o no está disponible o cuando las características anatómicas observadas por ecocardiografía transtorácica (ETT) generan preocupación por la viabilidad de ITVA o sugieren un riesgo alto de complicaciones. Los médicos que participan en la atención de los pacientes de ITVA deben estar familiarizados con la adquisición e interpretación de imágenes de ETE relevantes y deben poder usarlas para la toma de decisiones compartidas antes de las intervenciones.³

1. Anatomía de la VA. La VA está compuesta por tres valvas unidas de manera semilunar a lo largo de toda la longitud de la raíz aórtica, con el punto más alto de fijación en el nivel de la unión sinotubular y los nadires de la valva que definen el “anillo virtual”¹⁸ (Figura 5). Las imágenes de eje corto (SAX) del lado aórtico a nivel de las valvas (Figuras 5A y 5B) son las más útiles para determinar la morfología y la patología de la valva. Las imágenes del lado ventricular izquierdo (VI) (Figuras 5C y 5D) pueden

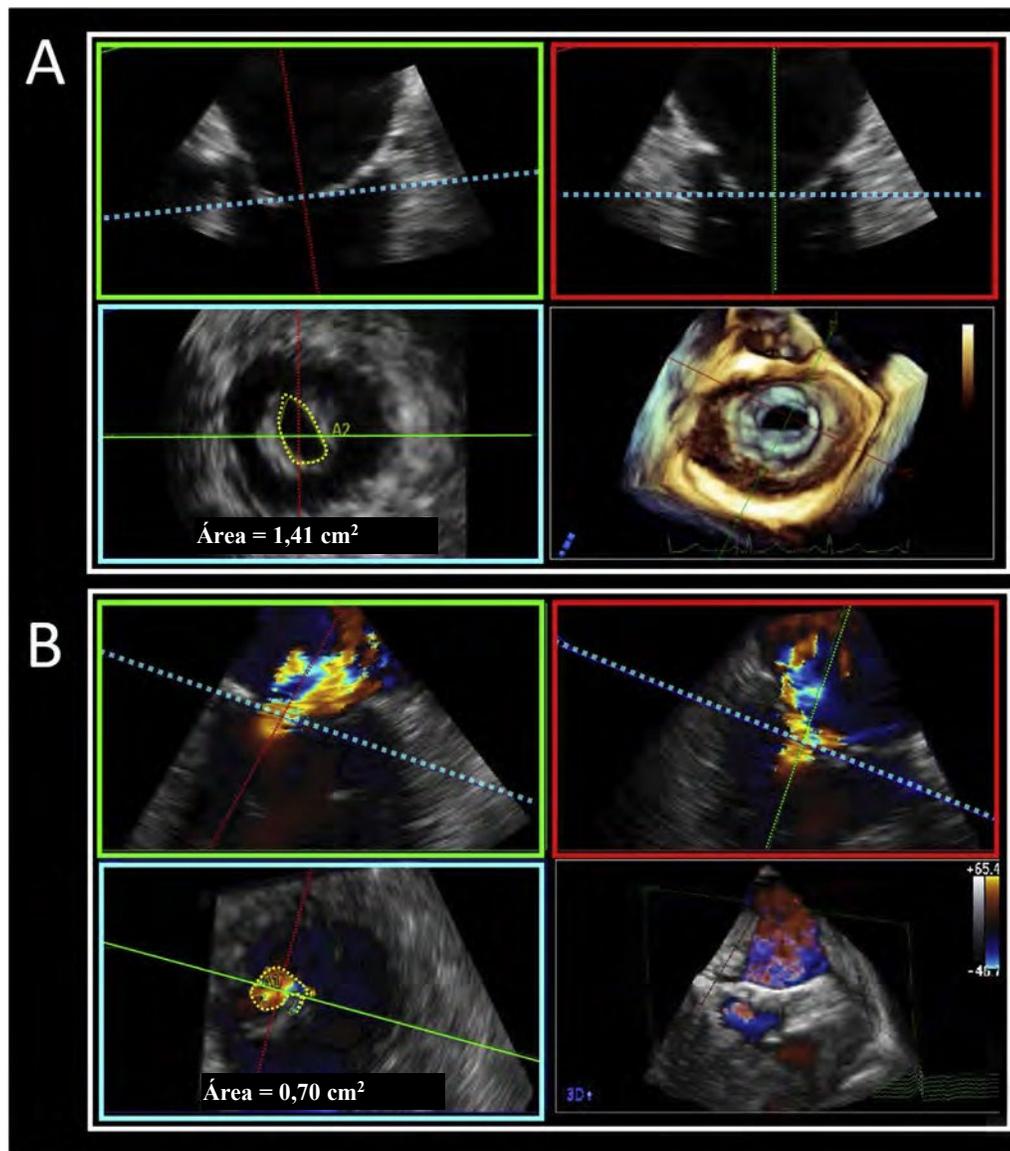


Figura 4 Enfoque de tres pasos para cuantificar las estructuras cardíacas. Paso 1: se orientan dos planos 2D ortogonales (*recuadros verde y rojo*) de forma perpendicular a la estructura que se medirá. En los ejemplos que se muestran, los planos verde y rojo son perpendiculares al orificio de la VM (**A**) o al chorro de Doppler color regurgitante de la VM (**B**). Paso 2: el tercer plano 2D ortogonal (*recuadro azul*) ahora es la vista SAX y está posicionado al nivel de la estructura que se medirá. En los ejemplos que se muestran, el *plano azul* se coloca a nivel de las puntas de las valvas mitrales (**A**) o de la vena contracta regurgitante (**B**). Paso 3: se mide la estructura en el plano SAX (*recuadro azul*). En los ejemplos mostrados, el área de la VM (**A**) o el de la vena contracta regurgitante (**B**) está planimetrada. Tenga en cuenta que la imagen 3D en la esquina inferior derecha puede utilizarse para confirmar la orientación de los tres planos de imágenes ortogonales.

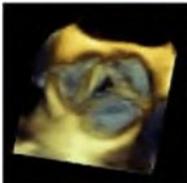
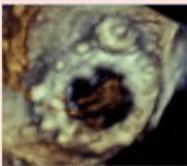
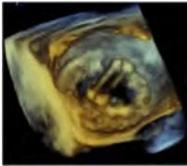
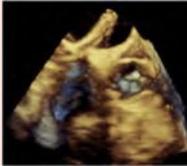
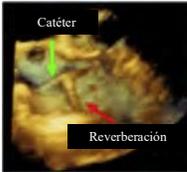
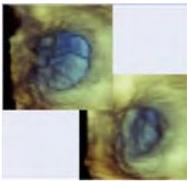
revelar patologías subvalvulares. La mayor parte del anillo está compuesta por la base de los triángulos entre valvas, o trígonos (*Figuras 5E y 5F*). La unión ventrículo-arterial entre el miocardio ventricular y la pared fibroelástica de la raíz aórtica tiene elementos musculares y fibrosos, e incluye la cortina mitral-aórtica y el septo membranoso y el sistema de conducción adyacente.¹⁹ La longitud del septo membranoso puede ser un importante factor de predicción anatómico del bloqueo cardíaco después de la ITVA.²⁰

2. Protocolo general de obtención de imágenes para la VA (*Tabla 3*).

Vistas ME. El SAX ME (rotación mecánica de 40°–60°), eje largo (rotación mecánica de 110°–140°) o imagen biplanar de la VA (*Figura 6*) es integral para evaluar la morfología de la válvula: se puede distinguir una VA tricúspide (*Figuras 6A y 6B*) o bivalva (*Figuras 6C y 6D*) mediante la

visualización de la apertura y el cierre de la valva con imágenes 2D (*Figuras 6A y 6C*) o Doppler color (*Figuras 6B y 6D*). La vista de eje largo del VA es esencial para analizar la patología de la valva (*Figuras 6E y 6F*), el septo basal del VI y la patología subaórtica. Las mediciones aórticas se realizan desde la vista del eje largo de ME en la diástole final, utilizando la técnica de borde delantero a borde delantero (*Figuras 7A y 7B*).²¹ El diámetro anular aórtico se mide en el plano sagital, desde una vista del eje largo de ME ampliada de alta resolución de la VA con el tracto de salida del VI (TSVI) alineado con la raíz aórtica, perpendicular al haz de ecografía (*Figura 7C*). Desde esta vista, el triángulo entre las valvas no coronaria y coronaria izquierda generalmente se observa en la región posterior, mientras que la imagen debe biseccionar la valva coronaria derecha en la región anterior, y el nadir de la valva identificando el nivel del anillo (*Figura 7D*).

Tabla 2 Artefactos de las imágenes 3D

Tipo de artefacto	Mecanismo	Impacto en las imágenes	Ejemplo 3D
Combinación	Yuxtaposición incorrecta en la interfaz de subvolumenes secuenciales (debido a arritmias, respiración, movimiento de la sonda/del paciente)	Demarcación fuerte entre subvolumenes que conducen a una imagen “rota”	
Caída de eco	Poca intensidad de la señal ecocardiográfica debido a ecos débiles	Estos artefactos pueden diagnosticarse erróneamente como verdaderos agujeros/perforaciones	
Borramiento	Bordes indistintos de estructuras debido al ensamblaje de vóxeles no isotrópicos (2° a diferencias en axial > lateral > resolución de elevación)	Las estructuras delgadas (es decir, las suturas) parecen más gruesas de lo que son	
Proliferación	Las estructuras metálicas, cuando se intersectan por ecografía, producen bordes que se extienden más allá de los bordes de dispositivos/catéteres metálicos.	Las estructuras metálicas aparecen con bordes irregulares y gruesos	
Con forma de ferrocarril	En catéteres grandes con lúmenes anchos, dos superficies son perpendiculares al haz de ecografía, lo que produce ecos fuertes, mientras que las otras dos son tangenciales, lo que produce ecos muy débiles	Un solo catéter aparece como dos estructuras lineales	
Reverberaciones	Reflejo múltiple del componente metálico de catéteres	Según la perspectiva y la posición del catéter, pueden aparecer reverberaciones que prolongan el catéter	
Observación	Incapacidad de la ecografía de pasar a través de catéteres/dispositivos muy reflectantes	Falta de tejido posterior a los catéteres/dispositivos que pueden aparecer como un “desgarro” de las estructuras cardíacas	
Ganancia	La variación de ganancia puede producir una variación significativa en el tamaño de la estructura	Los orificios pueden parecer más grandes o más pequeños de acuerdo con la variación de la ganancia	

El TSVI o la medición anular en sístole debe usar la articulación de la valva derecha como punto anterior de medición y la raíz aórtica posterior en la base del triángulo entre valvas (perpendicular a la raíz aórtica) como punto posterior. Si bien las pautas sugieren que la medición del TSVI debe realizarse a 0,5 a 1,0 cm del anillo, los estudios indican que el cálculo del área de la VA utilizando el TSVI medido en el anillo es más reproducible y exacto.^{22,23} Otra anatomía aórtica, como la altura coronaria por encima del plano anular y la longitud de las valvas de la VA, puede medirse a partir de imágenes reconstruidas en 2D utilizando un volumen en 3D ampliado (Figura 7E). Esta información se utiliza para determinar el riesgo de oclusión de la arteria coronaria durante el despliegue de la válvula o la valvuloplastia con balón. Las imágenes tridimensionales obtenidas o multiplanares también pueden utilizarse para definir la morfología y cuantificar el área de la válvula o la gravedad de la regurgitación (Figura 8).

Vistas TG y DT. Las vistas DT son esenciales para evaluar la función de la VA. La vista DT de cinco cámaras (Figura 9A) es importante para la evaluación integral Doppler de la función VA. Con la EA, el volumen de la muestra Doppler de onda pulsada se posiciona justo proximal a la convergencia de flujo en la sístole (Figura 9B), mientras que para la RA, el volumen de la muestra debe estar en el nivel del anillo en la sístole. El volumen sistólico se calcula usando el diámetro del TSVI sistólico desde las vistas ME (Figura 7A,C). Se utiliza el Doppler de onda continua (CW) en la VA (Figura 9C) para calcular el área de la VA. Se debe intentar una vista TG de eje largo a 80° a 120° (Figura 9D), ya que este plano de imagen generalmente permitirá la alineación del haz de ecografía con los chorros que se dirigen más hacia la parte anterior o hacia la derecha. Los estudios han sugerido que hasta el 50 % de los pacientes con EA tendrán la velocidad máxima registrada desde la ventana paraesternal derecha en la ETT,²⁴ y la vista TG a 80° a 120° es una aproximación cercana a esta ventana de imágenes. Si se requiere un volumen sistólico hacia delante para calcular el volumen de RA, entonces se debe adquirir el volumen sistólico del tracto de salida ventricular derecho (TSVD) (Figura 9E–9H). Para una evaluación precisa del volumen sistólico, recomendamos obtener Doppler de onda pulsada (Pulsed wave, PW) de la vista TG o DT para los cálculos de TSVI y TSVD. Alternativamente, la vista UE puede utilizarse para el volumen sistólico TSVD si las vistas TG no son viables y esta vista alternativa está alineada con el haz de ecografía.

3. Estenosis de la VA. Morfología valvular y gravedad de la EA. La gravedad de la EA se determina con exactitud mediante ecocardiografía transtorácica 2D y Doppler.⁷ En el contexto de ETT sin diagnóstico, se puede usar la obtención de imágenes de ETE para determinar la morfología de la raíz aórtica y de la VA. Si bien estudios anteriores han cuestionado la precisión de la planimetría 2D y 3D del área de la VA,²⁵ estudios más recientes han sugerido que la planimetría 2D del área de la VA con imágenes de ETE es precisa en comparación con las válvulas escaneadas 3D *ex vivo*²⁶, así como la TC.^{27,28} Sin embargo, este método requiere experiencia para identificar la imagen adecuada de las puntas de las valvas sin caída de eco acústico, y puede que no sea posible en el 15 % al 25 % de los estudios.^{27,28}

Raíz y anillo aórtico. La medición del perímetro, el diámetro o el área de la “anular virtual” se puede utilizar para medir las válvulas ITVA. Debe adquirirse una adquisición 3D ampliada definido por el usuario para realizar estas mediciones, teniendo cuidado de incluir todo el anillo, pero limitando el tamaño del volumen para optimizar la velocidad de reproducción (Figura 10). Una vez identificado el anillo en la reconstrucción multiplanar (Figura 10A), se pueden realizar mediciones del área anular, el perímetro y el diámetro ortogonal. Los métodos indirectos manuales (Figura 10B) se han validado contra TC,¹⁷ pero los paquetes de software automatizados introducidos más recientemente (Figuras 10C y 10D) aún requieren una validación adecuada.

4. Regurgitación de la VA. Morfología valvular y gravedad de la RA. La evaluación de la RA utiliza las mismas ventanas de obtención de imágenes que para la EA e incluye mediciones anulares y evaluación del riesgo de obstrucción de la arteria coronaria (Figura 7). Si bien la ETT puede ser suficiente para evaluar la gravedad de la RA, con frecuencia se necesitan imágenes de ETE para evaluar el mecanismo de la RA (Figura 11) y para una mayor cuantificación de los chorros excéntricos, ya que estos pueden ser difíciles de visualizar con ETT.^{1,6,29}

Cuantificación de la RA. Se debe realizar una evaluación Doppler de la RA cuando el chorro esté alineado con el haz de ecografía. Debido a que el prolapso de las valvas es una etiología frecuente de la RA (Figura 12A), los chorros regurgitantes pueden ser excéntricos y, por lo tanto, alineados en paralelo al haz de ecografía desde vistas ME en el eje (o ligeramente fuera del eje) (Figura 12B). Se puede realizar una evaluación con CW (Figura 12C) y Doppler color (Figura 12D). Si el chorro RA es perpendicular al haz de ecografía desde las vistas ME, se puede realizar una evaluación Doppler desde las vistas DT. Esta evaluación debe incluir la cuantificación del área de superficie de isovelocidad proximal (PISA) cuando sea posible (Figura 12E), el cálculo del volumen sistólico VI, utilizando Doppler de onda pulsada con el volumen de la muestra al nivel del anillo aórtico (Figura 12F), y Doppler CW para evaluar la presión de RA en medio tiempo, velocidad en tiempo integral y densidad del chorro (Figura 12G). Es importante recordar que el área y la longitud del chorro de Doppler color no deben utilizarse para cuantificar la RA y que el ancho de la vena contracta puede sobreestimarse desde las vistas TG debido a la resolución lateral subóptima o azimutal. La inversión del flujo diastólico en la aorta descendente debe evaluarse tanto a partir de las vistas de TG (Figura 12H) como de la vista esofágica media a alta (justo distal al arco aórtico); es más probable que haya una RA significativa cuando se detecta inversión del flujo holodiastólico en las porciones distales de la aorta (Figura 12I).

D. Evaluación de la VM

1. Anatomía de las VM. La VM es una estructura compleja que comprende la pared auricular izquierda y el anillo, valvas, comisuras, cuerdas tendinosas, músculos papilares, y el ventrículo izquierdo.³⁰⁻³² El anillo mitral se define por la convergencia de las paredes musculares auriculares y ventriculares, la línea de la articulación de las valvas mitrales, tejido adiposo epicárdico, cordón discontinuo de tejido fibroso en su cara posterior, y una banda de tejido conectivo sólido (corteza mitral-aórtica o fibrosa intervalvular) en su aspecto anterior (Figura 13A).³³ A menudo el anillo mitral se describe como tener una morfología en forma de montura en estudios 3D con picos anteriores y posteriores, y con valores mínimos cerca de los triángulos fibrosos.³⁴ El cuerno de la montura es la transición continua de la valva anterior de la VM a la cortina mitral-aórtica (Figura 13B); sin embargo, el punto de articulación de la valva mitral anterior es ventricular al anillo aórtico (Figura 13C), lo que hace que el cuerno anterior sea más virtual que una estructura anatómica bien definida. La medición del anillo en la imagen multimodal a menudo utiliza la distancia de triángulo a triángulo, lo que convierte el anillo en una estructura “en forma de D”; el componente recto se llama convencionalmente anillo mitral anterior, mientras que el componente curvo es el anillo mitral posterior (Figura 13A).³⁵

Se han propuesto dos esquemas de segmentación de valvas: la clasificación original de Carpentier³⁶ y una modificación de esta.³⁷ Debido a que la valva posterior generalmente tiene dos indentaciones bien definidas, el esquema clásico de Carpentier se refiere a unos festones separados como P1 (anterolateral), P2 (medio) y P3 (posteromedial).

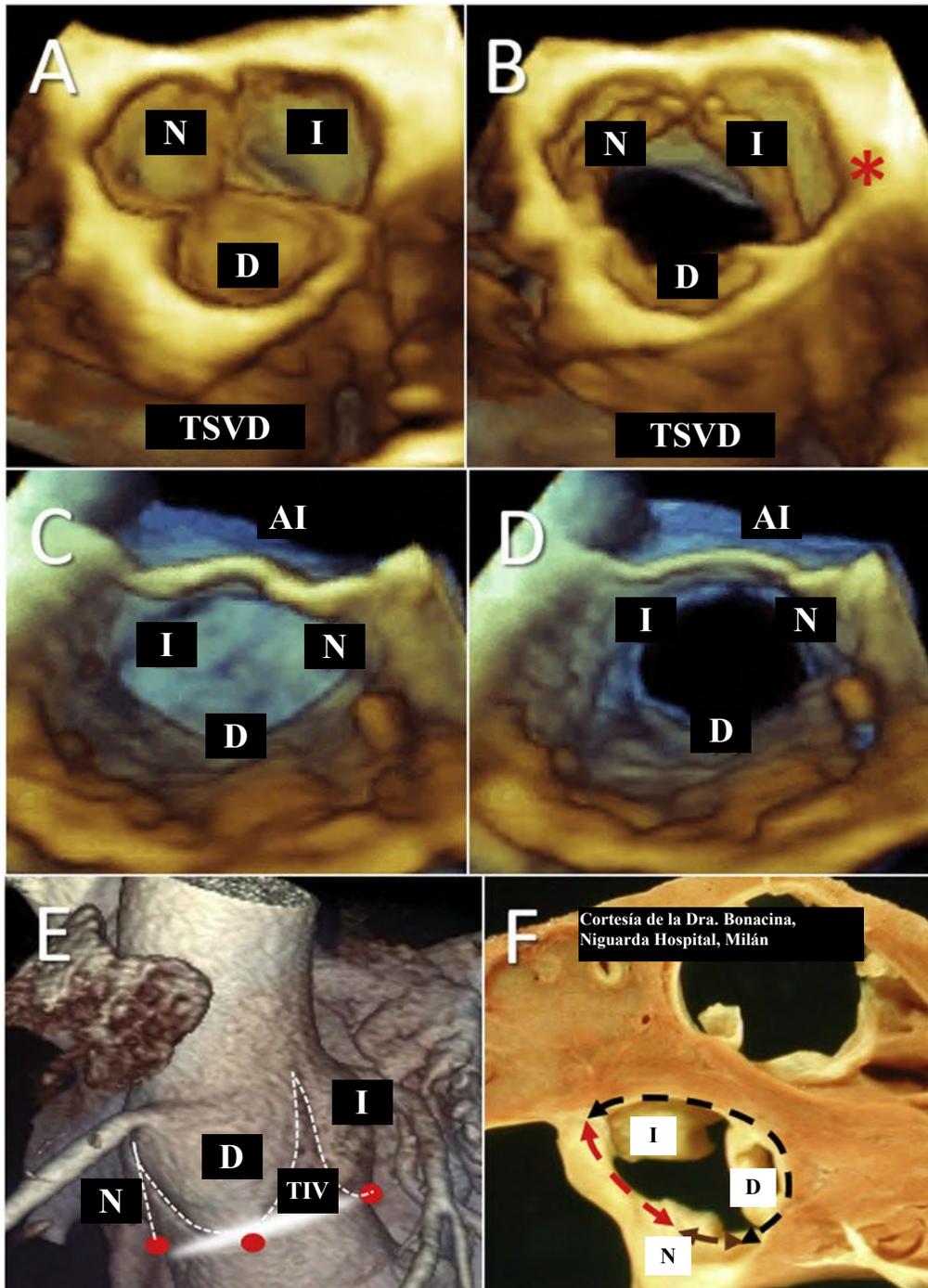


Figura 5 Anatomía de la VA y el anillo. Los paneles **A** y **B** son imágenes 3D ETE que muestran las valvas VA desde una perspectiva aórtica en **(A)** sístole y **(B)** diástole. La valva coronaria izquierda (I) se encuentra debajo del orificio de la arteria coronaria principal izquierda (*asterisco rojo*, **B**). La valva coronaria derecha (D) ubicada en posición anterior es adyacente al TSVD (tenga en cuenta que no se toman imágenes de la arteria coronaria derecha). La valva no coronaria es adyacente al SIA. Las imágenes desde la perspectiva ventricular en la sístole **(C)** y la diástole **(D)** ayudan a identificar las anomalías del TSVI. La raíz aórtica y los senos de Valsalva **(E)** se muestran mediante imágenes tomográficas computadas (*modelo electrónico*). La *línea discontinua* sigue la articulación de las valvas, lo que supone una configuración en forma de corona. Los tres *puntos rojos* identifican el nadir de las líneas de articulación y, por lo tanto, el plano del “anillo virtual” (*elipse blanca*). Se observan el seno no coronario de Valsalva (N), el seno derecho de Valsalva (D) y el seno izquierdo de Valsalva (L). Esta muestra anatómica **(F)** muestra la unión ventriculo-arterial, que es parcialmente muscular (*flecha discontinua negra con doble dirección*) y parcialmente fibrosa (*flechas discontinuas roja y violeta con doble dirección*). El componente fibroso comprende la cortina mitral aórtica (*flecha roja con doble dirección*) y el septo membranoso (*flecha violeta con doble dirección*). TIV: triángulo intervalvas; L: valva coronaria izquierda o seno de Valsalva; AI: aurícula izquierda; TSVI: tracto de salida ventricular izquierdo; N: valva no coronaria o seno de Valsalva; D: valva coronaria derecha o seno de Valsalva; TSVD: tracto de salida ventricular derecho.

Los términos “sístole” y “diástole” se intercambiaron en esta leyenda de la Figura 5. Consulte la página siguiente para conocer la leyenda corregida.

CORRECCIÓN

Corrección del documento titulado “Estándares recomendados para la realización del examen ecocardiográfico transesofágico para la intervención cardíaca estructural: De la Sociedad Estadounidense de Ecocardiografía (American Society of Echocardiography)” de Hahn et al., publicada en la edición de enero de 2022 de JASE (J Am Soc Echocardiogr 2022;35:1-76).

Los términos “sístole” y “diástole” se intercambiaron desde la leyenda de la Figura 5 anterior.

La leyenda de la Figura 5 debe decir lo siguiente:

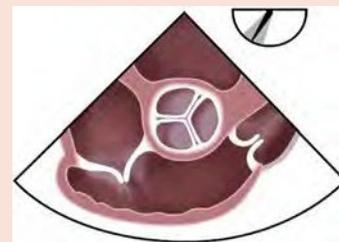
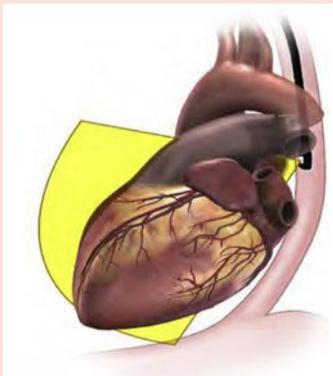
Figura 5 Anatomía de la válvula aórtica y el anillo. Los paneles **A** y **B** son imágenes ETE 3D que muestran las valvas de la VA desde una perspectiva aórtica en (**A**) diástole y (**B**) sístole. La valva coronaria izquierda (I) se encuentra debajo del orificio de la arteria coronaria principal izquierda (asterisco rojo, B). La valva coronaria derecha (D) ubicada en posición anterior es adyacente al TSVD (tenga en cuenta que no se toman imágenes de la arteria coronaria). La valva no coronaria es adyacente al septo interauricular. Las imágenes desde la perspectiva ventricular en la diástole (**C**) y la sístole (**D**) ayudan a identificar las anomalías del TSVI. La raíz aórtica con los senos de Valsalva (**E**) se muestran mediante imágenes tomográficas computadas (modelo electrónico). La línea discontinua sigue la articulación de las valvas, lo que supone una configuración en forma de corona. Los tres puntos rojos identifican el valor mínimo de las líneas de articulación y, por lo tanto, el plano del “anillo virtual” (elipse blanca). Esta muestra anatómica (**F**) muestra la unión ventrículo-arterial, que es parcialmente muscular (flecha discontinua negra con doble dirección) y parcialmente fibrosa (flechas discontinuas roja y violeta con doble dirección). El componente fibroso comprende la cortina mitral aórtica (flecha roja con doble dirección) y el septo membranoso (flecha violeta con doble dirección). TIV: triángulo intervalvas; L: seno coronario izquierdo; AI: aurícula izquierda; N: seno no coronario; D: seno coronario derecho; TSVD: tracto de flujo de salida ventricular derecho.

Tabla 3 Protocolo de obtención de imágenes de la VA

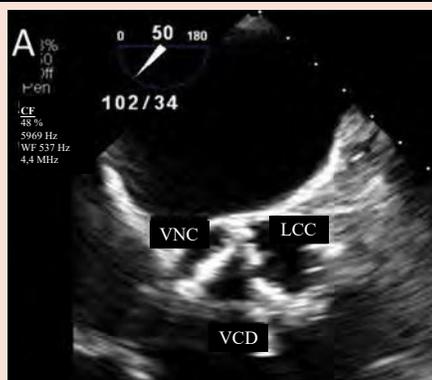
Nivel de imágenes: ME SAX de la VA vista 40°–60°

Protocolo de adquisición:

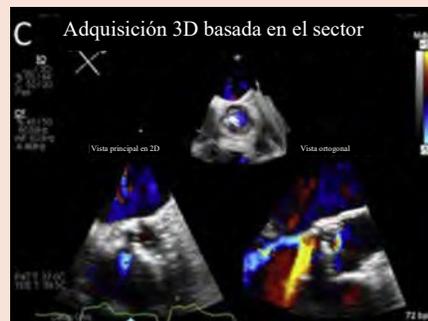
- La rotación en sentido horario o en sentido antihorario de la sonda ETE mostrará varios aspectos de la VA o la prótesis.
- Rotación en sentido antihorario o retroflexión para la visualización del SAX del TSVI.



Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 3 (continuación)

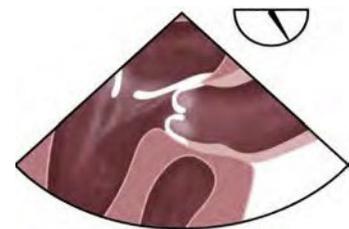
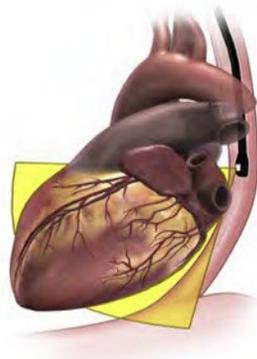
Nivel de imágenes: ME SAX de la VA vista 40°–60°

- | | | |
|---|---|---|
| <p>A. Imágenes del estudio ME del SAX de la VA que muestran tres valvas de la válvula aórtica en sístole.</p> <p>B. Rotación en sentido antihorario, retroflexión o avance desde A para visualizar el TSVI justo debajo de las valvas de la VA.</p> | <p>A. Adquisición 3D definida por el usuario en vista triplanar desde una vista principal ME del SAX, lo que garantiza la adquisición de toda la raíz aórtica. La vista principal y los dos planos ortogonales están representados en la visualización triplanar.</p> <p>B. Vista tridimensional frontal de la VA durante sístole que muestra la anatomía de la valva.</p> <p>C. Doppler color basada en el sector tridimensional desde la vista principal ME del SAX en vista biplanar, lo que garantiza la inclusión del chorro central de la RA en el conjunto de volumen. Para la evaluación del chorro central de la RA, no es necesario adquirir la totalidad del plano anular.</p> | <p>A. La imagen Doppler color biplanar de la vista principal ME del SAX con plano inclinado descentrado aclara la fuga paravalvular desde el borde externo de la cara medial del anillo de costura protésica en la vista ortogonal de la derecha.</p> <p>B. Imagen Doppler color del SAX que demuestra la RA que surge del centro de la coaptación de la valva.</p> |
|---|---|---|

Nivel de imágenes: Vista ME del eje largo de la VA 110°–140°

Protocolo de adquisición

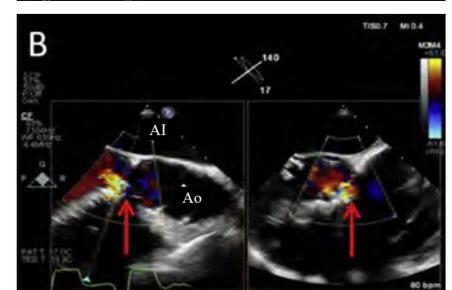
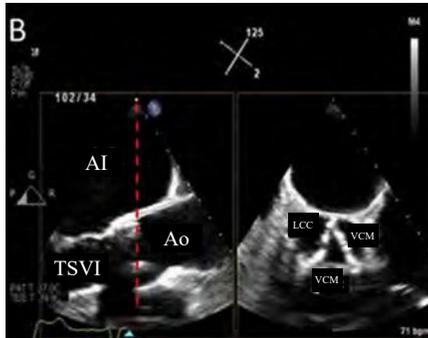
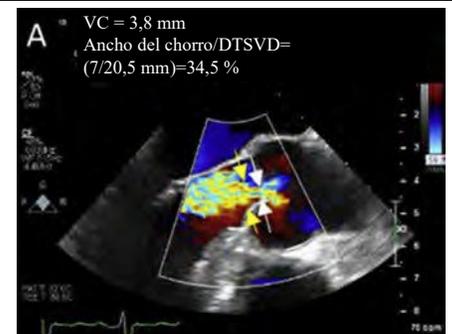
- Avance de la maniobra, anteflexión.
- Agregue vistas biplanares según sea necesario.
- Avance de la sonda ± anteflexión utilizada para ver los aspectos ventriculares del marco protésico o las valvas nativas/protésicas.
- Retiro de la sonda ± retroflexión utilizada para ver los aspectos aórticos del marco protésico o las valvas nativas/prótesis.
- El ángulo requerido para el obtención de imágenes del TSVI y la VA a menudo es >120°.



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

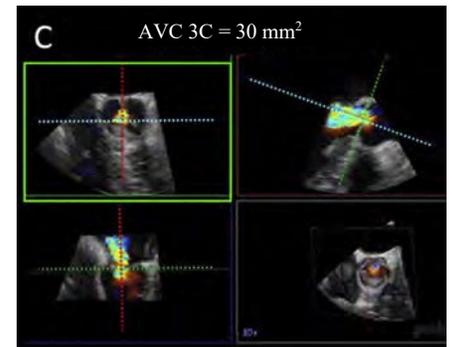
Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 3 (continuación)

Nivel de imágenes: Vista ME del eje largo de la VA 110°–140°

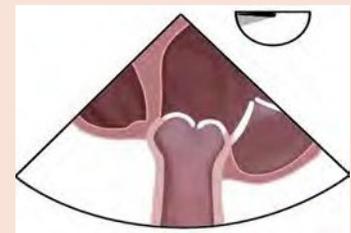
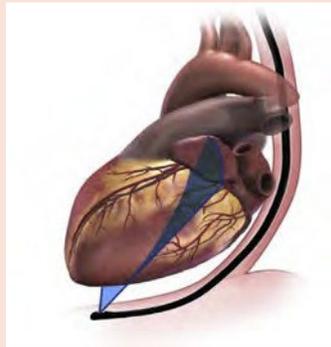


- A. Vista del eje largo de la VA utilizada para medir el diámetro del TSVI.
- B. Imagen biplanar desde la vista ME principal del eje largo con imagen ortogonal en las valvas medias de la VA que demuestran valvas engrosadas ortogonales de la VA tricúspide.
- A. Vista tridimensional del sector angosto que demuestra la anatomía de la VA. El sector estrecho en el plano de elevación (en pantalla) se traduce en una visualización directa del plano 2D principal de tres cámaras en 3D.
- B. Vista del sector estrecho tridimensional en Doppler color en modo biplanar, centrada en el chorro paravalvular.
- A. Vista del eje largo aórtico que muestra el flujo de RA central con VC (flechas blancas) medido en la convergencia Doppler color más estrecha. El ancho del chorro de color en el TSVI (flechas amarillas) se mide solo apical a la VA en el TSVI.
- B. Vista de eje largo aórtico con avance/anteflexión con plano de inclinación en el chorro de RA para dilucidar el origen de la fuga paravalvular en la vista ortogonal (flecha roja).
- C. Medición de AVC tridimensional en reconstrucción multiplanar. La VC se localiza en dos planos de eje largo (superior derecho e inferior izquierdo) y se mide por planimetría en la vista SAX (superior izquierdo, cuadro verde).

Nivel de imágenes: Vista DT 0°–30°

Protocolo de adquisición

- Desde el nivel de DT a 0°–30°, la anteflexión permite observar el TSVI/la VA.
- Manipulación de sondas adicionales para optimizar la alineación del haz de ecografía (en combinación con la anteflexión): rotación en sentido antihorario y/o flexión izquierda.



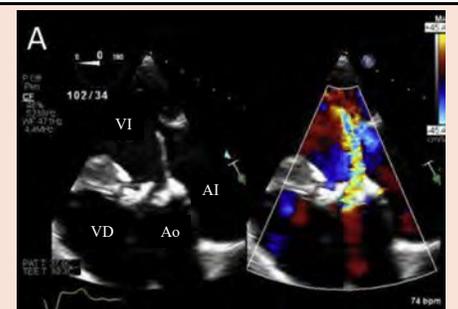
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 3 (continuación)

Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales

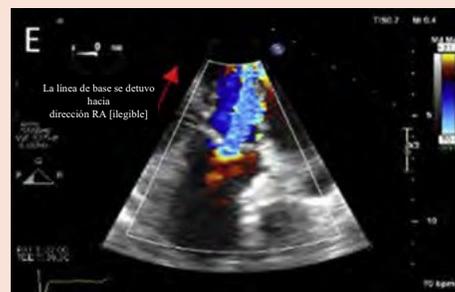
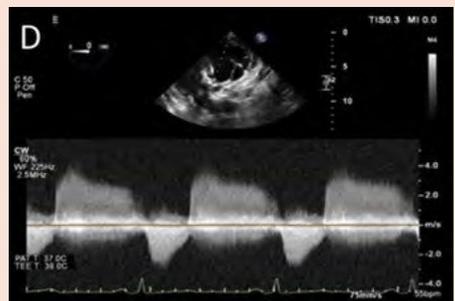
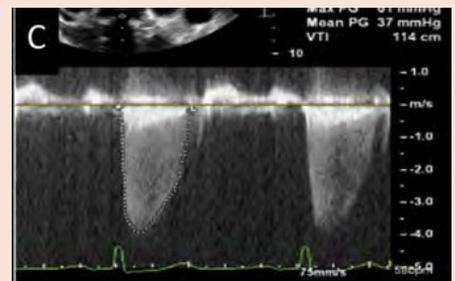
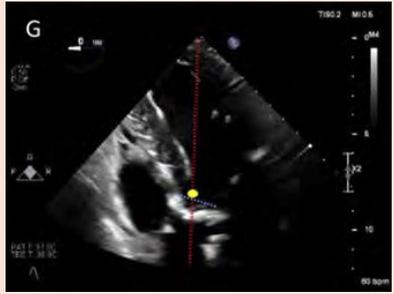


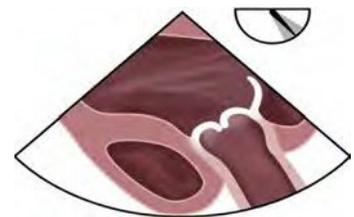
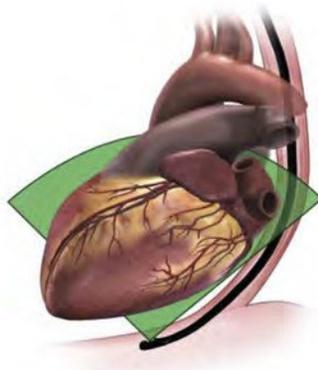
Tabla 3 (continuación)

Imágenes planas	Imágenes volumétricas	Imágenes funcionales
		
<p>A. La vista TG de cinco cámaras muestra la cara ventricular de las valvas aórticas y alinea el TSVI y la VA para el Doppler espectral.</p> <p>B. Imagen bidimensional ampliada desde la vista TG de cinco cámaras que muestra la anatomía de la valva inestable (la valva inestable se muestra con un círculo rojo, el espacio de la inestabilidad se muestra con un círculo amarillo).</p>	<p>A. Volumen tridimensional definido por el usuario en modo biplanar desde una vista TG principal de cinco cámaras para garantizar la captura de la válvula completa para la evaluación de la anatomía de la valva. La reconstrucción 3D se encuentra en la vista frontal de la VA desde el TSVI.</p> <p>B. Adquisición tridimensional Doppler color basada en el sector en vista triplanar desde una vista TG principal de cinco cámaras para garantizar la captura de VC por chorro regurgitante dentro del volumen. La valva inestable se muestra en la reconstrucción 3D (círculo rojo).</p>	<p>A. Imagen comparativa en color de la vista TG de cinco cámaras que muestra la valva aórtica inestable con la dirección de chorro de RA esperada.</p> <p>B. Doppler PW del TSVI desde la vista TG de cinco cámaras utilizada para rastrear la VTI del TSVI.</p> <p>C. Doppler CW de la VA desde la vista TG de cinco cámaras utilizada para evaluar los gradientes de la VA y la VTI VA para los cálculos del AOE.</p> <p>D. Doppler de CW de VTI RA desde la vista TG de cinco cámaras para cálculos de PHT, VoIR, AORE.</p> <p>E. AR PISA TG de cinco cámaras con desplazamiento inicial en dirección del chorro (<i>hacia el TSVI</i>) para la visualización del hemisferio.</p> <p>F. Para el cálculo puro de VS del TSVI RA, el volumen de la muestra de Doppler PW (círculo amarillo) debe colocarse a nivel de los puntos de articulación de la VA (línea discontinua azul).</p> <p>G. Para el cálculo del volumen sistólico del TSVI AS, el volumen de la muestra del Doppler PW (círculo amarillo) debe colocarse ligeramente apical al nivel de los puntos de articulación de la VA (línea discontinua azul) para evitar la zona de aceleración del flujo.</p>

Nivel de imágenes: Vista DT 110°–120°

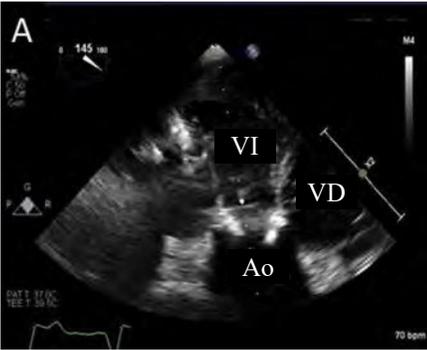
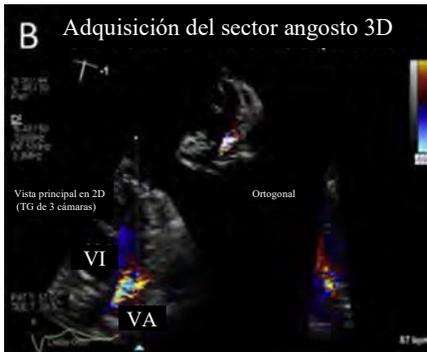
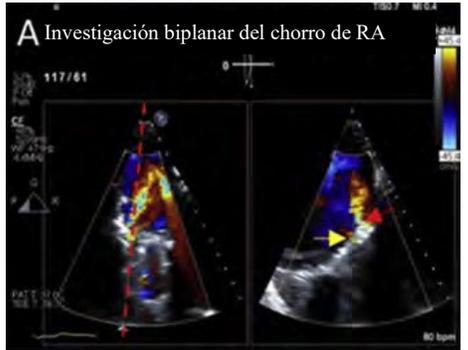
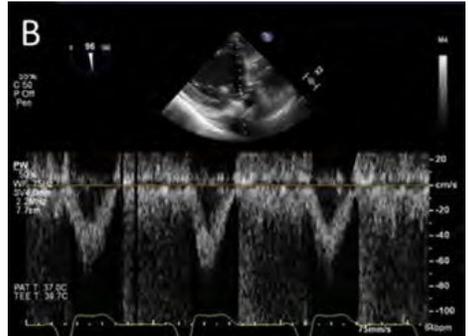
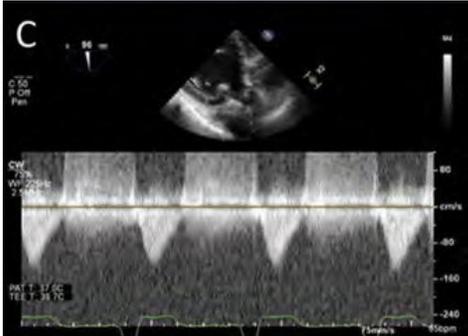
Protocolo de adquisición

- Desde el nivel de DT, retirar la sonda hasta el nivel TG con rotación mecánica de 110° a 120° debe generar una vista TG de eje largo del TSVI/la VA. Puede ser necesaria una flexión adicional y/o un avance adicional (al nivel de DT) puede mejorar la alineación del haz de ecografía.
- Nota: La vista TG 110°–120° es una alternativa a la vista TG 0°–30°. Se puede obtener información similar desde ambas vistas; sin embargo, el ángulo de insonación puede ser ligeramente diferente y podría resultar en una mejor alineación con el flujo transaórtico.



(continuación)

Tabla 3 (continuación)

Imágenes planas	Imágenes volumétricas	Imágenes funcionales
<p>A</p>  <p>B</p> 	<p>A Adquisición 3D definida por el usuario</p>  <p>B Adquisición del sector angosto 3D</p> 	<p>A Investigación biplanar del chorro de RA</p>  <p>B</p>  <p>C</p>  <p>D</p> 

(continuación)

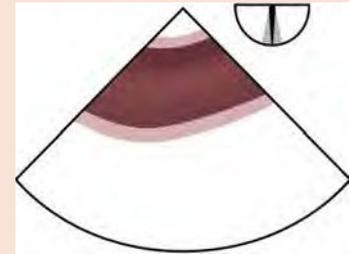
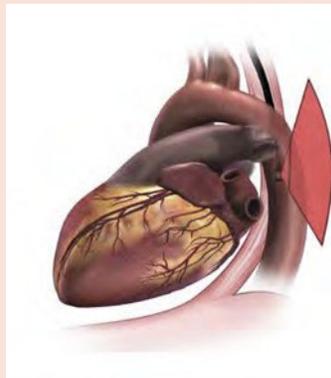
Tabla 3 (continuación)

<p>A. Vista TG de tres cámaras para demostrar el aspecto ventricular de las valvas aórticas y alinear el TSVI y la VA para el Doppler espectral.</p> <p>B. Imágenes biplanares que demuestren una valva inestable protésicas (<i>círculos rojos</i>) y un espacio (<i>círculo amarillo</i>).</p>	<p>A. Volumen tridimensional definido por el usuario en modo biplanar desde una vista TG principal de tres cámaras para garantizar la captura de la válvula completa para la evaluación de la anatomía de la valva. La reconstrucción 3D es una vista frontal de la VA desde el TSVI.</p> <p>B. Adquisición tridimensional Doppler color basada en el sector estrecho en vista biplanar para garantizar la captura del chorro RA.</p>	<p>A. Imagen biplanar de la vista TG de tres cámaras de TG que muestra interrogación de los chorros de RA de la válvula protésica de origen poco claro. La vista ortogonal aclara la ubicación del chorro paravalvular más grande (<i>flecha roja</i>) y del chorro central más pequeño (<i>flecha amarilla</i>).</p> <p>B. Se utilizó el seguimiento de la forma de onda Doppler PW del TSVI para determinar la VTI del TSVI.</p> <p>C. Doppler CW de la VA de la vista TG de tres cámaras utilizada para evaluar gradientes de la VA.</p> <p>D. Doppler de VTI RA desde la vista TG de tres cámaras para cálculos de PHT, VolR, AORE.</p>
--	---	---

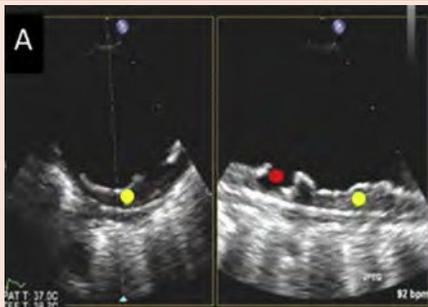
Nivel de imágenes: Vistas de UE, ME y TG 0° y 80°–100°

Protocolo de adquisición

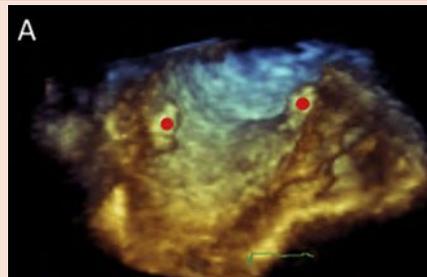
- Rotación en sentido antihorario desde el corazón hasta la aorta posicionada posteriormente, que puede explorarse en vistas SAX (rotación mecánica 0°) o eje largo (rotación mecánica 80°–100°).
- Para alinear el haz de ecografía con el flujo para la evaluación Doppler, con frecuencia, se necesita anteflexión o retroflexión.



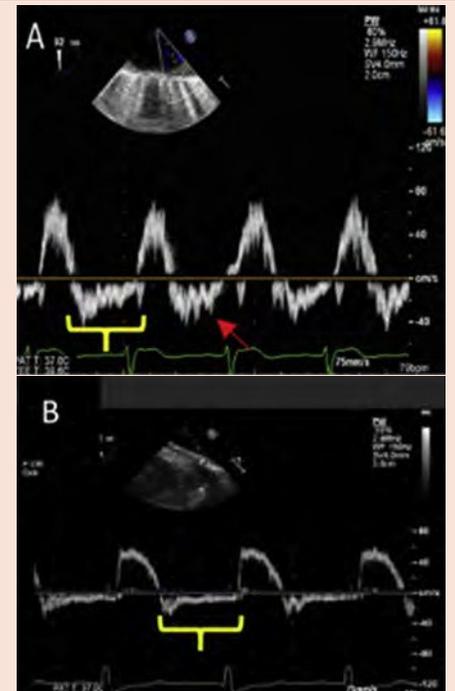
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 3 (continuación)

A. Imagen biplanar del arco aórtico que demuestra ateroma grave (<i>círculos amarillos</i>) con ulceración (<i>círculo rojo</i>).	A. Vista tridimensional de la curvatura menor del arco aórtico que demuestra ateroma (<i>círculos rojos</i>).	A. La anteflexión o retroflexión de la sonda permite la alineación del flujo aórtico con el haz de ecografía. El volumen de la muestra de Doppler PW en el arco aórtico muestra inversión del flujo holodiastólico (<i>corchete amarillo</i>) con velocidad telediastólica alta >20 cm/seg (<i>flecha roja</i>) que sugiere al menos una RA moderada. Este hallazgo es menos específico con la edad avanzada o la enfermedad concomitante que reduce la distensibilidad ventricular izquierda o aórtica. B. El Doppler PW en la aorta abdominal descendente que demuestra la inversión del flujo holodiastólico (<i>corchete amarillo</i>) es específico para la RA grave.
---	---	---

Ao: Aorta; AOE: área de orificio eficaz; AORE: área de orificio regurgitante eficaz; AI, aurícula izquierda; LCC, valva coronaria izquierda (left coronary cusp); VI: ventrículo izquierdo; TSVI: tracto de flujo de salida ventricular izquierdo; VNC: valva no coronaria; PW: onda pulsada; VCD: valva coronaria derecha; AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho; VolR: volumen regurgitante; VC: vena contracta; VCA: área de la vena contracta; VTI: integral de velocidad-tiempo.

La valva anterior generalmente carece de indentaciones, y sus segmentos reciben el nombre de acuerdo con los festones opuestos a la valva posterior: A1, A2 y A3 (Figura 13A). El tejido comisural varía de varios milímetros a distintos segmentos de valvas. El esquema modificado divide los segmentos medios grandes en mitades laterales (A2L y P2L) y mediales (A2M y P2M), respetando las uniones cordales separadas de las valvas y la zona sin cuerdas de la línea media. Por lo tanto, A1, P1, A2L y P2L tienen cuerdas que surgen del músculo papilar anterolateral, mientras que A3, P3, A2M y P2M tienen cuerdas del músculo papilar posteromedial. La cuerda marginal o primaria se inserta en los márgenes sin valva y ayuda a prevenir el prolapso marginal, mientras que la cuerda secundaria o “estriada” se inserta en la superficie ventricular de las valvas, lo que evita la formación de pliegues y reduce la tensión en los tejidos de la valva (Figura 13D). Los músculos papilares surgen de una red de trabeculaciones (Figuras 13E y 13F) del miocardio compactado.

2. Protocolo general de obtención de imágenes para la VM (Tabla 4). Vistas ME. La manipulación de la sonda de ETE suele ser necesaria para alinear el anillo mitral perpendicular al haz de ecografía (Figura 14). La vista ME de cuatro cámaras generalmente se adquiere con una rotación mecánica de 0° a 20°. Retirar la sonda (y/o usar la anteflexión) hará que la comisura lateral esté a la vista, mientras que avanzar la sonda (y/o la retroflexión adicional) se centra en las estructuras mediales. La vista ME de la columna mitral (50°–70°) y la vista ME de eje largo (120°–140°) son vistas clave para obtener imágenes de la zona de coaptación de la valva mitral. La vista comisural debe apuntar a la visualización simétrica de las cabezas y cuerdas del músculo papilar. La rotación en sentido horario y en el sentido antihorario de la sonda ETE mueve los planos de obtención de imágenes anterior y posterior, respectivamente. La OAI ofrece un claro punto de referencia para la comisura anterolateral y los festones A1/P1, mientras que el seno coronario es adyacente a la comisura posteromedial y los festones A3/P3. La generación de la vista frontal 3D de la VA se muestra en la Figura 15. Otros componentes esenciales de un examen integral se muestran en la Tabla 4.

Vistas TG. La obtención de imágenes ME 3D de la VA ha reemplazado la obtención de imágenes TG para la identificación de la patología de la valva y la ubicación del orificio regurgitante. Sin embargo, el nivel de TG de las imágenes aún se puede utilizar para confirmar la patología de la VA (con y sin Doppler color), visualizar el aparato subvalvular (cuerda y músculo papilar), realizar mediciones de Doppler CW (en particular con chorros excéntricos) y cuantificar el volumen sistólico.

Aunque pueden obtenerse varias mediciones cualitativas y semicuantitativas con ETE, deben realizarse mediciones cuantitativas de la gravedad de la regurgitación mitral (RM). Estos métodos cuantitativos se muestran en la Figura 16. Las mediciones biplanares del anillo mitral pueden dar lugar al cálculo más preciso del área anular y, por lo tanto, el volumen regurgitante,^{38,39} sin embargo, el uso del diámetro anular mitral de cuatro cámaras en una fórmula circular se ha validado como una alternativa a la obtención de imágenes biplanares o la planimetría 3D del anillo.³⁸

3. Estenosis mitral reumática. La estenosis mitral (EM) es causada comúnmente por una enfermedad cardíaca reumática, aunque la calcificación no reumática degenerativa que se origina en el anillo y se extiende en un grado variable en las valvas también puede causar ocasionalmente EM hemodinámicamente significativa. La distinción entre las dos etiologías es importante, ya que la EM reumática puede tratarse satisfactoriamente mediante una comisurotomía percutánea con balón mitral, mientras que las opciones basadas en catéter para la calcificación anular mitral (CAM) se limitan en gran medida a la experiencia anecdótica, con valvuloplastia percutánea con balón utilizada como paliación o puente hasta un procedimiento definitivo y colocación experimental de válvulas expandibles con balón (CAM-valva-in). Procedimientos con válvula en CAM⁴⁰ se puede realizar por vía percutánea⁴¹ o con toracotomía abierta.⁴²

La inflamación reumática de las valvas y las cuerdas con cicatrización posterior inevitablemente conduce a la deformación de la VM (Figura 17). Los principales cambios patomorfológicos son los siguientes:

- engrosamiento, retracción y rigidez de las valvas (Figuras 17A–17C);
- fusión de las comisuras y los pliegues entre los festones, lo que produce un aspecto de orificio de “boca de pescado” (Figura 17D);
- fusión y acortamiento de las cuerdas tendinosas con eliminación de los espacios intercordales, lo que contribuye al “abovedado” diastólico de la valva mitral anterior, a la inmovilización de la valva posterior y al engrosamiento subvalvular; y
- depósito de calcio.

Morfología valvular y gravedad de la EM. La obtención de imágenes previo al procedimiento de la VA antes de la comisurotomía con globo incluye una evaluación exhaustiva de la anatomía y la función de la VA (incluida la gravedad de la RM), así como del tamaño y la morfología de la aurícula

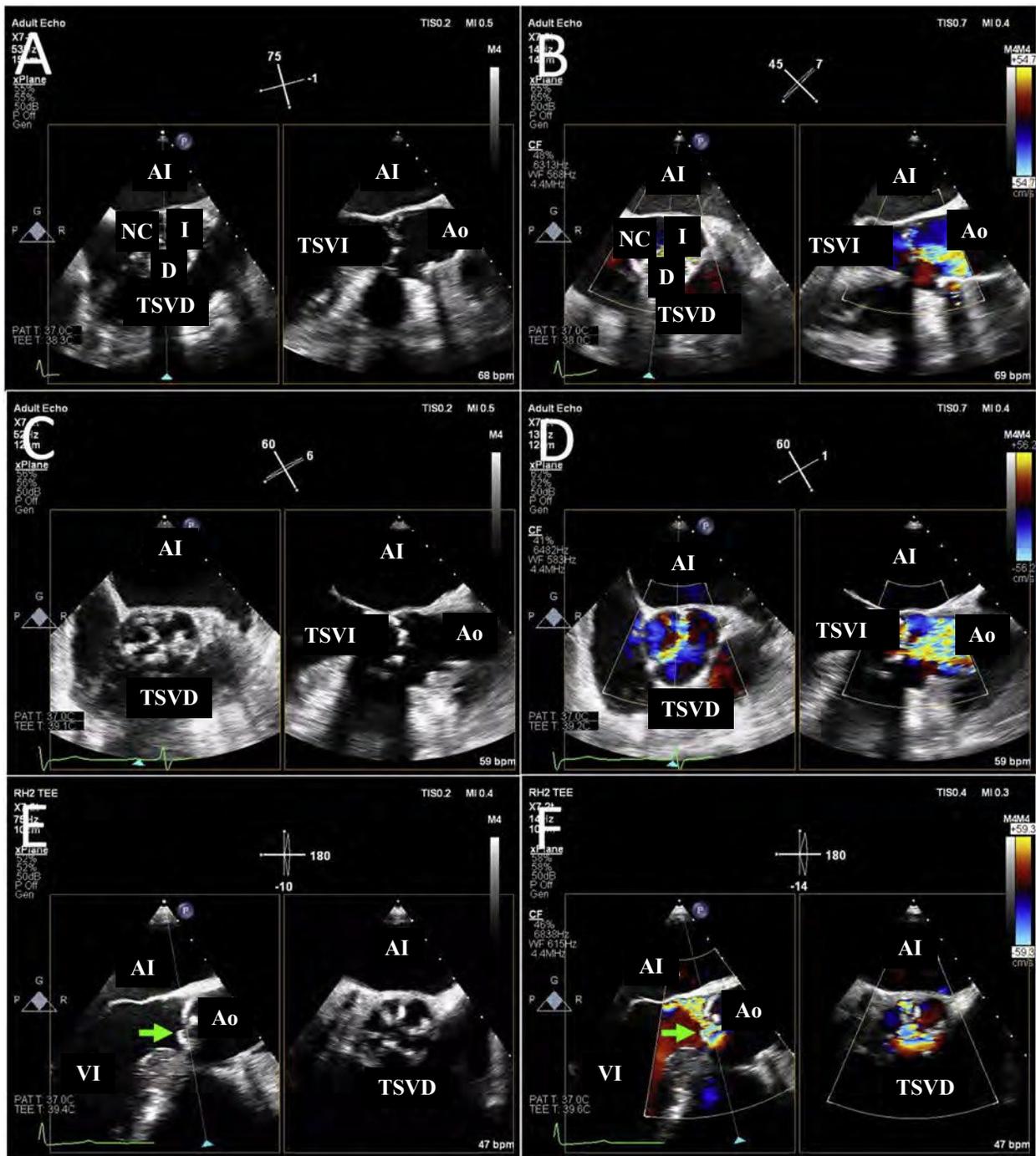


Figura 6 Imágenes de la raíz VA y aórtica. Se muestran imágenes multipanarales simultáneas de la VA y la raíz aórtica. En el contexto de calcificación masiva, puede ser difícil distinguir el número de valvas, pero un VA de tres discos (A) tiene tres comisuras observadas en el Doppler color de las imágenes SAX sistólicas (B), mientras que una válvula bivalva (C, D) solo tendrá dos comisuras. También se debe evaluar la etiología de la RA. En el panel E hay una valva coronaria derecha inestable (*flecha verde*) que causa un chorro regurgitante excéntrico (F, *flecha verde*). Ao: aorta; I: valva coronaria izquierda; AI: aurícula izquierda; NC: valva no coronaria; D: valva coronaria derecha.

izquierda y derecha (p. ej., para excluir trombos) y gravedad de la hipertensión pulmonar. Se deben incluir la frecuencia y el ritmo al informar los gradientes de presión medios. En el contexto de fibrilación auricular, las pautas de ASE recomiendan promediar los valores de cinco latidos con duraciones de ciclos que mejor representen la frecuencia cardíaca subyacente promedio.⁴³ En cada vista, se debe observar el engrosamiento y la calcificación de la valva. Las TG pueden mostrar mejor las anomalías de

las cuerdas, particularmente cuando hay sombra acústica debido a calcificación valvular y/o anular.

Si bien el área de VM se mide con mayor frecuencia mediante la planimetría directa, se han informado o calculado áreas mediante los enfoques de presión a medio tiempo, PISA y Doppler cuantitativo. Si bien estas últimas dos técnicas se utilizan con poca frecuencia, pueden ser útiles en pacientes en quienes los enfoques de planimetría y presión a medio tiempo son subóptimos o producen medidas de gravedad discordantes.⁴³ Las

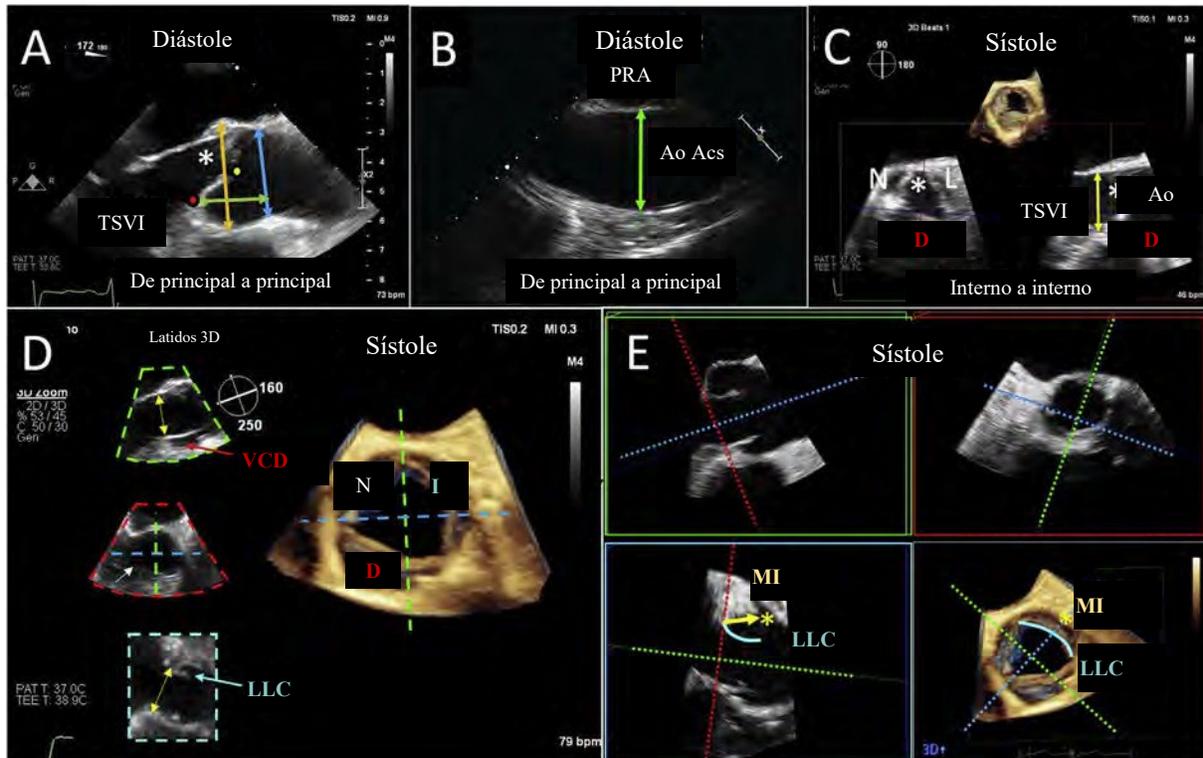


Figura 7 Obtención de imágenes ME de la VA y la raíz. La vista ME de eje largo de la aorta en la diástole (A) permite las mediciones de la aorta usando la técnica de borde delantero a borde delantero: senos de Valsalva (*flecha anaranjada*), unión sinotubular (*flecha azul*) y altura del seno (*flecha verde*). El nadir de la valva coronaria derecha (VCD) se observa de forma anterior (*punto rojo*) y define la ubicación del plano anular. También se puede apreciar una brecha de coaptación central (*punto amarillo*). Retirar la sonda y reducir el ángulo resulta en una vista UE, a partir de la cual se puede medir el diámetro aórtico ascendente (*flecha verde*, B). Por lo general, cuando la línea media de la aorta está bisectada (C), el triángulo entre la valva coronaria izquierda (I o VCI) y la valva no coronaria (N o LCC) se observa posteriormente (*asterisco blanco*, A y C); por lo tanto, en sistole, a menudo se visualiza la valva anterior derecha (D) (*imagen derecha inferior*). El anillo aórtico se mide desde los bordes internos a internos. Las imágenes multiplanares durante la adquisición 3D (D) se utilizan para verificar la calidad de las tres imágenes 2D ortogonales. En estas vistas sistólicas, se puede apreciar claramente el plano anular (*flechas amarillas con doble dirección*) en la vista de eje largo (*sector verde*), la vista SAX (*sector rojo*) y el plano coronal (*sector azul*). En la vista SAX, se observa un área pequeña de sombra acústica (*flecha blanca, sector rojo*). El **panel E** muestra la alineación del orificio de la arteria coronaria principal izquierda (MI) (*asterisco amarillo*) en el plano coronal (*cuadro azul* y vista en 3D). La altura o la distancia de la mitral izquierda (MI) desde el plano anular virtual hasta el orificio coronario (*flecha amarilla*) se mide desde el plano coronal (*cuadro azul*). La valva coronaria izquierda (LCC; línea curva azul) se ve en la vista en 3D y en el plano coronal (*cuadro azul*), y su longitud se mide a partir de la imagen 2D. Una longitud de LCC <2 a 3 mm más corta que la altura de la MI, o una altura de MI <10 a 11 mm (particularmente en el contexto de una raíz corta), implica un riesgo de posible obstrucción de la arteria coronaria con implante de válvula transcáteter. Ao: aorta; Ao Asc: aorta ascendente; AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; APD: PA derecha.

dos ventajas principales de las imágenes 3D sobre las imágenes 2D son una evaluación más precisa de la fusión comisural y una medición más precisa del área de la válvula (Figura 4).^{44,45}

Requisitos adicionales para la obtención de imágenes. La evaluación de la RM inicial es importante porque la comisurotomía con balón puede crear o aumentar la RM. El procedimiento está contraindicado cuando la RM inicial es moderada o mayor. Se recomienda el enfoque multiparamétrico integrador de la ASE para evaluar la gravedad de la RM.⁶ Sin embargo, debido a que la RM depende de la poscarga y de la precarga, se deben considerar los cambios en las condiciones de carga (p. ej., la presión arterial aumenta con la ansiedad o disminuye con la sedación consciente o la anestesia general) al realizar esta evaluación.

Se deben obtener imágenes exhaustivas de la orejuela auricular derecha y de la OAI para excluir el trombo intracavitario. El uso de imágenes biplanares simultáneas puede ser útil, pero está asociado con una resolución temporal y espacial más baja. Los agentes que realzan las ecografías se pueden usar para distinguir el contraste espontáneo del trombo. Debido a

que la comisurotomía con globo se realiza a través de un abordaje transeptal, también es importante evaluar el septo interauricular (SIA) para detectar características que afecten la facilidad de punción transeptal, como una fosa oval altamente móvil o hipertrofia lipomatoso grave. La presión sistólica en la AP debe calcularse como se describió anteriormente.⁴⁶

4. EM degenerativa. El CAM es frecuente y se observa en la ecocardiografía en >40 % de los pacientes >65 años.⁴⁷ La calcificación puede extenderse de forma variable sobre las valvas, lo que produce EM y/o RM (Figuras 18A–18D).⁴⁸ Debido a las limitaciones intrínsecas de la ecocardiografía en el entorno de tejido calcificado (sombreado acústico, artefactos de hinchazón, y caracterización tisular limitada), la planificación previa al procedimiento requiere que la TC se realice en sitios con experiencia que puedan determinar el alcance y la ubicación de la calcificación, evaluar el tamaño del anillo⁴⁹ (Figura 18E); y predecir el área de neo-TSVI usando algoritmos de obtención de imágenes de la “válvula virtual”.⁵⁰

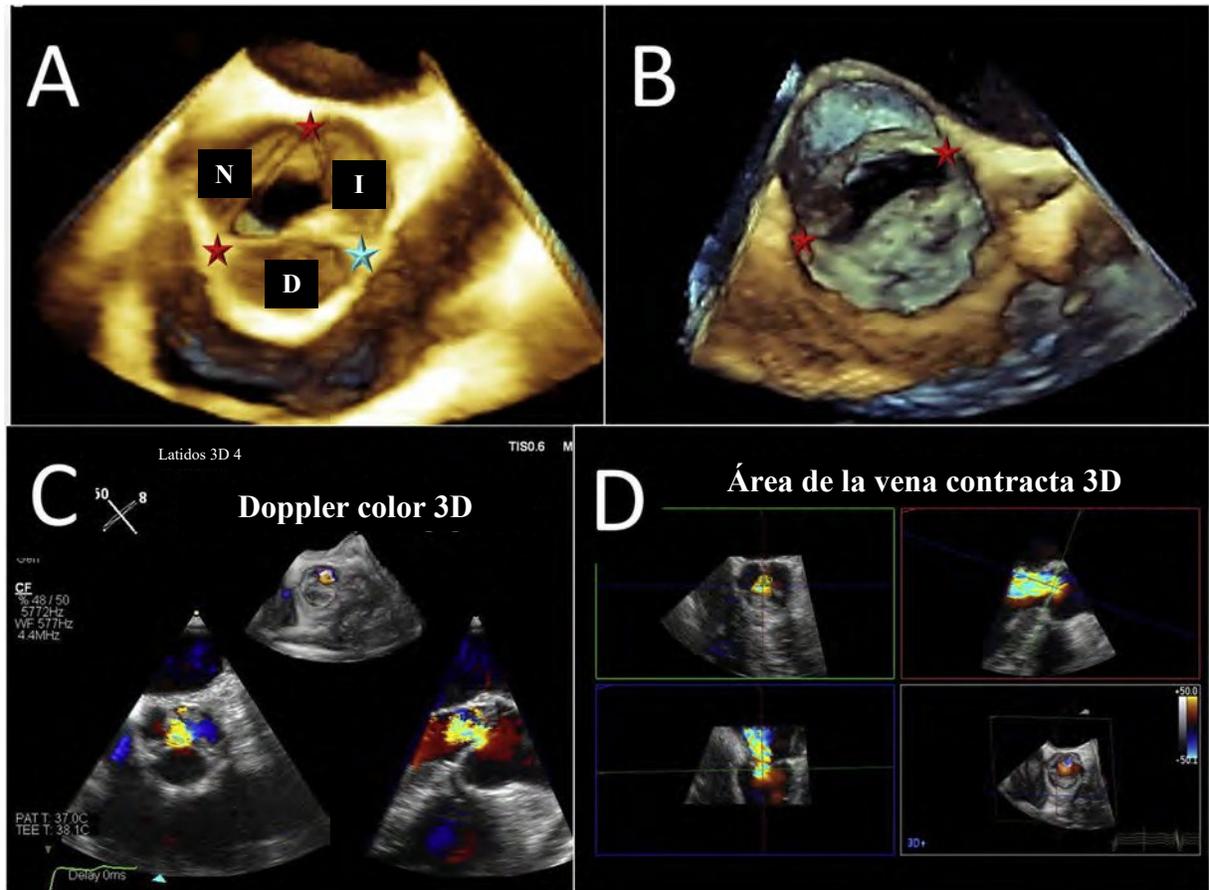


Figura 8 Patología de la VA bicúspide tridimensional. En las imágenes 3D producidas de un VA bicúspide, el panel **A** tiene dos comisuras (*estrellas rojas*) con un rafe (*estrella azul*), mientras que la válvula del panel **B** no tiene rafe. El panel **C** muestra un conjunto de datos de volumen de Doppler color 3D de latidos múltiples que puede utilizarse para cuantificar el área de la vena contracta regurgitante con reconstrucción multiplanar (**D**). *I*: seno coronario izquierdo; *N*: sano no coronario; *D*: seno coronario derecho.

Morfología valvular y gravedad de la EM. La evaluación de la gravedad y el alcance del CAM es esencial para determinar la adecuación y el tipo de tratamiento quirúrgico o transcáteter para una enfermedad sintomática significativa. Si bien la ETT generalmente se utiliza con una variedad de criterios de clasificación del CAM,⁵¹⁻⁵³ la obtención de imágenes de ETE previa al procedimiento es esencial para confirmar la etiología y la gravedad de la EM. Los métodos estándar para cuantificar la gravedad de la EM, incluido el método de presión de medio tiempo (*pressure half-time method*, PISA), la ecuación de continuidad y la planimetría, carecen de una validación sólida en esta población de pacientes. La planimetría bidimensional es particularmente problemática en el entorno de un orificio calcificado irregular, así como en una ubicación no plana y mal definida de la limitación del flujo. Estudios tridimensionales de ETE han sugerido que la limitación del flujo generalmente ocurre en el anillo (**Figura 18C**) en lugar de en las puntas de las valvas.⁵⁴

Otras características morfológicas importantes que deben evaluarse incluyen las siguientes:

1. La distribución de la calcificación, ya que las válvulas se asientan mejor cuando el calcio es relativamente uniforme y circunferencial. La distribución de la calcificación se muestra mejor con la vista 3D del cirujano adquirida desde una ventana ME (**Figura 18B**).
2. Forma del anillo, con marcada excentricidad que predispone a la regurgitación paravalvular posterior al procedimiento. Esto se puede evaluar con ecocardiografía, aunque la cuantificación se realiza mejor con TC.

3. Ángulo entre el anillo mitral y el TSVI o el anillo de la VA (ángulo mitral-aórtico; **Figura 18F**), obstrucción del TSVI en reposo o provocable y presencia de hipertrofia del septo. El enfoque ecocardiográfico para evaluar el ángulo de flujo de entrada mitral al orificio del VI imita el que se utiliza para la TC y se realiza mejor con reconstrucción multiplanar en conjuntos de datos de volumen 3D. Estas características ayudan a predecir la probabilidad de que la válvula obstruya el TSVI, en cuyo caso puede ser necesaria la ablación septal con alcohol para reducir el engrosamiento del septo antes de un procedimiento de CAM en la válvula para crear espacio suficiente para la nueva válvula.⁵⁵ También se pueden considerar procedimientos alternativos como la laceración intencional de la valva de la válvula mitral anterior para prevenir la obstrucción del TSVI (LAMPOON).^{56,57}
4. Gravedad de la RM concomitante.

5. **RM primaria.** La RM primaria se define por anomalías en las valvas, las cuerdas, el anillo, y/o los músculos papilares.^{4,58} mientras que Carpentier tipo I (movimiento normal de valvas con dilatación anular, como con fibrilación auricular o endocarditis) y Carpentier tipo IIIa (movimiento restringido de las valvas durante diástole y sístole, como con enfermedad reumática, enfermedad vascular del colágeno, y CAM) puede causar regurgitación, la causa más frecuente de la RM primaria es la enfermedad de Carpentier tipo II asociada con el movimiento excesivo y/o la destrucción de las valvas (**Figura 19**).⁵⁸ El movimiento excesivo de las valvas es causado principalmente por una de dos patologías anatómicas fundamentalmente diferentes: alargamiento y ruptura cordal. Estas pueden coexistir como un espectro, denominadas colectivamente RM degenerativa.⁵⁹ Aunque un

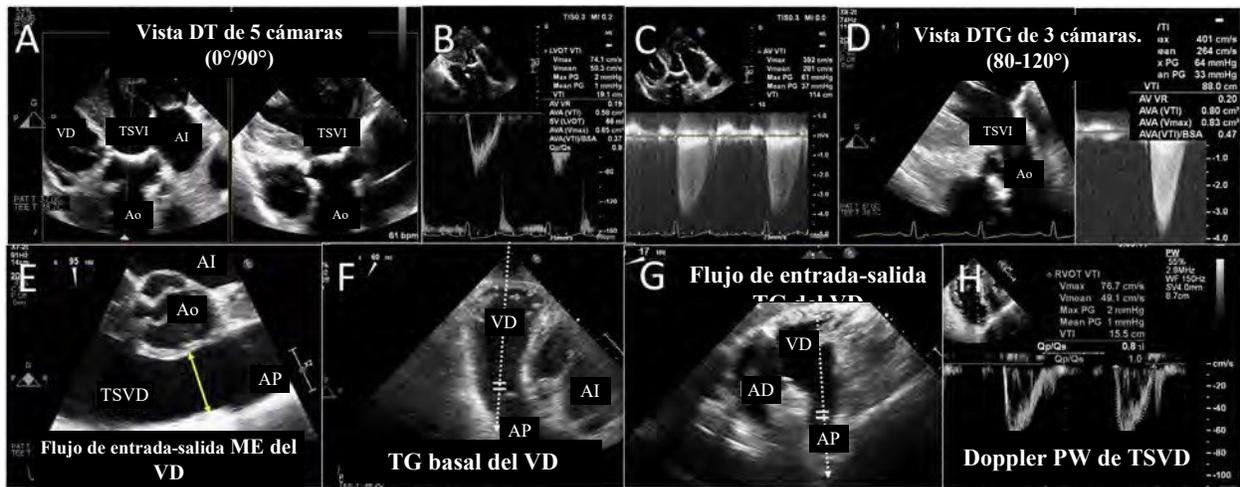


Figura 9 Cuantificación del volumen sistólico (VS) y el área de la válvula aórtica (AVA). La vista de cinco cámaras (A) transgástrica profunda (DT) alinea el flujo transaórtico con el haz de ecografía, lo que permite la adquisición Doppler de onda pulsada (PW) del perfil espectral (B) del tracto de salida ventricular izquierdo (TSVI) y la adquisición Doppler de onda continua (CW) a través de la VA (C). Se debe intentar una vista transgástrica (TG) Doppler a 80° a 120° (D), ya que este plano de imagen generalmente alineará el haz de insonación con los chorros que se dirigen más hacia la parte anterior o hacia la derecha. El cálculo del VS del tracto de salida ventricular derecho (TSVD) puede ser necesario para cuantificar la regurgitación aórtica (RA) y requiere la medición del diámetro del TSVD, que se obtiene mejor a partir del nivel esofágico medio (ME) a 70° a 90° (E). El Doppler del TSVD debe obtenerse a partir del nivel TG al centrar el VD en el sector y luego anteflexionar y rotar mecánicamente a aproximadamente 60° (vista basal TG del VD; F). Alternativamente, se adquiere una vista TG del flujo de entrada del VD mediante flexión y anteflexión derechas a aproximadamente 0° a 20° (G) o puede usarse una vista esofágica superior (UE) (no se muestra) si las vistas TG son subóptimas. El volumen de la muestra de Doppler PW debe estar en el nivel anular en sístole (H) para adquirir el perfil espectral utilizado en el cálculo del VS del TSVD. Ao: aorta; ASC: área de superficie corporal; AI: aurícula izquierda; GP: gradiente de presión; Qp/Qs: relación del flujo pulmonar con el flujo sistémico; VD: ventrículo derecho; Vmáx: velocidad máxima; Vmedia: velocidad media; RV: relación de velocidad; VTI: integral de velocidad-tiempo.

paciente individual puede tener más de un mecanismo, siempre que sea posible se deben identificar las contribuciones relativas de estos mecanismos. El Carpentier más preciso se recomienda enfáticamente el sistema de clasificación porque es superior a la clasificación dicotómica primaria más simple frente a la clasificación secundaria (funcional) y es particularmente útil en los procedimientos mitrales transcáteter.

Morfología valvular y gravedad de la regurgitación. La degeneración mixomatosa y la deficiencia fibroelástica tienen diferentes patologías de valvas, cada una de las cuales puede estar asociada con la RM degenerativa grave. La primera suele estar asociada con valvas marcadamente engrosadas y redundantes, frecuentemente con prolapso bicúspide. Esto último está asociado con el adelgazamiento y la atrofia de los tejidos de las valvas y las cuerdas, a menudo con el prolapso o la inestabilidad de un segmento aislado. Para ambos tipos morfológicos, es importante localizar el sitio de regurgitación.

Valvas mitrales y cuerdas. El prolapso, por definición, está presente cuando el tejido de la valva se extiende ≥ 2 mm por encima de los puntos altos del anillo mitral en la sístole. El obtención de imágenes debe identificar claramente el momento, la ubicación (p. ej., valva y festón) y la extensión (p. ej., ancho y espacio inestable en fin de sístole) del movimiento anormal de la valva. Además, se deben identificar las indentaciones profundas/pliegues o hendiduras y su ubicación en relación con el origen del chorro, ya que el agarre de la valva puede ser difícil en presencia de estas anomalías anatómicas. El obtención de imágenes tridimensionales frontal de la VM ha aumentado nuestro reconocimiento de “brechas” en el tejido de la valva, pero existe una variabilidad significativa en la terminología utilizada para estas indentaciones. Un estudio definió las indentaciones que alcanzan el límite anular como una hendidura de la valva anterior, pero como una indentación profunda de la valva posterior.⁶⁰ Es necesario distinguir morfológicamente una hendidura en una VM normalmente

estructurada de la VM con hendidura congénita, a menudo asociada con el componente trifoliado izquierdo de una válvula auriculoventricular común en pacientes con una malformación septal del canal auriculoventricular.⁶¹

El dispositivo de reparación transcáteter de borde a borde tiene una recomendación de clase 2A para pacientes de alto riesgo con morfología valvular adecuada, y la evaluación de la morfología y viabilidad de una reparación transcáteter y quirúrgica mediante el uso de imágenes de ETE es una recomendación de clase 1A en las pautas actuales.⁴ La morfología y la viabilidad de la reparación se analizan exhaustivamente en el documento actualizado de la vía de decisión consensuada por expertos.⁶²

Anillo mitral. Si bien los dispositivos de reparación anular se limitan actualmente al tratamiento de la RM secundaria, se ha realizado el reemplazo transcáteter de la VM en la RM primaria.⁶³ Por lo tanto, es importante una caracterización completa del anillo, incluido el movimiento, la gravedad de la calcificación, las dimensiones (comisural y anteroposterior) y el área utilizando imágenes 2D y 3D. La unión anular mitral es una variante de la RM degenerativa en la que se observa una amplia separación entre la unión auricular-VM y el miocardio del VI basal. Es importante caracterizar esta variante de degeneración mixomatosa, ya que los dispositivos que dependen del anclaje en el anillo mitral deben redefinir la zona de anclaje más adecuada (es decir, articulación de la valva o miocardio basal). Un CAM significativo en el sitio del anclaje del dispositivo también puede ser un criterio de exclusión relativo para la colocación del dispositivo.

Requisitos adicionales para la obtención de imágenes. Al igual que con la EM, la planificación previa al procedimiento para los dispositivos que utilizan un enfoque transeptal debe incluir una evaluación integral del SIA para el lugar ideal de punción transeptal, la presencia de una derivación interauricular u otras anomalías estructurales (p. ej., válvula de Eustaquio prominente o red de Chiari).

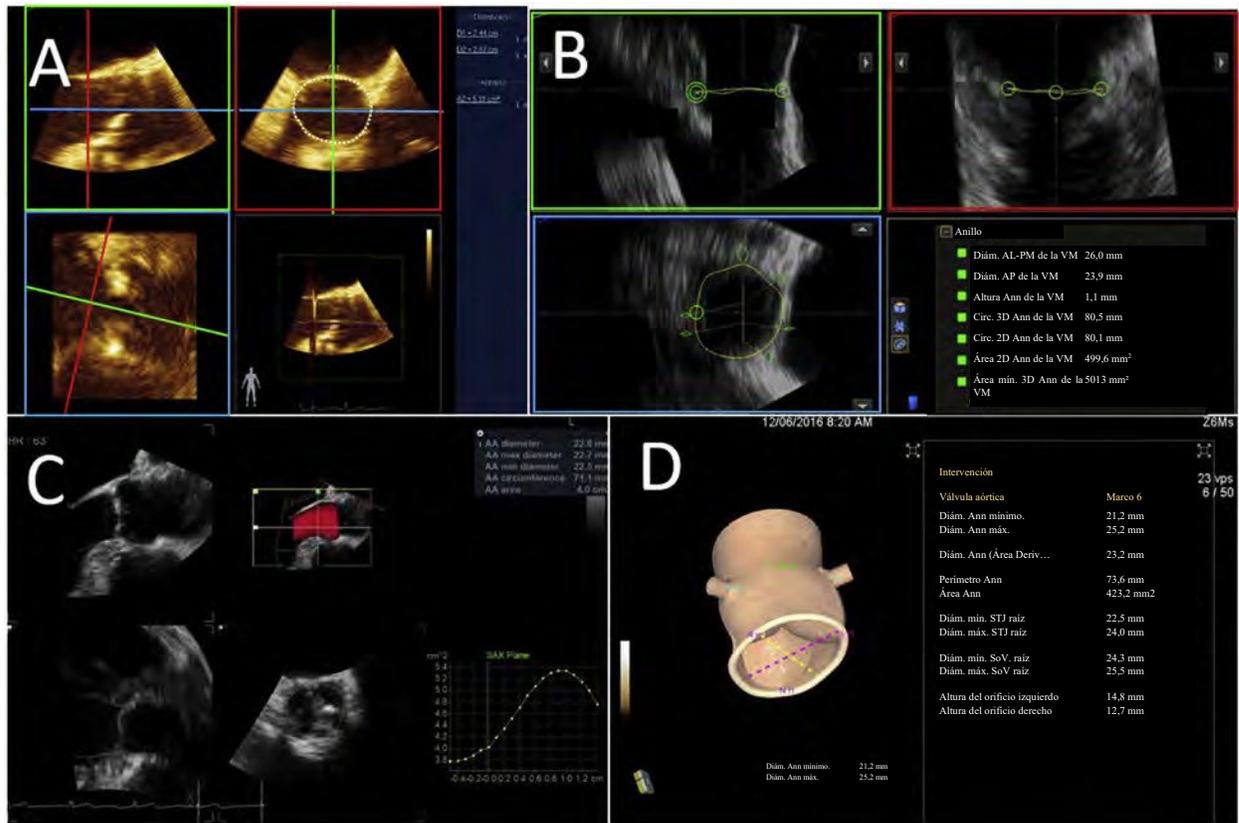


Figura 10 Mediciones del anillo aórtico (AA). Se adquiere una adquisición 3D ampliada definida por el usuario después de optimizar la velocidad del marco al limitar el tamaño del volumen. La planimetría directa (A) es el método más frecuente para medir el área anular y el perímetro, pero el ruido acústico o el sombreado (generalmente de las valvas calcificadas) pueden provocar imprecisiones. Los métodos indirectos han sido validados mediante CT (B), que permite el uso de planos ortogonales de eje largo para definir los puntos alrededor del anillo. Se han desarrollado múltiples paquetes de software automatizados (C, D), pero carecen de validación contra otras modalidades. AL: anterolateral; Ann: anular; AP: anteroposterior; Circ: circunferencia; Diám.: diámetro; PM: posteromedial; SoV: senos de Valsalva; STJ: unión sinotubular.

6. RM secundaria (funcional). A diferencia de la RM primaria, la RM secundaria está asociada con valvas intrínsecamente normales que no llegan a la coaptación en el contexto de un ventrículo y/o una aurícula remodelados y disfuncionales. La evaluación de esta entidad implica protocolos de obtención de imágenes que son similares a los de la RM primaria.

Morfología e intensidad de la RM. Existen dos subtipos morfológicos distintos de la RM funcional: dilatación anular con movimiento normal de la valva (tipo I) y el movimiento sistólico restringido más frecuente con remodelación o disfunción del VI (tipo IIIb; Figura 19). La enfermedad de tipo I generalmente ocurre en el contexto de fibrilación auricular o insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada, y la RM se debe a dilatación anular aislada, crecimiento insuficiente de las valvas y deterioro de la dinámica anular.^{64,65} La característica distintiva de la RM funcional de tipo IIIb es la presencia de valvas adheridas apicalmente debido a un desequilibrio entre las fuerzas de cierre y de adhesión. También puede haber dilatación anular.⁶⁶ El término *RM isquémica* se aplica a la RM funcional cuando la causa subyacente de las anomalías del VI es la enfermedad coronaria. Los cambios morfológicos asociados con la RM funcional isquémica y no isquémica son distintos, pero ambos están asociados con el agrandamiento ventricular con el desplazamiento lateral de los músculos papilares.^{58,67} Esto provoca el desplazamiento del punto de contacto de las valvas (intento de coaptación) por debajo del anillo de la VM. El aparato cordal parece estirado y las cuerdas individuales pueden estar bajo tensión significativa.

La obtención de imágenes previas al procedimiento para la reparación transcatóter en comparación con el reemplazo en pacientes con RM funcional varía según el dispositivo y su mecanismo de anclaje. El tamaño del espacio de coaptación y el chorro de RM resultante (Figura 20A) de las imágenes 2D o los volúmenes enfocados 3D (Figura 20B) son importantes. Especialmente en la RM secundaria, la evaluación de rutina de una única medición 2D (p. ej., ancho de la vena contracta o radio PISA) puede subestimar la gravedad de la RM en el contexto de un orificio regurgitante elíptico.⁶ Los métodos cuantitativos de Doppler requieren experiencia y múltiples mediciones. Se recomienda la cuantificación sistemática 3D del área basal de la vena contracta (Figura 20C).⁶⁸

Requisitos adicionales de obtención de imágenes para reparación anular transcatóter o reemplazo de VM. Ya sea que se use un enfoque transeptal o transapical, se debe evaluar completamente el lugar de acceso intracardiaco. El sitio de anclaje también puede generar requisitos de imágenes específicos. Además del tamaño anular 3D (perímetro, diámetros y áreas; Figura 20D), se debe anotar cualquier estructura anatómica que pueda interferir con la colocación del dispositivo (p. ej., músculos de las cuerdas o papilares) o la estabilidad (p. ej., calcificación anular). Con los dispositivos más actuales, existe un riesgo de obstrucción del TSVI según las dimensiones verticales del dispositivo, y la interacción con la anatomía natural (es decir, el aparato VM intacto, el septo interventricular y el TSVI).

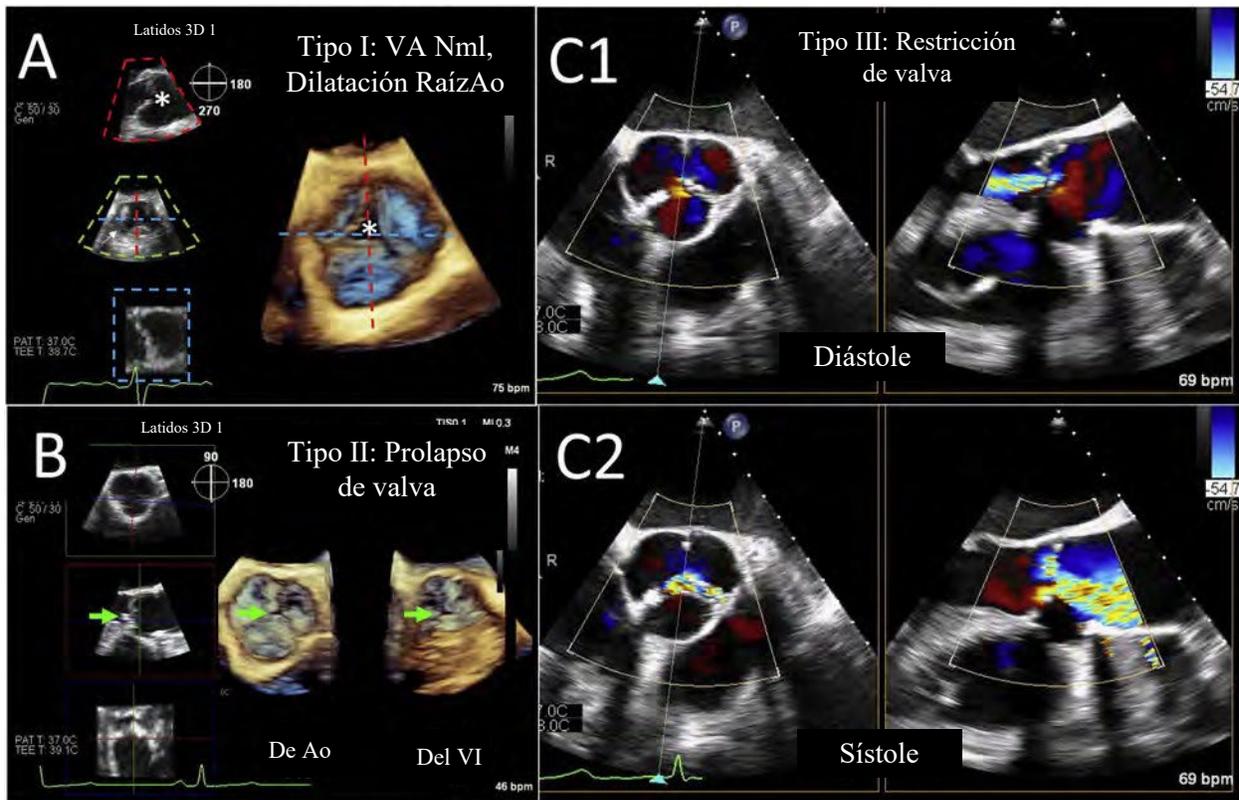


Figura 11 Morfología de la válvula en la RA. La estructura y la función de la raíz VA/aórtica (RaízAo) con RA pueden describirse como enfermedad de tipo I con movimiento normal (Nml) de la válvula y dilatación de la raíz aórtica (A, el *asterisco* identifica la mala coaptación de la válvula central); enfermedad de tipo II con movimiento excesivo de la válvula, como prolapso (B, la *flecha verde* indica prolapso de la válvula coronaria derecha) o enfermedad de tipo III debido a restricción de la válvula (C1 y C2). Ao: aorta; VI: ventrículo izquierdo.

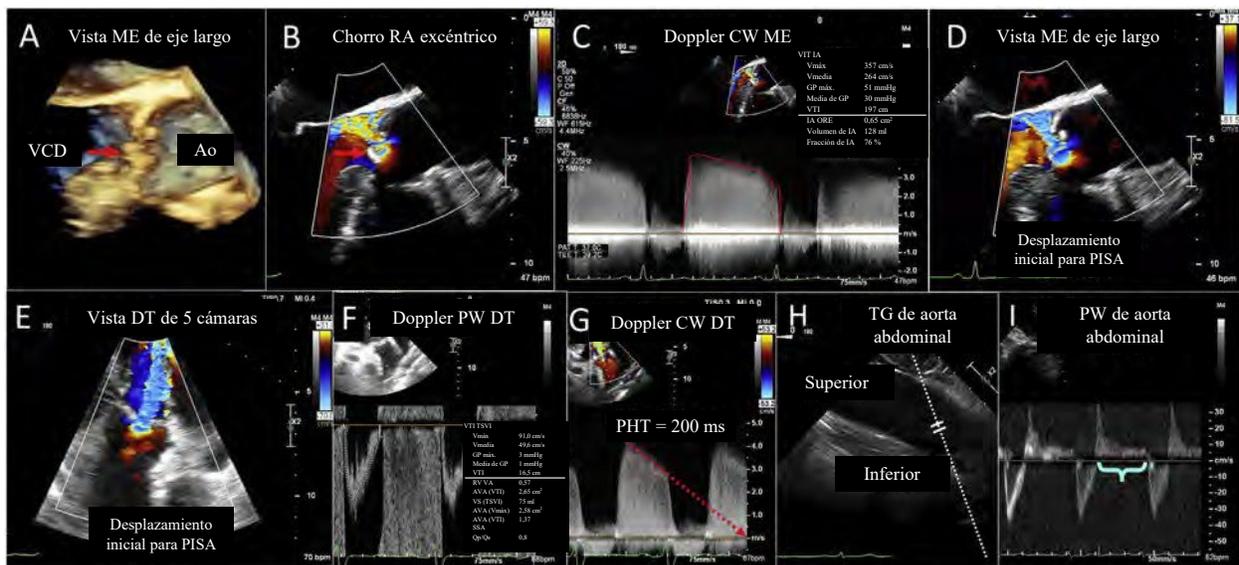


Figura 12 Cuantificación de la RA. La obtención de imágenes ME tridimensionales (A) muestra una válvula coronaria derecha inestable (*flecha roja*), lo que resulta en un chorro regurgitante posterior (B). Debido a que la dirección del chorro está alineada con el haz de insonación, es factible el método de Doppler CW de espectro regurgitante integral de velocidad-tiempo (C) y PISA para cuantificar el área eficaz del orificio regurgitante (ORE) (D). En el caso de más chorros regurgitantes centrales, las vistas TG alinean el haz de insonación con el flujo transaórtico, y se pueden realizar PISA (E), cuantificación volumétrica (F) y Doppler CW (G). Desde la vista TG, se alinea un giro en sentido antihorario de las imágenes de la sonda ETE de la aorta abdominal, y con una leve anteflexión o retroflexión (H) de la sonda, el flujo se alinea para la evaluación de la inversión del flujo holodiastólico con Doppler de onda pulsada (*corchete azul*, I). IA: insuficiencia aórtica; Ao: aorta; AVA: área VA; ASC: área de superficie corporal; GP: gradiente de presión; PHT: presión de medio tiempo; Qp/Qs: relación del flujo pulmonar con el flujo sistémico; VCD: válvula coronaria derecha; VS: volumen sistólico; Vmáx: velocidad máxima; Vmedia: velocidad media; RV: relación de velocidad; VTI: integral de velocidad-tiempo.

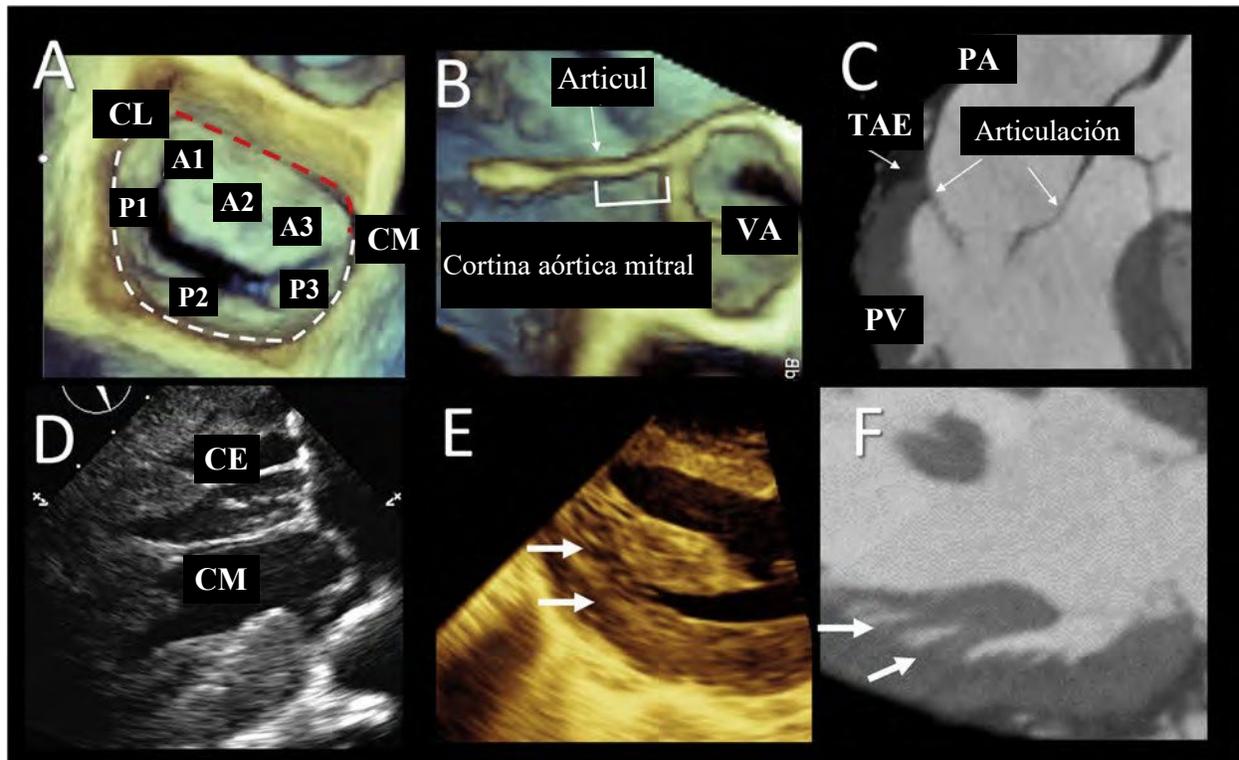


Figura 13 Anatomía anular mitral. (A) Imagen tridimensional de ETE desde la perspectiva auricular que muestra la línea de la articulación de la valva posterior (*línea discontinua blanca*) y la línea de la articulación de la valva mitral anterior (*línea discontinua roja*). Los festones de las valvas anteriores (A1, A2 y A3) y posteriores (P1, P2 y P3) están marcados, con la comisura medial (CM) y la comisura lateral (CL). (B) Vista tridimensional ETE del eje largo que muestra la cortina mitral aórtica (también conocida como fibrosa intervalvular), una banda de tejido conectivo denso entre la articulación de la valva mitral anterior y la articulación de la valva aórtica. (C) Imagen tomográfica computada que muestra la articulación de las valvas anterior y posterior y los componentes del anillo mitral posterior, a saber, la pared ventricular (PV), la pared auricular (PA), el tejido adiposo epicárdico (TAE) y la línea de articulación de la valva posterior. (D) Vista TG ETE bidimensional, que muestra la cuerda estriada (CE) y la cuerda marginal (CM). Los paneles E (imágenes ETE 3D) y F (TC) muestran los músculos papilares que surgen de una red de trabeculaciones (*flechas blancas*).

Para analizar el riesgo de obstrucción del TSVI con un reemplazo transcatóter de la VM, se debe evaluar la longitud de la valva anterior (Figura 20E) y la relación entre el TSVI y las estructuras subvalvulares o valvulares (Figura 20F) tanto en la diástole como en la sístole.

Evaluación de la RM. La Tabla 4 muestra los componentes de un examen de ETE integral para la cuantificación de la RM; sin embargo, un análisis integral de los métodos se encuentra en el lineamiento de la ASE para la evaluación de la regurgitación valvular.⁶ El uso de cada método debe guiarse por la anatomía del orificio regurgitante: los orificios elípticos que generalmente se observan con la RM funcional pueden conducir a una subestimación efectiva del área del orificio regurgitante por PISA, mientras que otros métodos que suponen una RM holosistólica (vena contracta, área del chorro de Doppler color, área del orificio regurgitante efectivo por PISA) puede sobreestimar la gravedad de la RM en el contexto de un chorro regurgitante sistólico tardío. Se debe intentar interrogar las cuatro venas pulmonares con Doppler de onda pulsada, con inversión del flujo sistólico en al menos una vena pulmonar que respalde la RM hemodinámicamente significativa.

E. Evaluación de la VP

La VP es la válvula ubicada más anterior y superiormente, por lo que resulta difícil visualizarla en las imágenes de ETE debido a la interferencia de otras estructuras (bronquios), la intolerancia del paciente a la posición UE en la ETE y su ubicación en el campo lejano. En consecuencia, la obtención de imágenes detallada de la VP se realiza más fácilmente en pacientes sedados.¹ La ecocardiografía intracardiaca puede ser un abordaje de obtención de imágenes alternativo.

1. Anatomía de la VP. La VP es una válvula semilunar de tres valvas con valvas más delgadas y un diámetro ligeramente mayor que el de la VA. Se ubica sobre el cono muscular, lo que evita la continuidad fibrosa con las válvulas cardíacas restantes. Las valvas reciben su nombre por su posición anatómica en el espacio y en relación con la VA: derecha, izquierda y anterior u “opuesta” (Figura 21). Cabe destacar que la VP es ortogonal al plano de la VA cuando está en su posición normal, de modo que cuando una válvula semilunar se visualiza en la sección transversal, la otra se encuentra en el eje largo.

La patología en forma de estenosis pulmonar (EP) y/o regurgitación pulmonar (RP) se debe más comúnmente a una lesión congénita y/o patología residual de la válvula posoperatoria.

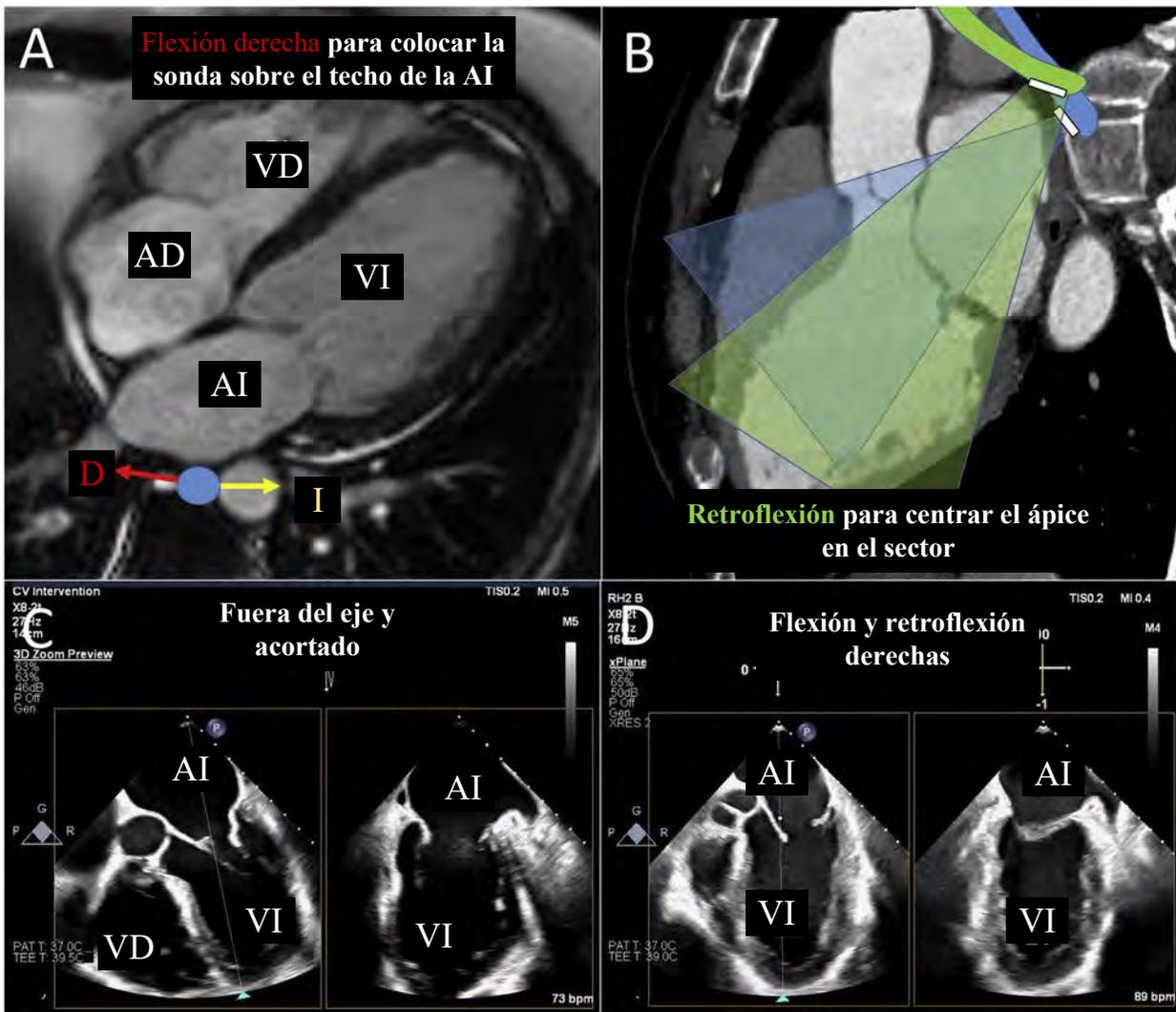


Figura 14 Optimización de la obtención de imágenes de la VM. (A, B) Imágenes tomográficas del corazón para representar la ubicación del esófago (punto azul) en relación con las estructuras cardíacas. Debido a que el corazón está ligeramente horizontal en el pecho, el esófago está naturalmente más cerca de la pared lateral de la aurícula izquierda (AI) y, por lo tanto, para posicionar la sonda sobre la cúpula de la AI con el anillo mitral perpendicular al haz de la insonación, se debe usar la flexión derecha (A). Para alinear el plano inicial de obtención de imágenes (*sector azul*) con el ápice ventricular izquierdo, generalmente se requiere retroflexión (*sector verde*) (B). Con estas maniobras, las imágenes tangenciales y acortadas de la VM y el ventrículo izquierdo (VI) en una vista biplanar ME (C) de 0° pueden corregirse de modo que el anillo sea perpendicular al haz de la ecografía, y el ápice esté centrado en el campo lejano (D) lo que facilita la obtención simultánea de imágenes multiplanares en el eje de todo el plano anular. AD, aurícula derecha; VD, ventrículo derecho.

Las causas menos frecuentes son valvulopatía funcional debido a hipertensión pulmonar o degeneración valvular debido a enfermedad cardíaca carcinóide, cambios reumáticos o posinflamatorios, exposición a fármacos o radiación y endocarditis infecciosa.⁶⁹

2. Protocolo general de obtención de imágenes para la VP (Tabla 5).
Vistas ME. La vista ME del flujo de entrada de la VD (45°–60°) visualiza el eje largo del TSVD y la VP, anterior a la VA (Figura 21). Desde esta vista, se evalúa la región subpulmonar para detectar fascículos musculares prominentes o estrechamiento en el septo de salida infundibular que sugiere un VD de doble cámara (Figuras 22A y 22B). Puede haber presencia de turbulencia del Doppler color, pero el ángulo del haz de ecografía es subóptimo para obtener un gradiente del Doppler máximo confiable para estenosis subvalvular o valvular.

Vistas UE. El retiro de la sonda puede optimizar la obtención de imágenes de la rama principal y proximal de la AP, ya que no hay estructuras izquierdas intermedias del corazón (Figuras 22C–22H). El estrechamiento

focal en la unión sinotubular o por encima de esta es congruente con la estenosis supra-ventricular. La evaluación Doppler de las velocidades sistólica y diastólica para la EP y la RP valvular y supra-ventricular es ideal desde esta posición. Sin embargo, las imágenes “suficientes” o “excelentes” de la VP pueden ser viables solo el 50 % del tiempo y, por lo general, se logran con posiciones de sonda que son particularmente incómodas para los pacientes.⁷⁰

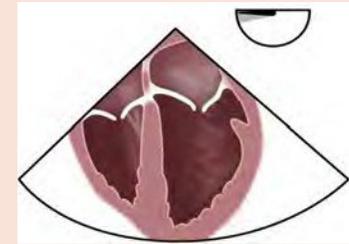
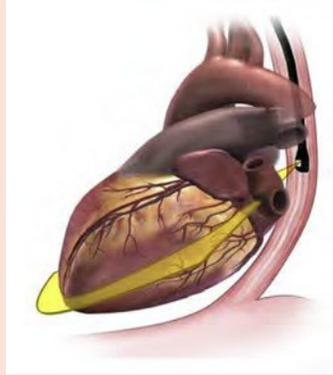
Vistas TG. A 0° a 20° con flexión derecha y anteflexión, se puede obtener una vista TG del flujo de entrada de (Figura 9G). Alternativamente, entre 40° y 60° con anteflexión y rotación en sentido antihorario desde la vista TSVI, se obtiene una vista de eje largo de todo el TSVD en la mayoría de los pacientes (Figura 9F). Esta es la mejor oportunidad para visualizar la contribución del infundíbulo y la banda del moderador para cualquier estenosis subpulmonar dinámica.

Tabla 4 Protocolo de obtención de imágenes de la VM

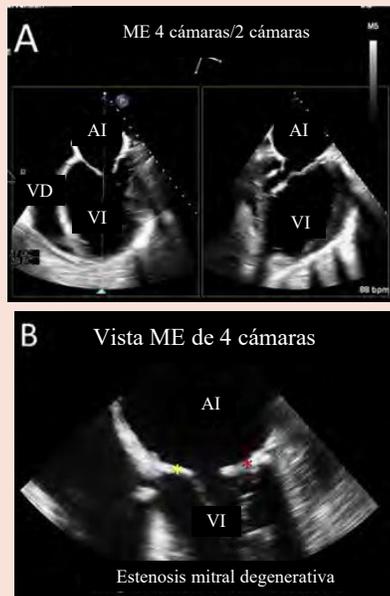
Nivel de imágenes: Vista ME 0°-20°

Protocolo de adquisición:

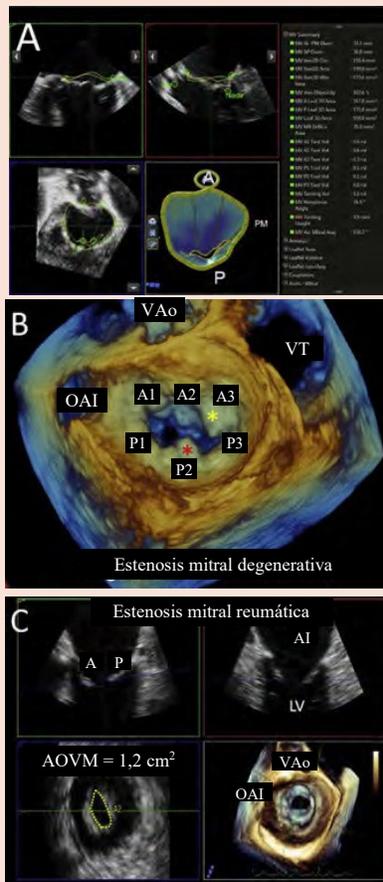
- Desde la vista ME de 4 cámaras centrada en la VM (puede ser necesario un ángulo multiplanar de 0° – 20° para eliminar la VA y el TSVI).
- Para alinear mejor la VM, puede ser necesaria una ligera retroflexión de la sonda. Utilice el plano inclinado para ilustrar la imagen biplanar simultánea.



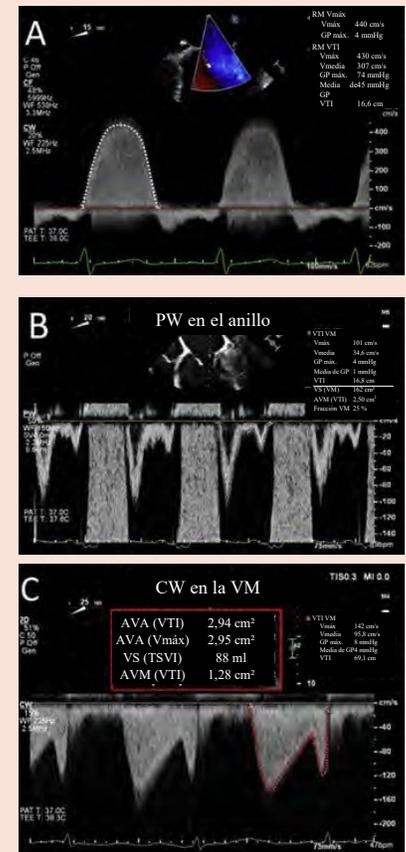
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



A. Diagnóstico por imágenes biplanares (vistas de 4 canales/2 cámaras) de un paciente con una miocardiopatía dilatada. En este aumento de la profundidad de campo, se pueden evaluar el tamaño y la función ventriculares además del movimiento del valva, en este caso, restringido en la sístole con adhesión marcada de la valva.

A. A partir de un volumen 3D, el anillo mitral se puede medir con un software dedicado (se muestra) o una planimetría directa con reconstrucción multiplanar.
B. La vista tridimensional frontal del caso de EM degenerativa en la imagen plana B muestra el calcio anular mitral en la base del festón A3 (*asterisco amarillo*) y el festón P2 (*asterisco rojo*).

A. Se requiere el Doppler CW del chorro regurgitante mitral para la cuantificación; la velocidad máxima se utiliza para el cálculo efectivo del área de orificio de PISA, y la RM VTI se utiliza para cuantificar el volumen regurgitante.
B. El Doppler PW en el anillo de la VM se utiliza para cuantificar el VS diastólico, en este caso, 162 ml/latido.

(continuación)

Tabla 4 (continuación)

Nivel de imágenes: Vista ME 0°-20°

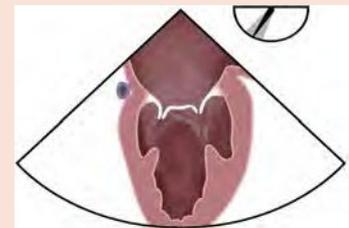
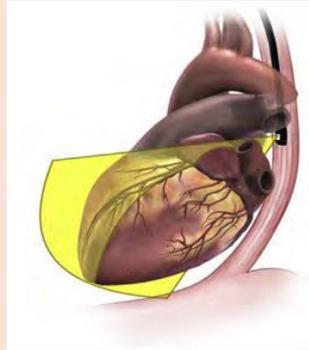
- B. Vista de cuatro cámaras de la EM degenerativa con calcio anular mitral en la base de la valvas anterior (*asterisco amarillo*) y posterior (*asterisco rojo*); esta última sobresale hacia el orificio de la VM.
- C. Reconstrucción multiplanar tridimensional de un paciente con EM reumática, utilizada para planificar el área del orificio de la VM.
- C. El Doppler CW del flujo diastólico transmitral permite la cuantificación del gradiente máximo/medio, la presión de medio tiempo y la VTI. En este ejemplo de un paciente con EM reumática, la VTI se utilizó en la ecuación de continuidad para calcular un área de la VM de 1,28 cm².

Nota: Aunque no se muestra para cada nivel de obtención de imágenes, se pueden realizar las evaluaciones de Doppler PW y CW, así como la evaluación Doppler color, desde cualquier plano de obtención de imágenes de la VM que alinee el haz de ecografía con el flujo. Estos planos de obtención de imágenes generalmente tienen como resultado los perfiles espectrales Doppler más precisos.

Nivel de imágenes: Vista ME mitral comisural 50°-70°

Protocolo de adquisición:

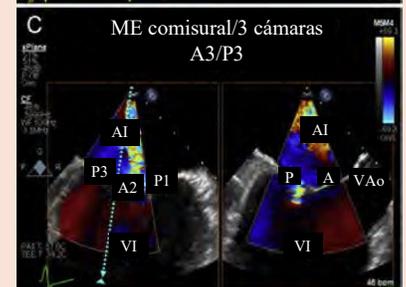
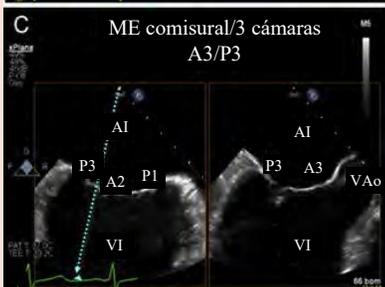
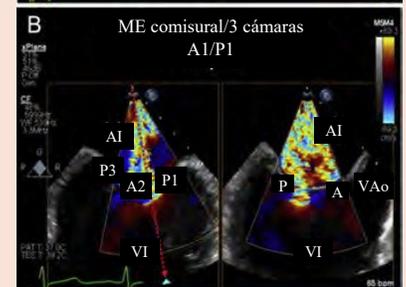
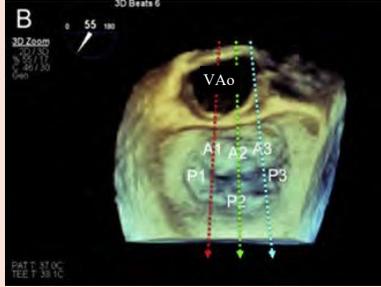
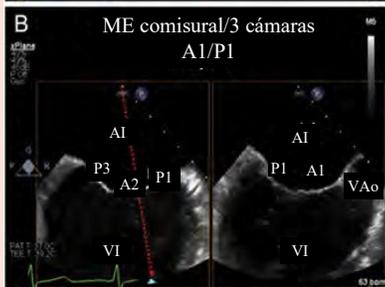
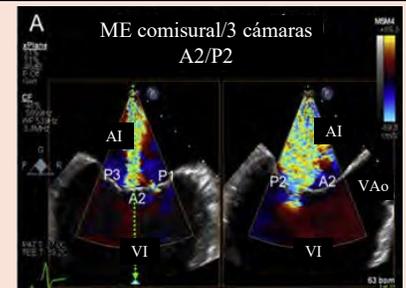
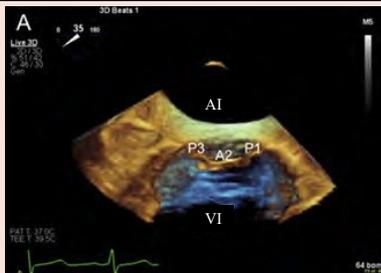
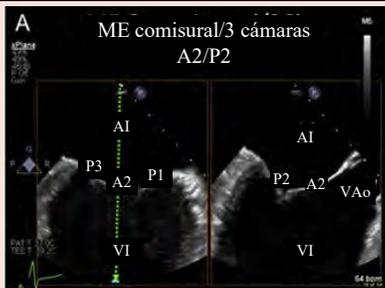
- Identifique la vista comisural mitral anatómicamente optimizada al plano de la VM (~50°-70°).
- Las valvas biplanares sistemáticas a través de la VM permiten barrer la interrogación de la coaptación de la VM (inclusión central, lateral y medial) con Doppler color 2D manteniendo el ángulo de inclinación biplanar.



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 4 (continuación)

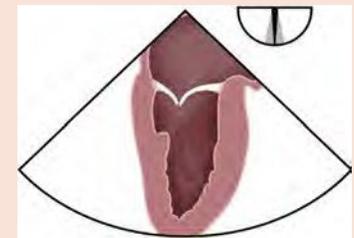
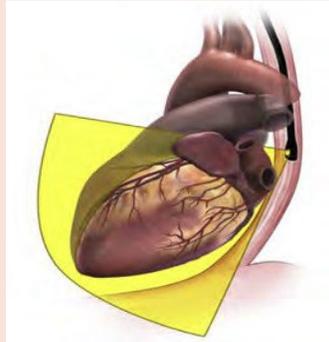
Nivel de imágenes: Vista ME mitral comisural 50°–70°

- | | | |
|---|--|---|
| <p>A. Imágenes de la vista comisural mitral de la valvas anterior en el centro (A2) y posterior a cada lado (P3 izquierda/medial y P1 derecha/lateral). La imagen biplanar simultánea muestra la vista del eje largo de la VM con las valvas anterior (A2) y posterior (P2).</p> <p>B. Vista comisural mitral con la inclinación biplanar simultánea a través de la parte lateral de las valvas de la VM (zona de coaptación A1/P1).</p> <p>C. Vista comisural mitral con la inclinación biplanar simultánea a través de la parte medial de las valvas de la VM (zona de coaptación A3/P3).</p> | <p>A. Las imágenes tridimensionales en vivo (volumen angosto) pueden ser particularmente útiles para verificar el ángulo multiplanar adecuado para la vista comisural.</p> <p>B. Vista tridimensional frontal de la VM durante la sístole con la VA a las 12 en punto. Se muestran los planos de obtención de imágenes de los festones laterales (A1/P1, <i>línea roja</i>), festón en la línea media (A2/P2, <i>línea verde</i>) y festón medial (A3/P3, <i>línea azul</i>). En este paciente, se puede ver la VA en los tres planos de obtención de imágenes comisurales (consulte las vistas de obtención de imágenes planas) dado el tamaño/la orientación de la aorta en este paciente.</p> | <p>A. Vista comisural mitral con Doppler color 2D que ilustra el chorro de RM de base amplia en las imágenes biplanares simultáneas. El plano de inclinación central denota el corte del plano a través de las valvas anterior y posterior (A2/P2).</p> <p>B. Vista comisural mitral con Doppler color 2D y plano de inclinación lateral que denota el plano de corte a través de las valvas anterior y posterior (A1/P1).</p> <p>C. La obtención simultánea de imágenes biplanares basadas en la vista comisural mitral con el plano de inclinación movido medialmente denota un plano de corte a través de las valvas anterior y posterior (A3/P3).</p> |
|---|--|---|

Nivel de imágenes: Vista ME mitral 80°–100°

Protocolo de adquisición:

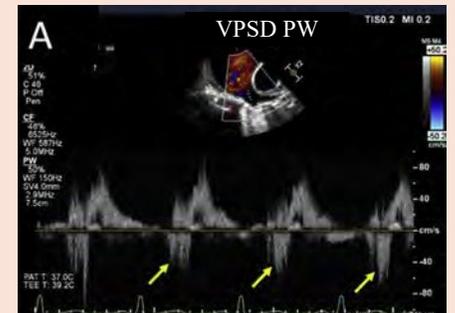
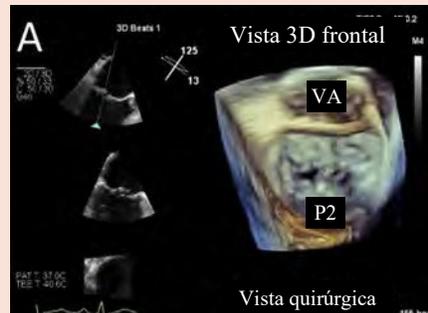
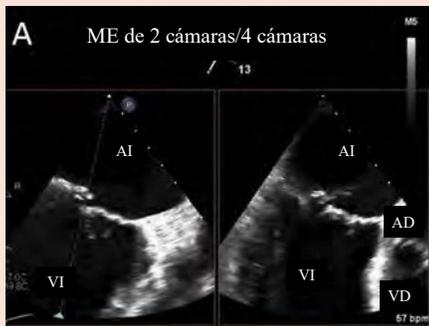
- Desde la vista ME de 2 cámaras se centró en la VM. Para alinear mejor la VM, puede ser necesaria una ligera retroflexión de la sonda. Utilice el plano inclinado para ilustrar la imagen biplanar simultánea.
- Las adquisiciones tridimensionales con y sin color se benefician de la adquisición multilatido (mejora de la resolución temporal).



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 4 (continuación)

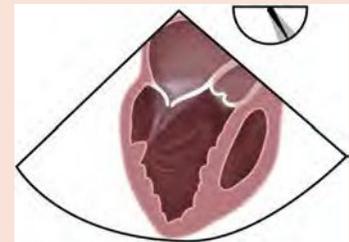
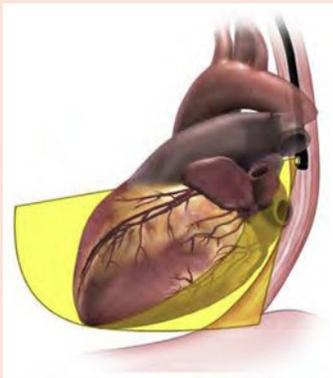
Nivel de imágenes: Vista ME mitral 80°–100°

- | | | |
|---|---|---|
| <p>A. Imágenes biplanares de la vista ME de 2 cámaras con vista ortogonal invertida de 4 cámaras.</p> | <p>A. Interpretación tridimensional de la VM de la cirugía estándar en vista frontal con la VA a las 12 en punto. La valva anterior está en la parte superior, la posterior en la parte inferior.</p> <p>B. Interpretación tridimensional de la VM desde una vista no estándar, obtenida sin rotación z. La VA está en la posición de las 6 en punto y la posterior está en la parte superior. Esta vista puede mejorar la obtención de imágenes de la patología posterior de la valva.</p> | <p>A. La inversión del flujo en las venas pulmonares es un signo específico de RM hemodinámicamente significativa. El flujo en las cuatro venas pulmonares se puede evaluar mediante Doppler PW. Este es un ejemplo de inversión tardía del flujo sistólico (<i>flechas amarillas</i>) en la VPSD en el paciente con festón P2 inestable.</p> <p>B. La inversión sistólica tardía del flujo (<i>flechas amarillas</i>) también se observa en el VPSI.</p> |
|---|---|---|

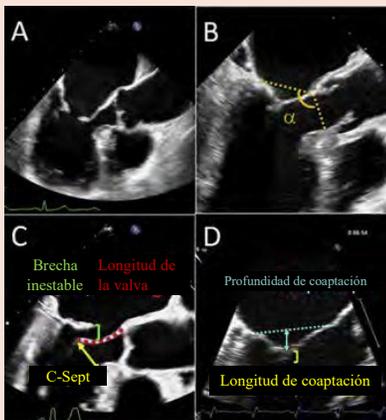
Nivel de imágenes: Vista ME mitral 120°–140°

Protocolo de adquisición:

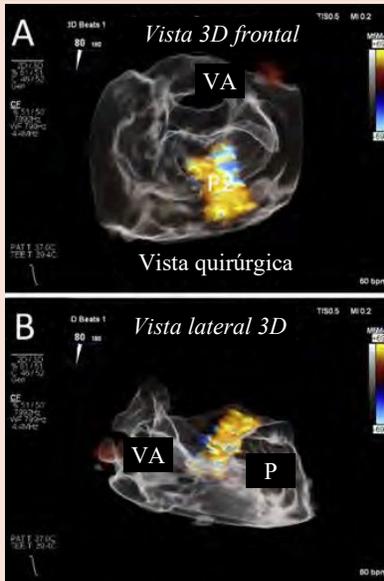
- Desde la vista ME de eje largo se centró en la VM. Para alinear mejor la VM, puede ser necesaria una ligera rotación de la sonda en sentido horario o en el sentido antihorario. Utilice el plano inclinado para ilustrar la imagen biplanar simultánea.



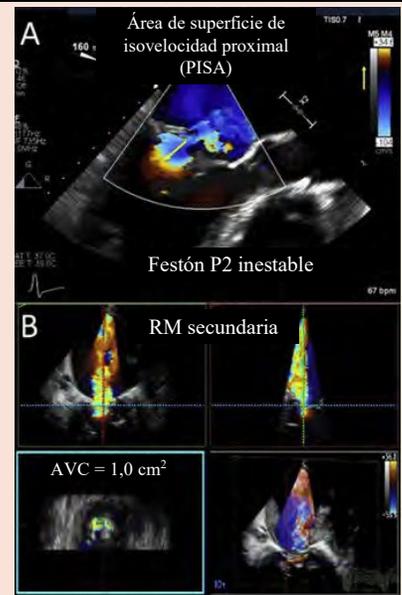
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



- | | | |
|---|---|---|
| <p>A. La vista de eje largo, que generalmente toma imágenes de las valvas anterior (A2) y posterior (P2), es útil para la obtención de imágenes de la morfología de la valva (abovedamiento reumático en este ejemplo), pero también el TSVI y la VA.</p> | <p>A. Los nuevos modos de reconstrucción 3D pueden permitir una evaluación más rápida de la morfología y la función de la válvula. En este ejemplo de una interpretación de transparencia del Doppler color 3D, el origen del chorro regurgitante amplio de la RM funcional se ve fácilmente.</p> | <p>A. Para calcular el AORE mediante el método PISA, el inicio del Doppler color se desplaza en dirección del flujo regurgitante, y el radio de la cubierta de PISA se mide desde la vena contracta hasta el desplazamiento de color (en este caso) amarillo a azul (<i>flecha amarilla</i>).</p> |
|---|---|---|

(continuación)

Tabla 4 (continuación)

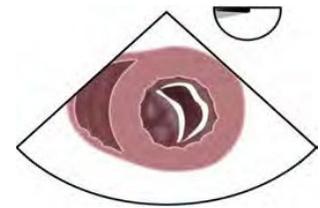
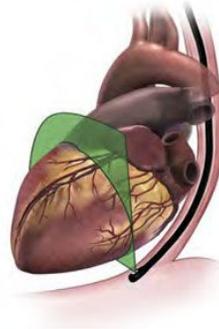
Nivel de imágenes: Vista ME 120°-140°

- | | | |
|--|---|--|
| <p>B. El ángulo anular mitral-aórtico (α) sistólico, que se utiliza para evaluar el riesgo de obstrucción del TSVI.</p> <p>C. Las mediciones degenerativas de las valvas de la VM incluyen espacio inestable, longitud de la valva anterior y distancia del C-sept.</p> <p>D. Las mediciones de las valvas adheridas incluyen la longitud y la profundidad de la coaptación.</p> | <p>B. El mismo volumen de Doppler color 3D del paciente se obtiene a partir de una cara lateral, con el anillo anterior a la izquierda (VA, válvula aórtica) y el anillo posterior (P) a la derecha. Desde esta zona, el chorro regurgitante se dirige hacia la región posterior.</p> | <p>B. La reconstrucción multiplanar tridimensional Doppler color se utiliza para identificar la vena contracta en el SAX (<i>plano azul</i>), lo que permite la planimetría de la AVC.</p> |
|--|---|--|

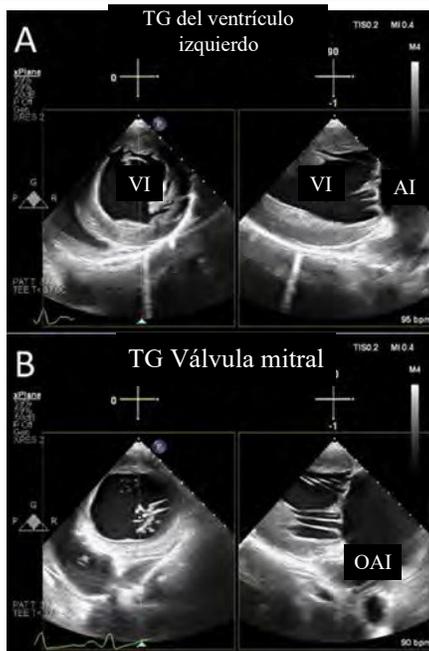
Nivel de imágenes: Vistas TG

Protocolo de adquisición:

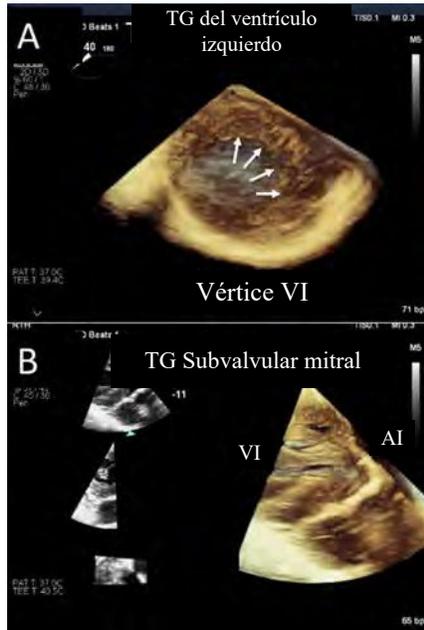
- Después de la inserción de la sonda más allá del esfínter esofágico inferior en el estómago, la anteflexión resulta en imágenes del ventrículo izquierdo.
- Una mayor anteflexión desde una vista ventricular media lleva el plano de imagen a la base del ventrículo izquierdo e incluye imágenes de la VM.
- Una mayor retroflexión desde la vista ventricular media toma imágenes del ápice del VI.



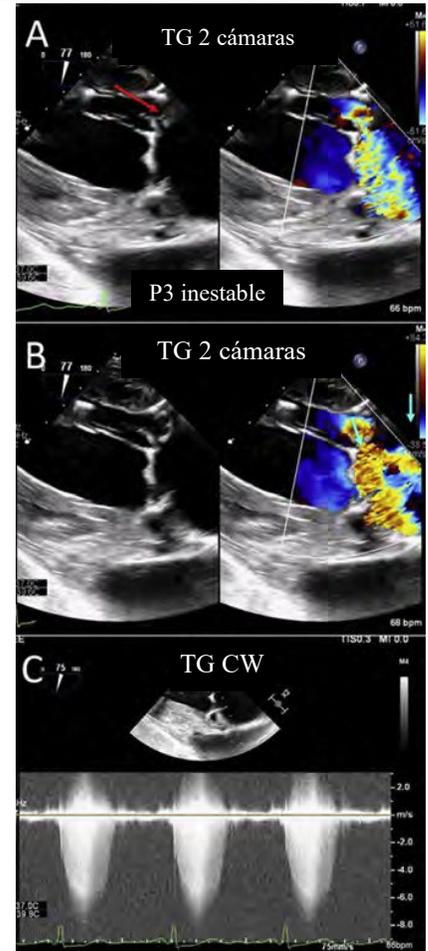
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



(continuación)

Tabla 4 (continuación)

Nivel de imágenes: Vistas TG

<p>A. Se debe realizar una vista TG del SAX del ventrículo izquierdo medio con eje largo biplanar simultáneo para evaluar el tamaño y la función del VI.</p>	<p>A. La adquisición del volumen tridimensional desde la vista TG muestra las trabeculaciones marcadas del ápice VI lateral, lo que es congruente con la falta de compresión.</p>	<p>A. Los chorros de RM excéntricos pueden alinearse con el haz de ecografía desde las vistas TG. En este ejemplo de una falla P3 (medial), el chorro regurgitante está mejor alineado con el haz de ecografía desde esta vista TG.</p>
<p>B. Se debe realizar una vista TG del SAX a nivel de la VM con eje largo biplanar simultáneo para evaluar las valvas y las estructuras subvalvulares.</p>	<p>B. El volumen tridimensional de la VM de las vistas TG se puede utilizar para evaluar el aparato subvalvular.</p>	<p>B. Cuando se alinea de manera óptima con el haz de ecografía, el desplazamiento inicial en Doppler color en la dirección del flujo regurgitante (<i>flecha azul</i>) permite la medición del radio PISA.</p>
		<p>C. El Doppler CW debe realizarse desde cualquier vista donde el chorro regurgitante esté alineado con el haz de ecografía.</p>

Para cuantificar el volumen de regurgitación mitral, un examen integral debe incluir la cuantificación 2D/Doppler del VS frontal (es decir, volumen sistólico ventricular izquierdo o derecho) con Doppler realizado desde las vistas TG.

2 *Cám.*: dos cámaras; 3 *cám.*: tres cámaras; 4 *cám.*: cuatro cámaras; *A*: valva anterior; *VA*: válvula aórtica; *AVA*: área de la VA; *Coapt.*: coaptación; *C-sept.*: Coaptación septal; *AORE*: área del orificio regurgitante efectivo; *AI*: aurícula izquierda; *VPSI*: vena pulmonar superior izquierda; *VI*: ventrículo izquierdo; *AVM*: área VA; *AOVA*: Área del orificio de la VA; *P*: valva posterior; *GP*: gradiente de presión; *PM*: posteromedial; *PW*: onda pulsada; *AD*: aurícula derecha; *VPSD*: vena pulmonar superior derecha; *VD*: ventrículo derecho; *VS*: volumen sistólico; *AVC*: área de la vena contracta; *V_{máx.}*: velocidad máxima; *V_{media}*: velocidad media; *VTI*: integral de velocidad-tiempo.

Si las vistas TG no alinean el haz de la ecografía en paralelo al flujo para la evaluación Doppler de la función de la VP, se pueden intentar vistas DT con la máxima anteflexión.

Obtención de imágenes tridimensionales. La VP permanece en el campo lejano en todos los niveles de obtención de imágenes; por lo tanto, la reconstrucción 3D de la válvula es un desafío. La vista UE, por lo general, produce las mejores imágenes de las valvas para optimizar la adquisición 3D, ya que el plano anular es más perpendicular al haz de la ecografía (Figuras 22G y 22H).

3. Estenosis de la VP. La EP valvular es la segunda malformación cardíaca congénita más frecuente, que ocurre en el 10 % de los niños con cardiopatía congénita, pero no es infrecuente que se lo diagnostique por primera vez en la adultez.⁷¹ La fusión de las comisuras resulta en una válvula con forma de bóveda con un orificio efectivo angosto que a menudo está acompañado de la dilatación postestenótica de la AP principal. La EP leve, definida como un gradiente de Doppler máximo <36 mmHg, no requiere intervención y rara vez progresa. Enfermedad moderada o grave, con un gradiente de Doppler máximo >36 mmHg acompañado de síntomas de insuficiencia cardíaca que, de otro modo, no serían explicables; puede requerir tratamiento con valvuloplastia con balón o valvulotomía quirúrgica⁷² que va desde la comisurotomía hasta la resección subtotal de las valvas, con bajo

riesgo de procedimiento y baja tasa de recurrencia.⁷³ El tipo “displásico” de EP valvular, que se observa más comúnmente en pacientes con síndrome de Noonan, responde de manera menos favorable a la intervención percutánea debido a valvas mielomatosas, engrosadas e hipoplasia anular asociada o estrechamiento de la región supravalvular. La EP puede asociarse con muchas otras malformaciones congénitas, incluidas la comunicación interauricular (CIA), la comunicación interventricular (CIV), el conducto arterioso persistente y otras cardiopatías congénitas complejas, como la tetralogía de Fallot, que se define por la obstrucción del TSVD. La EP adquirida es poco frecuente, lo que constituye solo el 5 % de los pacientes que se presentan en la adultez. Las causas de la EP adquirida incluyen enfermedad cardíaca reumática y carcinoide.

La EP subvalvular es infrecuente y puede presentarse debajo del infundíbulo, como en el ventrículo derecho de doble cámara, que se produce en el orificio infundibular, o incluso más infrecuentemente inmediatamente por debajo de la VP. Existen varias causas más, pero ninguna es susceptible a la intervención con catéter.

La EP supravalvular puede afectar de forma variable las arterias pulmonares principales y/o ramas. Los casos congénitos se asocian con diversos síndromes genéticos y congénitos, y pueden adquirirse debido a líneas de sutura posoperatorias, distorsión de vasos o compresión externa.



Figura 15 Imágenes bidimensionales y 3D de la VM. En este ejemplo de un gran festón P2 inestable, el uso de imágenes biplanares permite la visualización simultánea de la vista comisural (*imagen de la izquierda* en A) y la vista de eje largo de la línea media ortogonal (comisura A2-P2) (*imagen de la derecha* en A). Se muestran las imágenes definidas por el usuario que generan el volumen 3D en el panel B: lateral (*cuadro rojo*) y elevado (*cuadro azul*). La imagen 3D producida en el panel B es la vista de la VM inicial frontal desde la perspectiva auricular; medial hacia la izquierda, lateral hacia la derecha, anterior en la parte inferior y posterior en la parte superior de la imagen ecocardiográfica con la aorta (Ao) a las 6 en punto. Para generar la vista frontal del médico, la imagen en el panel B se gira 180° en el eje z (C) de modo que la Ao ahora está a las 12 en punto.

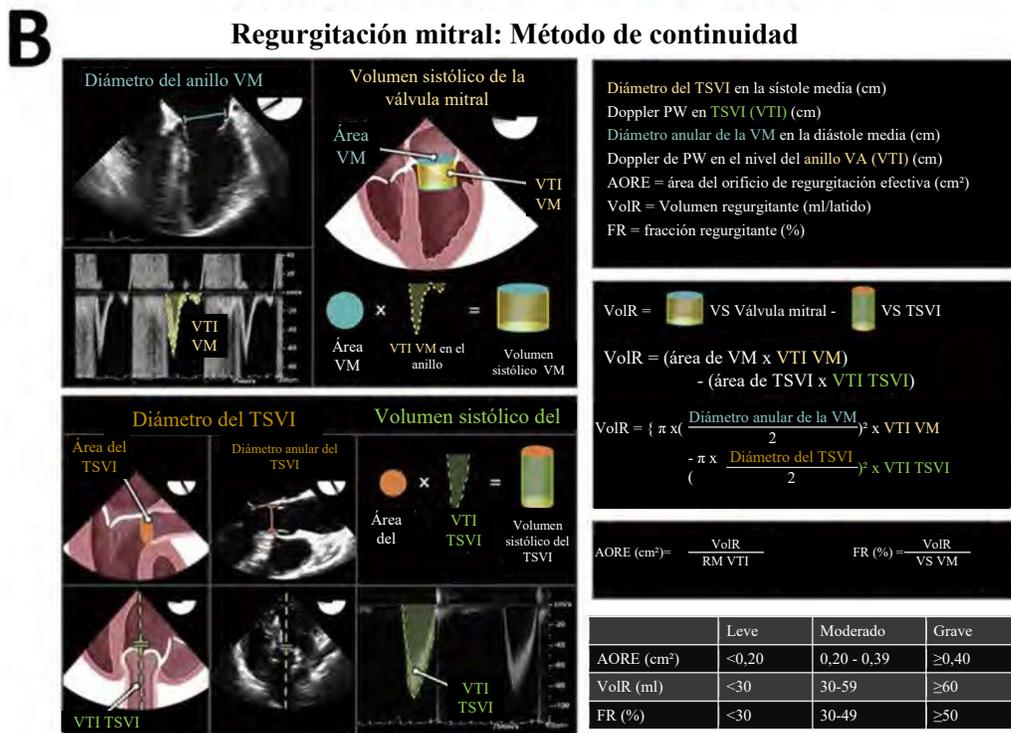
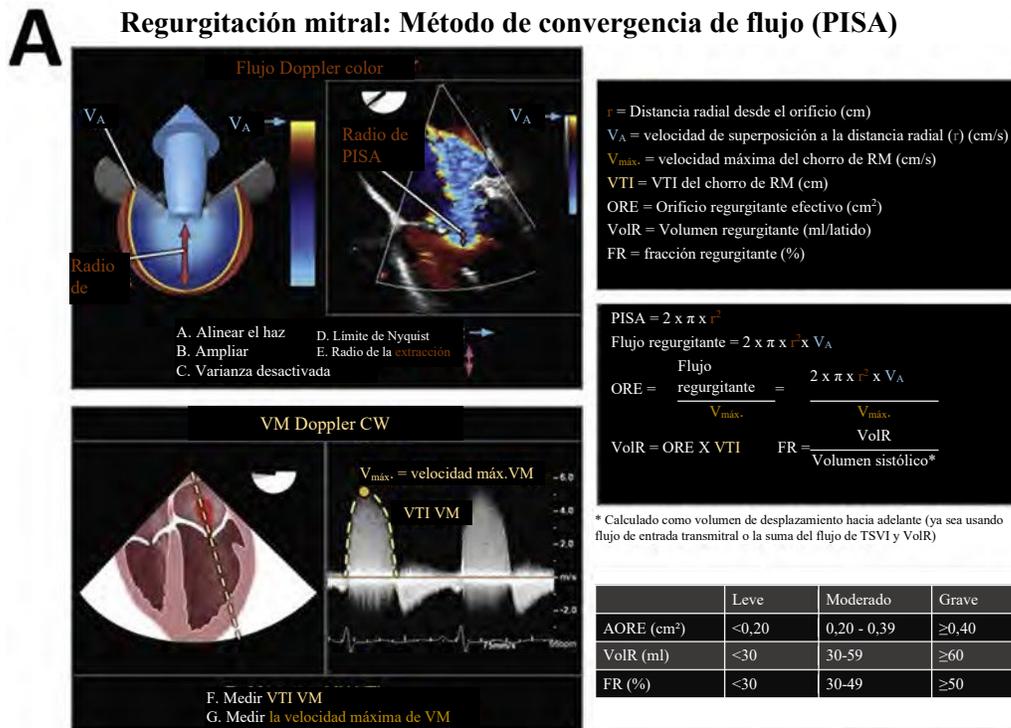


Figura 16 Cuantificación de la RM. La cuantificación de la RM debe realizarse siempre que haya una pregunta sobre la gravedad de la enfermedad y el estado clínico. El panel A muestra las imágenes requeridas para realizar una medición con PISA del área efectiva del orificio regurgitante (AORE), que incluye (1) Doppler color con desplazamiento inicial en dirección del chorro regurgitante con medición del radio de PISA y (2) perfil espectral de Doppler CW. El cálculo de AORE, como se muestra, puede usarse para cuantificar el volumen regurgitante. El panel B muestra las imágenes requeridas para realizar el método de cálculo cuantitativo Doppler del volumen regurgitante, incluido el diámetro diastólico anular mitral de cuatro cámaras, Doppler de onda pulsada (PW) en el plano anular mitral, diámetro sistólico anular aórtico, Doppler PW en el plano anular aórtico y Doppler CW del perfil de velocidad sistólica transmitral. La sustracción del volumen sistólico hacia adelante (es decir, a través de la VA) del volumen sistólico diastólico (a través de la VM) da como resultado un volumen regurgitante. El AORE luego se deriva dividiendo el volumen regurgitante por el valor integral de velocidad-tiempo (VTI) transmitral por Doppler CW. *ORE*: orificio regurgitante efectivo; *r*: radio PISA; *flujo regular*; flujo regurgitante; *FR*: fracción regurgitante; *VolR*: volumen regurgitante; *V_A*: velocidad de superposición; *V_{máx.}*: velocidad máxima.

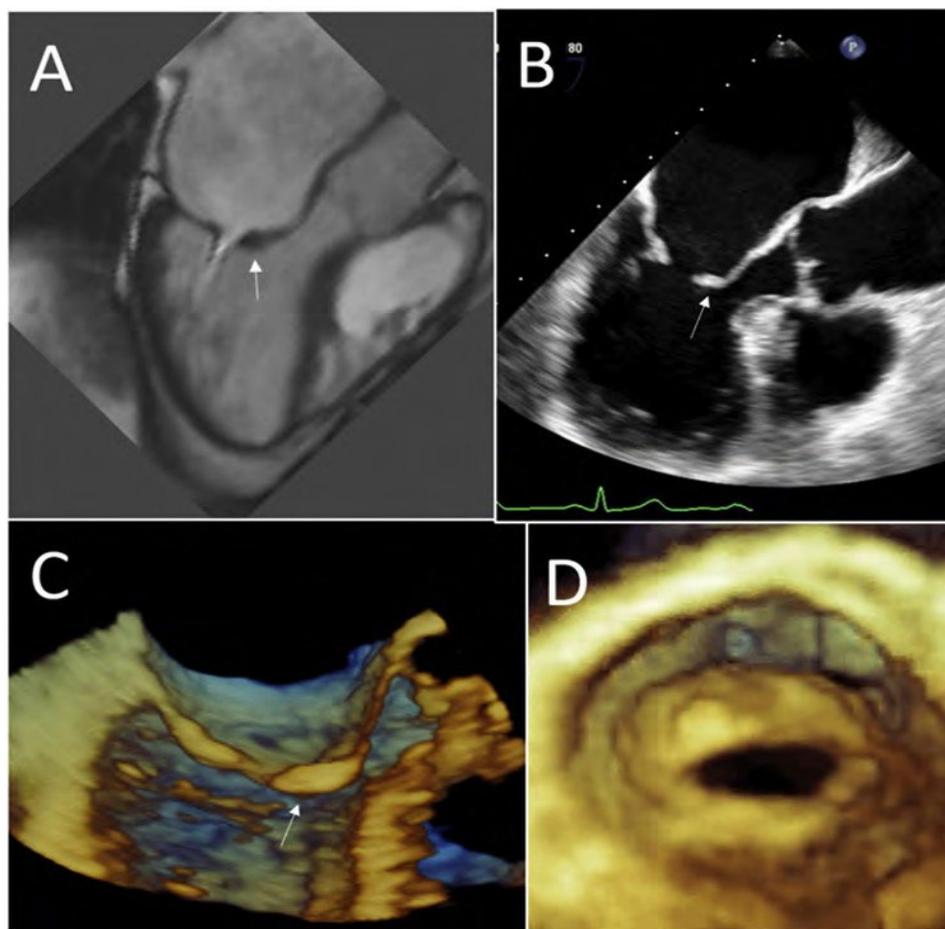


Figura 17 Aspectos característicos de la EM reumática. Se puede ver el abovedamiento de la valva mitral anterior en la resonancia magnética cardíaca (flecha, **A**), imágenes de ETE 2D (**B**) e imágenes de ETE 3D (**C**). Las imágenes tridimensionales frontales (perspectiva del VI) muestran el aspecto de la VM EN “boca de pescado” (**D**).

La estenosis supravalvular adyacente a la VP no puede tratarse con intervención percutánea sin sacrificar la válvula, por lo que si la ecocardiografía sugiere estrechamiento en esta área, es posible que se requieran exámenes por imágenes adicionales para dirigir al paciente a la reparación quirúrgica.

En resumen, al considerar la EP, la patología puede ocurrir en cualquier parte del TSVD. Dado que las opciones percutáneas solo están disponibles para la patología valvular aislada, el reconocimiento del estrechamiento por encima y por debajo de la válvula es crucial, al igual que la identificación y la evaluación de las lesiones adicionales asociadas comúnmente que pueden requerir intervención.⁷⁴

4. Regurgitación de la VP. La RP aislada rara vez es una lesión nativa, pero es una consecuencia de una valvulotomía previa o después de un reemplazo realizado para la EP valvular. Una excepción infrecuente es una variante grave de la tetralogía de Fallot con síndrome de VP ausente. Como el nombre lo indica, generalmente las valvas están completamente ausentes, aunque ocasionalmente pueden observarse remanentes vestigiales de tejido engrosado similar a la coliflor. La afección se acompaña invariablemente de una dilatación grave de las arterias pulmonares principales y de las ramas bilaterales, lo que crea síntomas respiratorios graves que tradicionalmente se presentan en la infancia, momento en el cual se tratan quirúrgicamente. La RP no congénita, secundaria a la degeneración de la VP, generalmente se presenta con regurgitación y estenosis combinadas, al igual que en la cardiopatía carcinóide.⁷⁵ En el caso raro con estenosis predominante y

regurgitación leve o menor, la valvuloplastia con balón puede ser adecuada, pero la mayoría requerirá reemplazo. Un ancho del chorro de RP por Doppler color >50 % a 65 % del TSVD, una desaceleración rápida del flujo con terminación temprana del flujo diastólico y una inversión del flujo diastólico en las ramas de las arterias pulmonares son coherentes con una RP significativa.^{76,77}

5. Enfermedad de la VP en la cardiopatía congénita postoperatoria.

Tanto la EP como la RP pueden resultar después de la intervención para numerosas anomalías cardíacas congénitas, particularmente la tetralogía de Fallot. El TSVD posoperatorio tiene una heterogeneidad notable, en parte debido a una amplia gama de intervenciones que pueden haberse realizado inicialmente, incluida la resección de la valva total o subtotal, las válvulas quirúrgicas implantadas, y conductos.⁷⁸ Rara vez se realiza la reparación quirúrgica de la VP⁷⁹; más bien, la mayoría de las intervenciones para regurgitación o enfermedad combinada son reemplazos, dado que el reemplazo transcáteter ahora es posible en una mayor cantidad de pacientes desde la primera descripción en el año 2000.⁸⁰ La selección del dispositivo transcáteter se basa en el tracto de flujo de salida, más que en la morfología del valva, que se evalúa mejor en una resonancia magnética o TC. La RP crónica grave causa dilatación progresiva del VD y, en última instancia, disfunción. La resonancia magnética es el estándar de referencia para la cuantificación de la RP y del tamaño y la función del VD, aunque la TC es una alternativa en pacientes con contraindicaciones a la resonancia magnética.

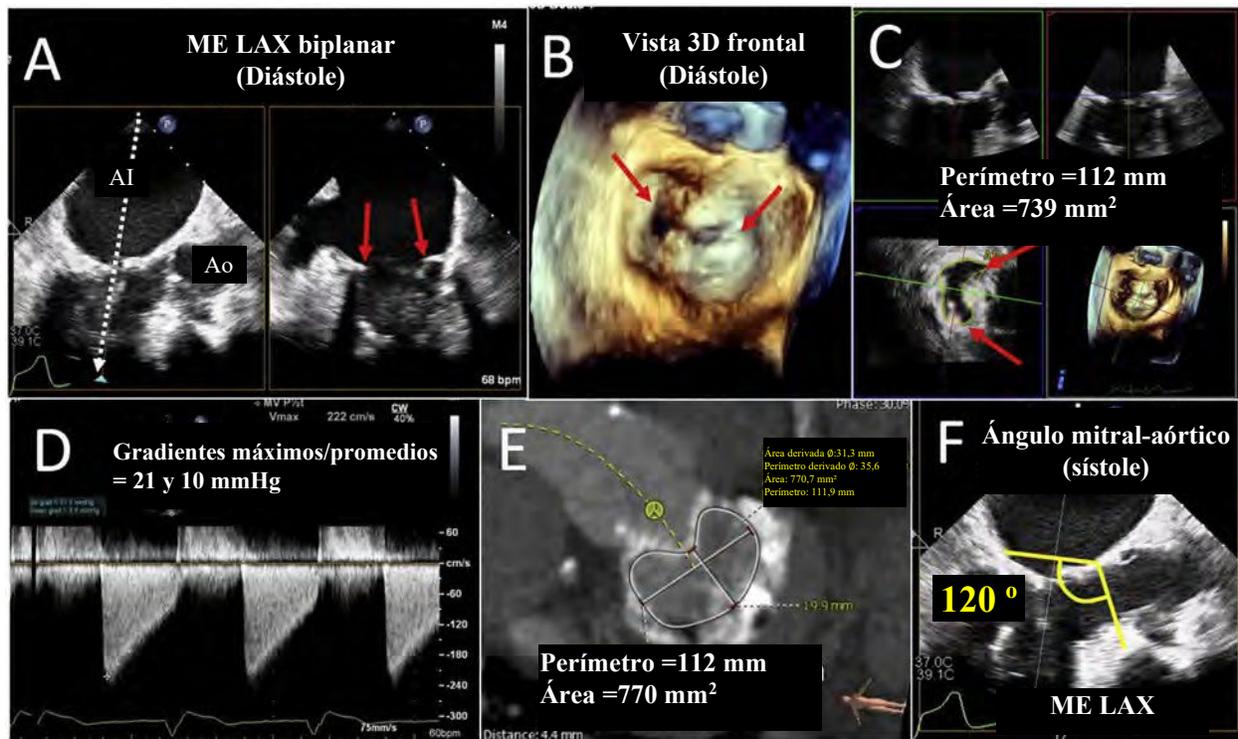


Figura 18 Estenosis mitral degenerativa (EM). El calcio anular mitral (CAM) puede extenderse de forma variable a las valvas, pero la mayor restricción del flujo generalmente ocurre en el anillo. Imágenes biplanares desde la vista esofágica media (ME) (A, la flecha blanca indica la ubicación de la imagen ortogonal) y la vista 3D frontal (B) muestran la ubicación del calcio anular (flechas rojas). Mediante reconstrucción multiplanar (C) 3D, el área anular por planimetría es de 0,74 cm², coherente con la EM grave debido a la rigidez aumentada del anillo y las valvas sin fusión comisural (flechas rojas en A-C). El Doppler CW (D) muestra gradientes máximos y medios de 21 y 10 mmHg, respectivamente. Frecuentemente, la gravedad y la extensión del calcio se evalúan con mayor precisión mediante imágenes tomográficas (TC) (E), que también se pueden usar para evaluar la gravedad de la estenosis. El riesgo de obstrucción del flujo de salida ventricular izquierdo después del reemplazo transcáteter de la válvula mitral puede predecirse mediante la agudeza inicial del ángulo mitral-aórtico (F). Ao: Aorta; AI: aurícula izquierda; LAX: eje largo.

Los criterios para el reemplazo de la VP se derivan de estos parámetros de imágenes de modalidad múltiple y de una serie de criterios clínicos que continúan evolucionando.

F. Evaluación de la VT

El interés en la válvula tricúspide (VT) ha crecido, dada la prevalencia de regurgitación tricúspide significativa y su asociación con un pronóstico adverso,⁸¹ así como la carga sintomática resultante de la insuficiencia cardíaca derecha progresiva.⁸² En el contexto de alta mortalidad intrahospitalaria asociada con una cirugía de la VT aislada,⁸³ los dispositivos transcáteter continúan evolucionando.⁸⁴ La obtención de imágenes de la VT con ETE es un desafío por varios motivos. En primer lugar, es la válvula cardíaca ubicada en posición más anterior e inferior, con un área de orificio normal de entre 7 y 9 cm²,⁸⁵ lo que requiere un gran campo de visión cuando se obtiene una imagen en el campo lejano desde las vistas ME. En segundo lugar, las valvas tricúspides son mucho más delgadas que las de la VM, lo que hace que sean más difíciles de obtener.⁸⁶ Finalmente, el plano anular no puede alinearse perpendicular al haz de la ecografía, lo que aumenta la dependencia de la resolución lateral, que es inferior a la resolución axial. Sin embargo, la VT está posicionada inmediatamente superior al diafragma y, por lo tanto, está muy cerca de la sonda de ETE en las vistas DE y TG. Por lo tanto, se requiere un nuevo nivel de obtención de imágenes, el plano de obtención de imágenes DE (Tabla 1). Estas vistas se han vuelto integrales para la evaluación previa al procedimiento de la VT.

1. Anatomía de la VT. Anillo tricúspide. El anillo tricúspide normal tiene una forma elíptica no plana compleja, siendo la porción anteroseptal la más

alta, cercana al TSVD y la VA, y la porción posterolateral la más baja (hacia el ventrículo derecho). Es aproximadamente un 20 % más grande y menos simétrica que el anillo mitral “en forma de montura” y puede dividirse en dos segmentos: mural y septal (Figura 23A). Al igual que la VM, la porción mural o de pared libre del anillo de la VT consta de cuatro componentes: el miocardio auricular, el miocardio ventricular, la línea de articulación de las valvas tricúspides y el tejido adiposo epicárdico (Figuras 23B y 23C). La dilatación anular tricúspide y la adhesión de la valva son los principales mecanismos que conducen a la RT funcional.⁸⁶ El anillo mural sigue a la contracción del ventrículo derecho y puede estar sujeto a dilatación cuando se agranda la aurícula derecha y/o el VD, mientras que el anillo septal no tiene dilatación anular.⁸⁷ Estudios ecocardiográficos 3D recientes han demostrado expansión anular principalmente a lo largo del límite posterior en la RT asociada con fibrilación auricular, mientras que el anillo se expande principalmente a lo largo del borde anterolateral en pacientes con cardiopatía izquierda en el ritmo sinusal.⁸⁸

Valvas tricúspides. La VT consta clásicamente de tres valvas de tamaño desigual llamadas anteriores (la más grande, con forma cuadrangular), septal (circunferencial larga, pero radialmente corta, semicircular) y posterior (de tamaño intermedio, con forma triangular e indentaciones festoneadas; Figuras 23D–23F). Sin embargo, los estudios de autopsias han informado una gran variabilidad en la cantidad de valvas de la VT en hasta el 38 % de los pacientes.⁸⁷ Un estudio reciente de ETE de 579 pacientes confirmó estos hallazgos, con tres valvas observadas en solo el 50 % de los pacientes y cuatro o más valvas observadas en el 39 % de los pacientes.⁸⁹ La mayoría de las válvulas cuatricúspides (32 % de toda la cohorte) tenía dos valvas posteriores (Tabla 6).

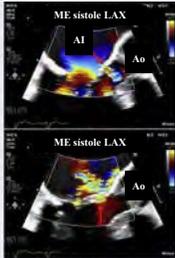
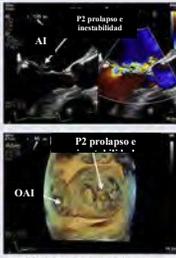
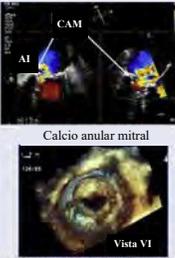
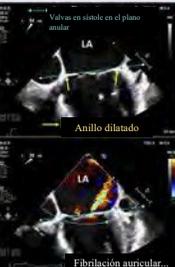
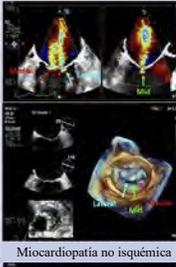
Clasificación morfológica	Carpentier tipo I	Carpentier tipo II	Carpentier tipo IIIa	Carpentier tipo IIIb
	Movimiento normal de las valvas	Movimiento excesivo de las valvas	Movimiento restrictivo de las valvas (sístole y diástole)	Movimiento restrictivo de las valvas (sístole únicamente)
PRIMARIO <ul style="list-style-type: none"> • Prolapso de la válvula mitral <ul style="list-style-type: none"> • Enfermedad de Barlow • Deficiencia fibroelástica ± inestabilidad • Ruptura del músculo papilar • Traumatismo/endocarditis • Reumático • Vascular colágeno • Radiación • Fármacos • Calcio anular mitral 	 <p>ME sístole LAX</p> <p>Perforación de la valva</p>	 <p>P2 prolapso e inestabilidad</p> <p>OAI</p> <p>Prolapso de la válvula mitral</p>	 <p>CAM</p> <p>Calcio anular mitral</p> <p>Vista VI</p> <p>Valvulopatía reumática</p>	
SECUNDARIO <ul style="list-style-type: none"> • Funcional auricular <ul style="list-style-type: none"> • Anillo dilatado • Funcional ventricular <ul style="list-style-type: none"> • Miocardiopatía no isquémica • Miocardiopatía isquémica 	 <p>Valvas en sístole en el plano anular</p> <p>LA</p> <p>Anillo dilatado</p> <p>Fibrilación auricular...</p> <p>Anillo mitral dilatado (Funcional auricular)</p>			 <p>Miocardiopatía no isquémica</p>
				 <p>VMP adherida</p> <p>Vista VI</p> <p>Miocardiopatía isquémica</p>

Figura 19 Clasificación del mecanismo de regurgitación mitral (RM). La regurgitación mitral puede dividirse en enfermedad primaria y secundaria; se puede observar una serie de movimientos de valvas diferentes dentro de cada una de estas categorías. La RM primaria se define por la patología del aparato mitral, incluidos la valva, las cuerdas o los músculos papilares. Por lo tanto, la RM primaria puede tener: movimiento normal de las valvas (Carpentier tipo I) en el contexto de la perforación/destrucción de las valvas; movimiento excesivo de las valvas (Carpentier tipo II) en el contexto de la enfermedad degenerativa (es decir, enfermedad de Barlow o deficiencia fibroelástica) y valvas inestables (es decir, con ruptura de las cuerdas) o movimiento restringido (Carpentier tipo IIIa) en el ámbito de enfermedad reumática o calcificada. En la RM secundaria, el aparato mitral es normal; sin embargo, la dilatación de la aurícula izquierda (AI) o el ventrículo izquierdo (VI) puede provocar mala coaptación de las valvas. En la RM funcional auricular, el anillo se dilata con una longitud de valvas inadecuada para cubrir el área anular; sin embargo, el movimiento de las valvas es normal (Carpentier clase I) con valvas que se cierran en el plano anular o cerca de este. En la RM de la función ventricular, la dilatación del ventrículo y el desplazamiento de los músculos papilares hacia el ápice provocan la adhesión de la valva (es decir, ubicación de la coaptación de la valva apical al anillo) con restricción del cierre de la valva, pero oscilación diastólica normal (Carpentier clase IIIb). La oscilación sistólica de la valva puede ser simétrica (típica de miocardiopatías no isquémicas) o más localizada (típica de miocardiopatía isquémica con anomalías del movimiento de la pared regional). *Ao*: aorta; *OAI*: orejuela auricular izquierda; *LAX*: vista de eje largo; *VI*: ventrículo izquierdo; *CAM*: calcificación anular mitral; *ME*: esófago medio; *VMP*: valva mitral posterior.

La identificación de la morfología del valva de la VT se basa en la vista TG SAX (o eje corto del volumen producido 3D de cualquier nivel de imágenes), mediante el movimiento del borde de la valva y Doppler color (cuando hay mala coaptación) durante el ciclo cardíaco para identificar (1) movimiento independiente de la valva adyacente y (2) flujo sistólico Doppler color que se extiende hacia la región alrededor de la valva. Se pueden usar algunas claves anatómicas importantes para identificar las valvas. En primer lugar, la valva septal está asociada con el septo interventricular y/o SIA. La comisura entre las valvas septal y anterior generalmente está adyacente al límite posterior del seno aórtico no coronario. La valva posterior, que a menudo está festoneada, se extiende desde la región del músculo papilar anterior (a lo largo de la pared libre lateral del VD) hasta la pared posterior del ventrículo derecho. La comisura entre las valvas septal y posterior suele estar cerca del flujo de entrada del seno coronario. Debido a que la RT funcional está asociada con la dilatación lateral del anillo, la mala coaptación de las valvas con frecuencia ocurre a lo largo de la línea de coaptación septal y, por lo tanto, el orificio regurgitante de la RT a menudo tiene forma de media luna o elíptico.

Músculos papilares. Hay dos músculos papilares distintos (anterior y posterior) y un tercer músculo papilar variable (septal). El más grande suele

ser el músculo papilar anterior, que puede ser continuo con la banda del moderador, y abastece el soporte de cuerdas a las valvas anterior y posterior. El músculo papilar posterior, que a menudo es bifido o trifido, brinda soporte de las cuerdas a las valvas posterior y septal. El músculo papilar septal está ausente o es pequeño en hasta el 20 % de los pacientes normales y, con frecuencia, hay múltiples uniones de las cuerdas directas del septo a la valva tricúspide septal. La comisura entre las valvas septal y anterior tiende a ser la más larga.

2. Protocolo general de obtención de imágenes para la VT (Tabla 6).

Vistas ME. Hay dos planos de obtención de imágenes estándar a partir del nivel ME, aunque se debe considerar la obtención de imágenes integrales mediante rotación mecánica de 0 a 150°. En la **Figura 24A** y la **Tabla 6**, se describen imágenes con la vista ME de cuatro cámaras a aproximadamente 0° y la vista ME del flujo de entrada del VD a aproximadamente 60°. Desde una vista ME de cuatro cámaras del corazón a 0°, la rotación en sentido horario de la sonda para obtener imágenes del corazón derecho suele obtener imágenes de la valva septal (que surge del septo); la valva opuesta suele ser la valva anterior dado su tamaño más grande en comparación con la valva posterior.

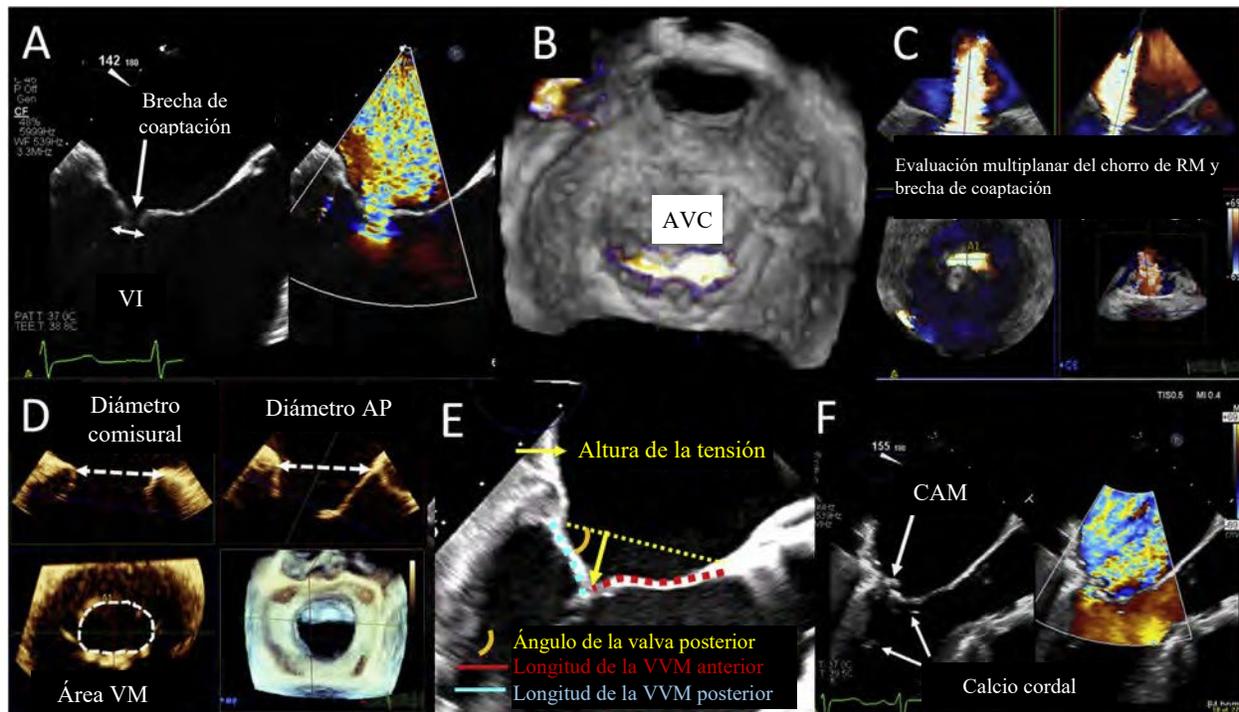


Figura 20 RM funcional. Los requisitos importantes de obtención de imágenes para la RM funcional incluyen determinar el tamaño de la brecha de coaptación y resurgir el diámetro de la vena contracta del chorro de RM (A). El Doppler color tridimensional permite una evaluación rápida de la forma del orificio de la vena contracta y la planimetría del área de la vena contracta (AVC), que a menudo es elíptica (B) y la medición del AVC (C). Las imágenes tridimensionales también son esenciales para evaluar las dimensiones anulares y el área (D) no solo para cuantificar la gravedad regurgitante, sino también para evaluar la capacidad adecuada para los dispositivos transcáteteres. El análisis de la capacidad de reparación, así como la evaluación del riesgo de obstrucción del TSVI, requiere la medición del ángulo de izquierda a derecha, las longitudes de las valvas y la altura de dicho ángulo (E). La relación entre el TSVI y las estructuras subvalvulares o valvulares debe evaluarse tanto en la diástole como en la sístole (F). AP: anteroposterior; VI: ventrículo izquierdo; CAM: calcio anular mitral; VVM: valva de la VM.

Sin embargo, la retroflexión de la sonda puede obtener imágenes de la valva posterior, y las imágenes biplanares simultáneas pueden ayudar a aclarar qué valva muestra, ya que la valva anterior generalmente se ve adyacente a la aorta y la posterior está adyacente a la pared posterolateral del VD (Figura 24B). La aurícula derecha y el VD también pueden evaluarse para determinar el tamaño y la función.

El segundo plano de obtención de imágenes ME estándar es la vista de flujo de entrada-salida del VD a 60° (Figuras 24C–24F, Tabla 6). En la imagen de un solo plano, la valva anterior está adyacente a la aorta y la posterior está opuesta, unidas a la pared posterolateral del ventrículo derecho (Figura 24C). La valva septal se encuentra detrás del plano de obtención de imágenes, lo que puede apreciarse a partir del volumen 3D del sector angosto en tiempo real (Figura 24D). Mediante el uso de imágenes biplanares simultáneas, la exploración desde el lado aórtico (anillo anterior) hacia el lado opuesto de la válvula (anillo posterior) permitirá obtener imágenes de toda la comisura entre las valvas septal y anterior (Figura 24E) y las valvas septal y posterior (Figura 24F).

Vistas DE. Debido a que el borde inferior derecho del corazón está cerca del diafragma, la inserción cuidadosa de la sonda ETE en el esófago distal acerca la sonda al anillo tricúspide (Figura 25A). Desde el nivel DE, la vista 0° puede obtener imágenes de la valva septal o de la valva posterior, con la valva anterior opuesto; es posible que se requieran imágenes 3D (Figura 25B) para identificar las valvas. También se debe realizar una vista DE del flujo de entrada del VD dedicada (a 60°–90°) (Figura 25C) y un barrido del anillo de la VT realizado como se describe para la obtención de imágenes a nivel ME. El nivel DE puede permitir la alineación del haz del Doppler con el chorro regurgitante y permitir una evaluación integral de la función de la VT.

Vistas TG. Debido a la proximidad de la VT a la sonda de ETE desde las vistas TG, este nivel de imagen es ideal para identificar la morfología de las valvas y subvalvular. La vista TG del flujo de entrada-salida del VD se obtiene a 0° haciendo avanzar la sonda hacia el estómago, girando en sentido horario para centrar la VT en el plano de obtención de imágenes y utilizando tanto la flexión derecha como la anteflexión (Figura 25D). La vista biplanar ortogonal posicionada en las puntas de las valvas se puede usar para identificar la anatomía compleja de la valva,⁸⁹ o, alternativamente, se puede obtener una vista SAX de un solo plano entre 20° y 60° (Figura 25E).⁹⁰ Esta vista puede ser particularmente útil para obtener imágenes de la zona de coaptación en las puntas de las valvas y el origen del chorro RT en Doppler color. Si no es posible obtener imágenes de las puntas de las valvas con una imagen de un solo plano a 20° y 60°, entonces es útil rotar a aproximadamente 90° a 120° y obtener la vista VD de dos cámaras, donde el cursor biplanar ortogonal puede posicionarse en las puntas de las valvas en sístole. La vista TG es una de las vistas esenciales de planificación previa al procedimiento, particularmente para la reparación transcáteter de borde a borde, ya que las brechas de coaptación de las puntas de las valvas pueden medirse y se puede confirmar la ubicación del orificio regurgitante. Las imágenes tridimensionales también pueden usarse para identificar valvas y la ubicación de los músculos papilares (Figura 25F).

Vistas DT. El avance de la sonda ETE más allá del estómago junto con la flexión anterior hacia la derecha produce una vista DT de la VT (Figura 25G), que también puede alinear el haz de ecografía con el flujo a través de la VT y, por lo tanto, permitir una interrogación precisa del Doppler (Figura 25H).

Ecocardiografía tridimensional. Debido a que la anatomía del aparato de la VT y tensor es altamente variable,^{86,91,92} la comprensión de la anatomía compleja ha avanzado significativamente utilizando imágenes 3D.⁹³⁻⁹⁶

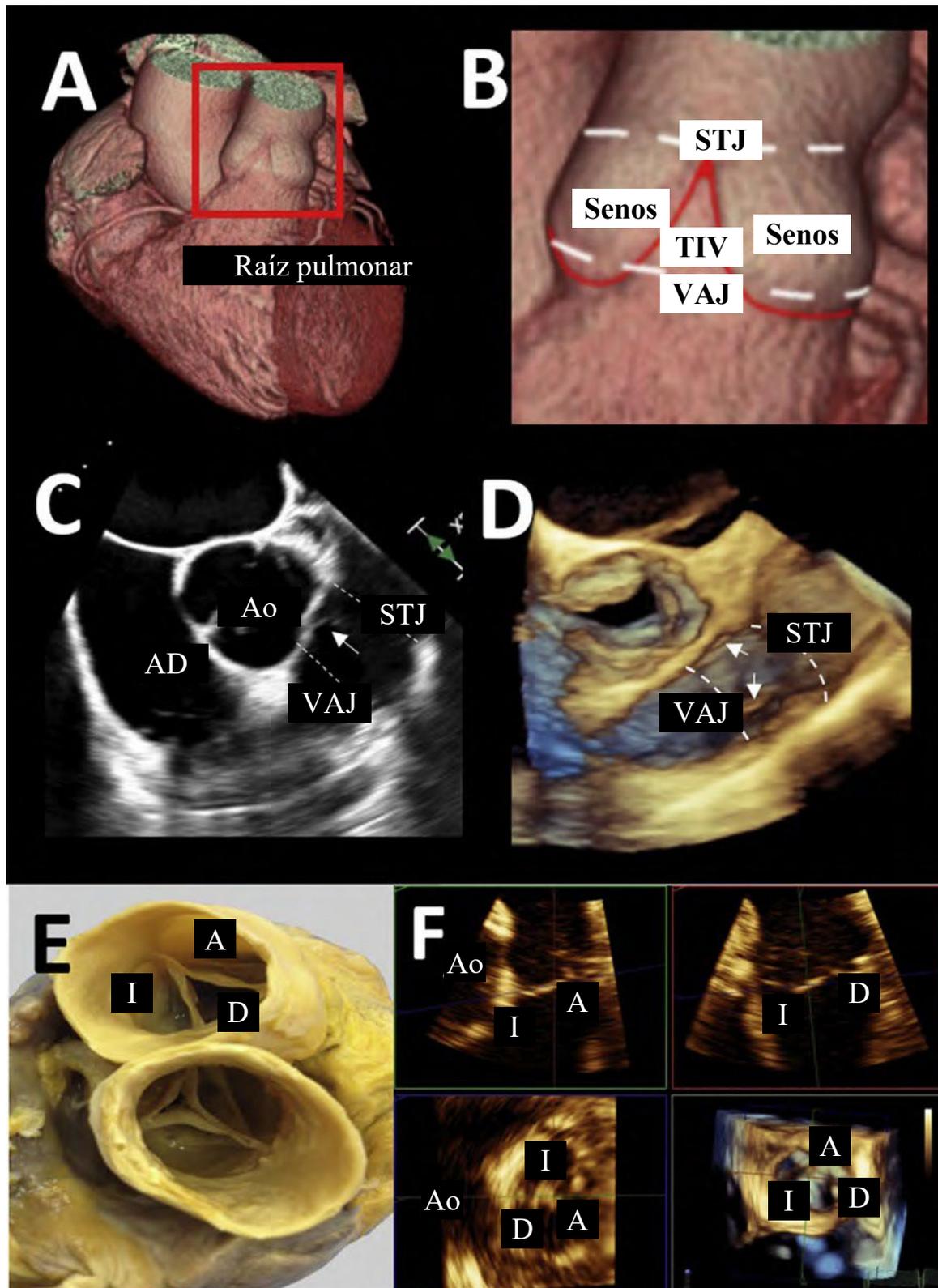
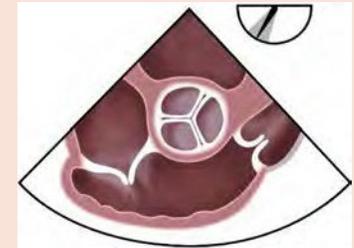
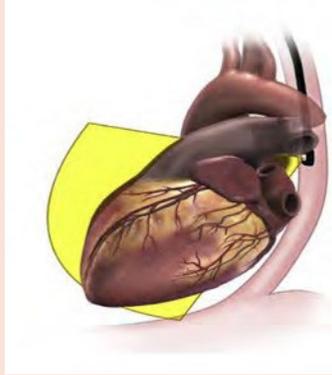
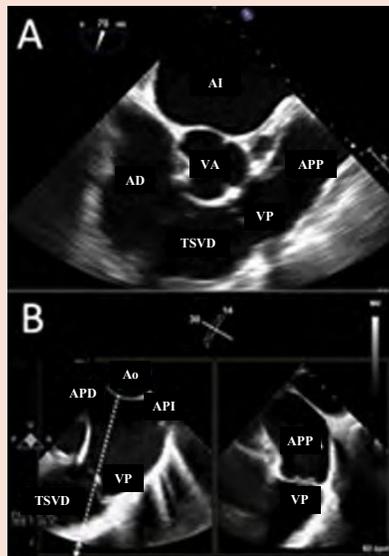
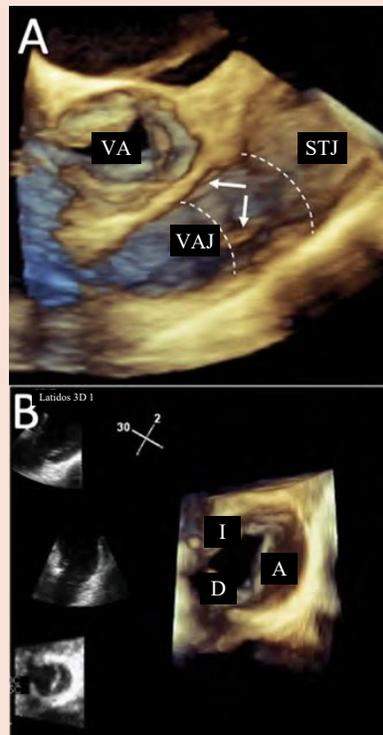
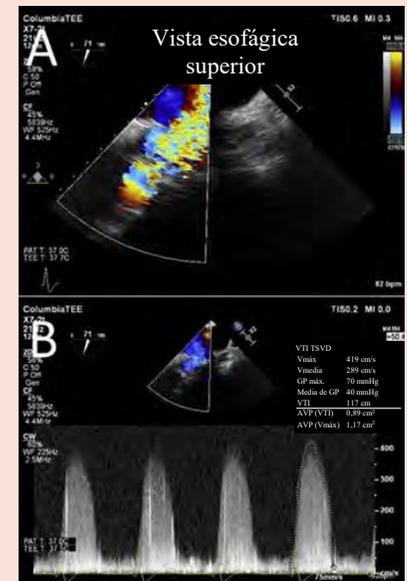


Figura 21 Anatomía de la VP. (A) Complejo radicular pulmonar (*cuadro rojo*) en TC con imagen ampliada (B, raíz pulmonar entre las *líneas discontinuas blancas*). (B) Unión sinotubular (STJ), senos pulmonares, valvas de la VP, anillo en forma de corona (*líneas rojas*), triángulos entre valvas (TIV) y unión ventriculoarterial (VAJ). En el panel C se muestra un plano de obtención de imágenes ME de flujo de entrada-salida del VD con un volumen 3D asociado en el panel D. La anatomía macroscópica de la VP con las valvas izquierda, derecha y anterior (E) se puede correlacionar con la vista multiplanar 3D de la VP en el panel F. A: anterior; Ao: aorta; AD: aurícula derecha.

Tabla 5 Protocolo de obtención de imágenes de la VP**Nivel de imágenes: Vista ME/UE 45°–60°****Protocolo de adquisición:**

- La vista ME de flujo de entrada de la RV (con la VA al frente) debe mostrar flujo de entrada tricúspide que se extiende hasta el septo de salida infundibular y el TSVD. Se observan tanto la VT como la VP.
- El retiro de la sonda a la vista UE mientras se mantiene un buen contacto con el esófago demuestra la región supraválvular, las ramas de la AP, y puede mejorar la visualización de las valvas.

**Imágenes planas****Imágenes volumétricas****Imágenes funcionales**

- A. En el plano de imágenes ME, se demuestra mejor la región subpulmonar. También se pueden ver las valvas y se mide el TSVD para el cálculo del volumen sistólico ventricular derecho.
- B. La posición esofágica alta demostrará la válvula, la región supraválvular, la AP principal y, a veces, las ramas de la AP.

- A. La obtención de imágenes tridimensionales se logra mejor desde la ME o una posición superior que optimiza la visualización del complejo de la VP, incluidas las valvas (*flechas*), la VAJ y la STJ.
- B. Las imágenes tridimensionales frontales demuestran mejor la morfología y la configuración de las valvas.

- A. Las imágenes UE en Doppler color son útiles para evaluar las lesiones de la VP estenóticas y regurgitantes. En este caso de EP protésica, el flujo color sistólico turbulento se puede visualizar fácilmente.
- B. Las vistas UE pueden alinear el haz de ecografía con el flujo, y se puede realizar el Doppler CW.

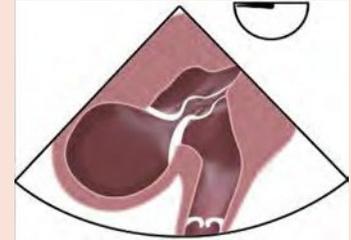
(continuación)

Tabla 5 (continuación)

Nivel de imágenes: TG 0–60°

Protocolo de adquisición:

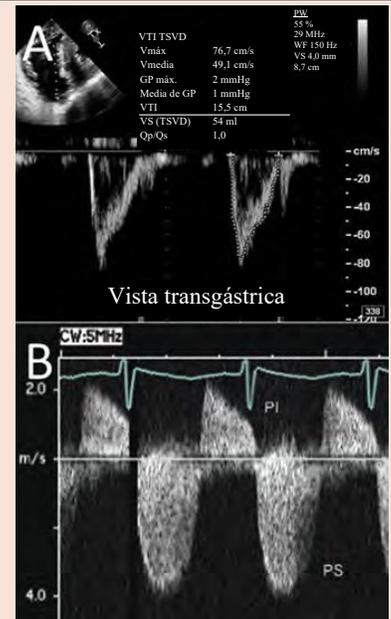
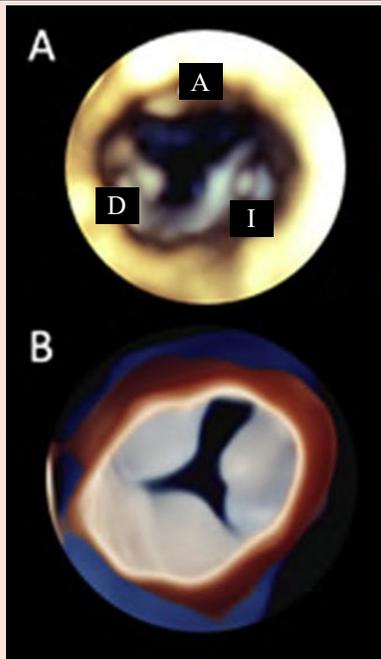
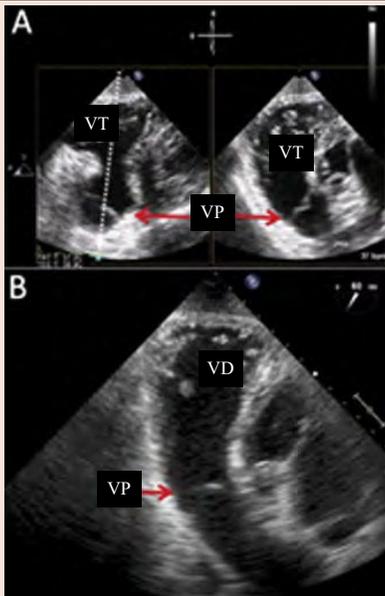
- Si se visualiza el TSVI, la rotación hacia la izquierda de la sonda mostrará el TSVD.
- Se demuestran el flujo de entrada y el flujo de salida del ventrículo derecho.



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

Imágenes funcionales



- A. La obtención de imágenes biplanares a 0°–20° muestra una región subpulmonar bien expandida. Con frecuencia, es difícil visualizar las valvas.
- B. La obtención de imágenes a 40°–60° demuestra la totalidad del TSVD. Ambas posiciones proporcionan una angulación ideal para la interrogación espectral mediante Doppler.

- A. Cuando las imágenes TG muestran la válvula claramente, se pueden realizar imágenes 3D. Sin embargo, la obtención de imágenes volumétricas a menudo se ve obstaculizada por la ubicación de campo lejano del TSVD y la VP.

- A. El Doppler PW en el nivel del anillo de la VP de las vistas TG se puede utilizar para el cálculo del volumen sistólico del TSVD.
- B. Si el haz de ecografía está bien alineado con el flujo, se debe realizar un Doppler CW para obtener una imagen del flujo sistólico y, cuando esté presente, el flujo diastólico (regurgitante).

A: valva anterior; Ao: aorta; I, valva izquierdo; AI: aurícula izquierda; API: AP izquierda; APP: AP principal; GP: gradiente de presión; AVP: área de la VP; PW: onda pulsada; Qp/Qs: relación del flujo pulmonar con el flujo sistémico; D: valva derecha; AD: aurícula derecha; APD: AP derecha; VD: ventrículo derecho; STJ: unión sinotubular; VS: volumen sistólico; VAJ: unión ventriculoauricular; Vmáx: velocidad máxima; Vmedia: velocidad media; VTI: integral de velocidad-tiempo.

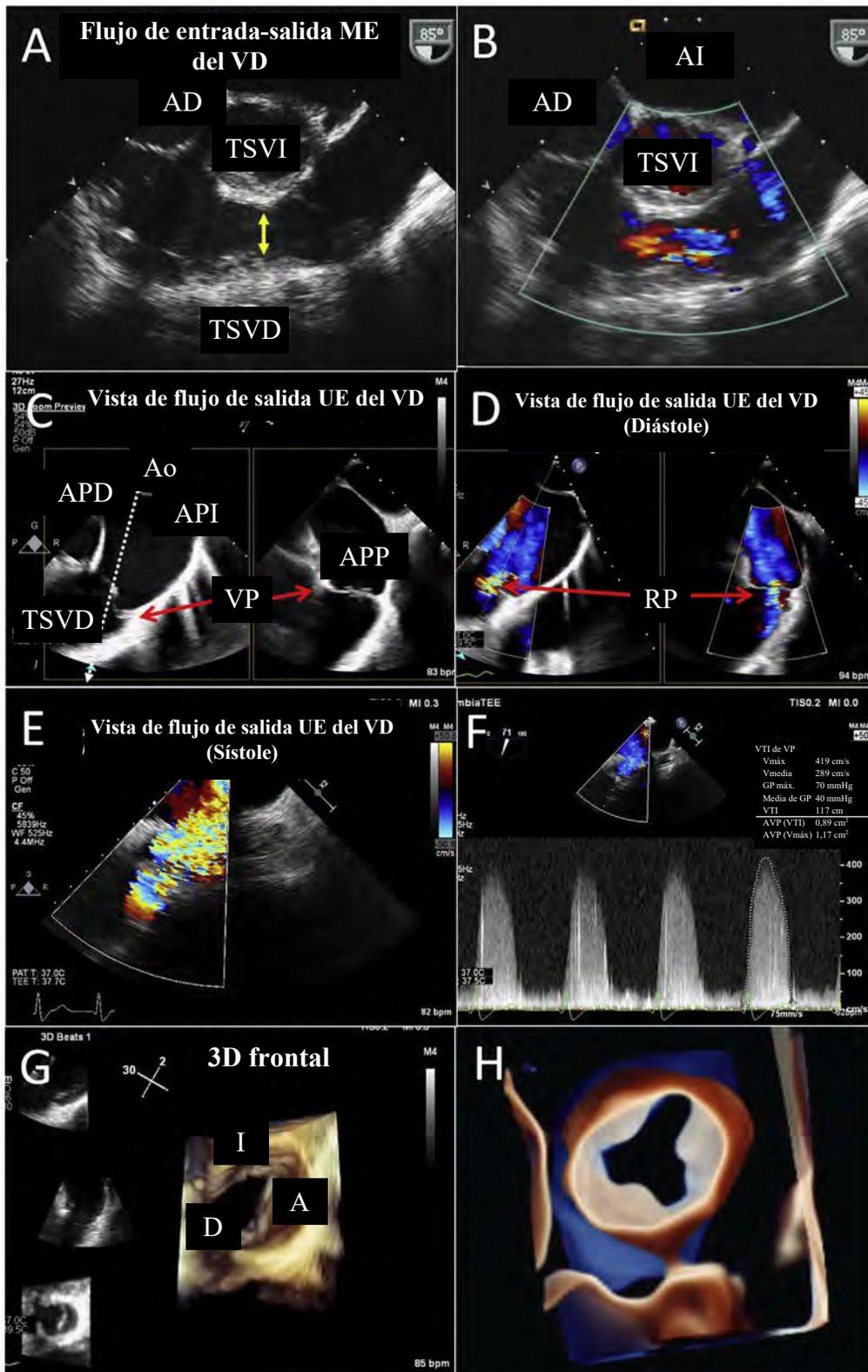


Figura 22 Imágenes de la VP. Se pueden obtener imágenes de la VP a partir de los niveles ME y UE. Desde la vista ME del flujo de entrada del VD, el TSVD tiene una buena imagen y, en este caso, mostró una obstrucción subpulmonar dinámica (*flecha doble amarilla A*) con flujo turbulento en el Doppler color (**B**). Desde la vista UE de flujo de salida del VD a un ángulo transductor de 45° a 60°, se obtiene una imagen de la VP (*flechas rojas*, **C**) sin intervenir en las estructuras izquierdas o derechas del corazón. Dada la alineación del haz de insonación, se puede realizar Doppler para la RP (*flechas rojas*, **D**) o la EP (**E**, **F**). Este nivel de obtención de imágenes puede proporcionar ventanas de obtención de imágenes óptimas para la interpretación 3D de la VP (**G**, **H**). *A*: valva anterior; *Ao*: aorta; *L*: valva izquierda; *AI*: aurícula izquierda; *API*: arteria pulmonar izquierda; *APP*: AP principal; *P*: valva posterior; *GP*: gradiente de presión; *AVP*: área de la VP; *D*: valva derecha; *AD*: aurícula derecha; *APD*: AP derecha; *VD*: ventrículo derecho; *S*: valva septal; *V_{máx}*: velocidad máxima; *V_{media}*: velocidad media; *RV*: radio de velocidad, *VTI*: integral de velocidad-tiempo.

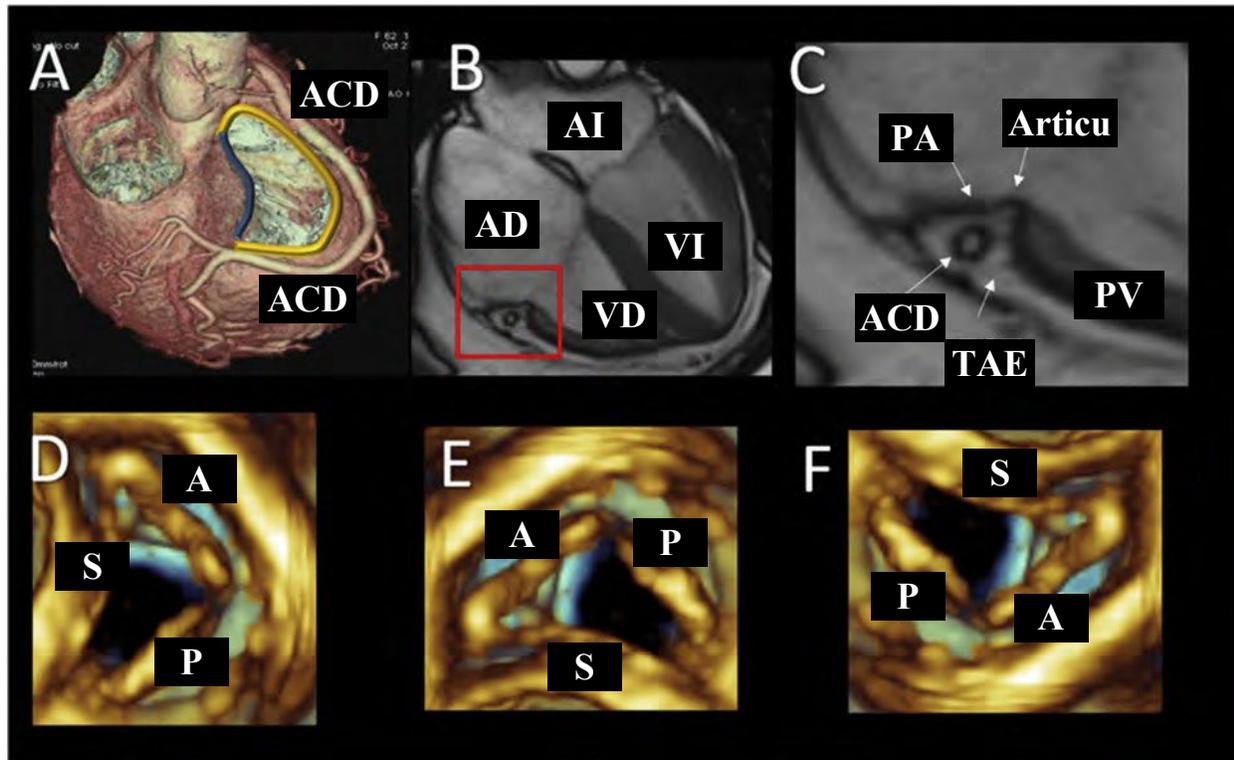


Figura 23 Anatomía de la VT. (A) Volumen tomográfico que muestra los segmentos mural (*banda amarilla*) y septal (*banda azul*) del anillo tricúspide. La arteria coronaria derecha (ACD) rodea todo el segmento mural. En la resonancia magnética cardíaca (B), la ranura auriculoventricular (*cuadro rojo*) se amplía en el panel C, lo que permite la visualización de todos los componentes del anillo tricúspide: la articulación, la pared auricular (AW), la pared ventricular (VW) y el tejido adiposo epicárdico (TAE). Las imágenes ecocardiográficas transtorácicas tridimensionales de las valvas tricúspides desde la perspectiva ventricular derecha se muestran en las orientaciones anatómicas (D), del cirujano (E) y bicava (F). A: valva anterior; AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; P: valva posterior; AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho; S: valva septal.

La ecocardiografía tridimensional ha mejorado la precisión de las imágenes y la identificación de la cantidad y la ubicación de las valvas tricúspides⁸⁹ y los componentes anatómicos asociados del complejo de la VT, lo que omite la necesidad de reconstrucción mental de múltiples planos 2D.¹² Lang *et al.*¹¹ sugirieron una visualización de imágenes estandarizada para la vista frontal de la VT con el SIA colocado de manera inferior (en la posición de las 6 en punto) independientemente de orientación auricular o ventricular (Figura 25B). A partir de todos los niveles y vistas de las imágenes, esta orientación requiere una rotación adicional del plano z de la imagen y podría provocar una confusión significativa en el contexto de una variabilidad marcada de la valva. Muchos ecocardiógrafos intervencionistas no realizan la rotación final, con la vista de la VT resultante que imita la orientación de la valva de una vista TG SAX (Figura 25F), con el septo interventricular en el lado derecho de la pantalla y la aorta ubicada en la posición de las 5 en punto.⁹⁰ En cualquier situación, el uso de la anatomía adyacente para identificar las valvas permite la identificación consistente de las valvas con la aorta adyacente a la comisura anteroseptal y el seno coronario adyacente a la comisura posteroseptal.

Si la obtención de imágenes 3D es adecuada para ver las puntas de las valvas, la medición de las longitudes de las valvas, las brechas de coaptación y el ancho o el área de la vena contracta con Doppler color en el lugar de la mala coaptación se pueden realizar mediante reconstrucción multiplanar 3D (en tiempo real o fuera de línea). También se realizan mediciones anulares (dimensiones lineales, área o perímetro) para la determinación del tamaño del dispositivo o la cuantificación del volumen sistólico diastólico en la reconstrucción multiplanar. Cabe destacar que al calcular el volumen sistólico diastólico, se debe usar una medición anular planar⁹⁷ porque se realiza la cuantificación del volumen de una columna de sangre. El anillo de la VT en pacientes normales es no planar con variabilidad dinámica durante el ciclo cardíaco, y la medición de esta forma compleja puede

requerir un software especial o el uso fuera de línea de los paquetes de software de cuantificación de la VM.^{96,98}

Clasificación de la gravedad de la RT. La clasificación en grados de la gravedad de la RT se ha descrito en las pautas de la ASE6, así como en las pautas de la Asociación Europea de Ecocardiografía y se centra en la evaluación mediante ETT.⁹⁹ No obstante, se pueden utilizar imágenes de ETE para evaluar muchos de los parámetros (Figura 25H). Es esencial usar un método multiparamétrico para determinar la gravedad, ya que ningún parámetro tiene una especificidad adecuada. Varios investigadores intentan perfeccionar^{85,100,101} y validar¹⁰²⁻¹⁰⁶ métodos y criterios más nuevos para la cuantificación de la RT.

3. Estenosis de la VT. Las etiologías más frecuentes de la estenosis tricúspide son enfermedad reumática, anomalías congénitas, anomalías metabólicas o enzimáticas (p. ej., síndrome carcinoide) y endocarditis infecciosa activa.¹⁰⁷ La afectación reumática de la VT no suele ocurrir sin afectación de las válvulas del lado izquierdo.⁶⁹ De manera similar a la enfermedad reumática de la VM, existe un engrosamiento fibroso de las valvas de la válvula con fusión de la comisura y engrosamiento, acortamiento y fusión de las cuerdas tendinosas. La estenosis de la VT puede desarrollarse de forma secundaria a dispositivos electrónicos cardíacos implantables cuando las derivaciones endocárdicas causan lesiones en la válvula, lo que inicia una cascada de respuesta inflamatoria y fibrosis.¹⁰⁸ Se ha informado valvuloplastia percutánea con balón para la estenosis de la VT nativa, pero la cirugía es la intervención preferida.

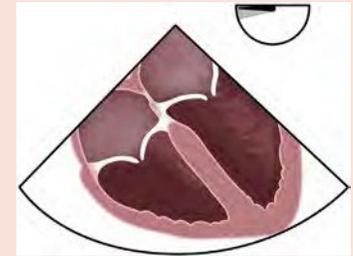
4. RT primaria. Un estudio de cohorte prospectivo reciente mostró que la RT primaria representó el 7,4 % de los casos ($n = 157$), mientras que la RT secundaria representó el 92,6 % de los casos ($n = 1964$).

Tabla 6 Protocolo de obtención de imágenes de la VT

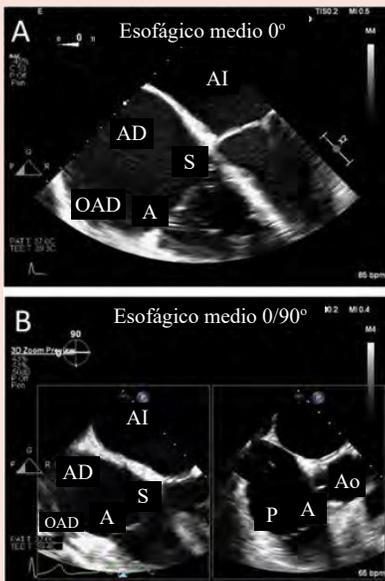
Nivel de imágenes: Vista ME 0°

Protocolo de adquisición:

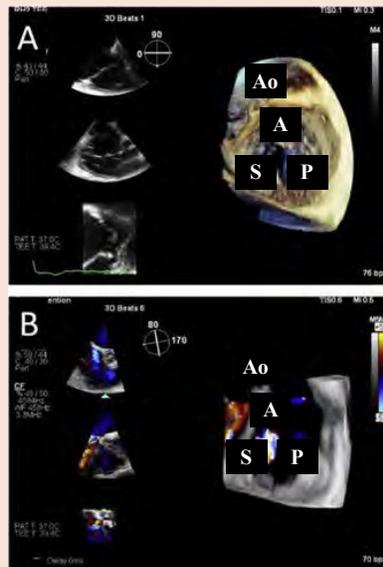
- Desde la vista ME de cuatro cámaras centrada en la VM (rotación mecánica 0°), rotar la sonda en sentido horario centrará la VT en el plano de obtención de imágenes.
- El uso de la flexión derecha puede ayudar a centrar la VT y reducir la interferencia de las estructuras del corazón izquierdo.



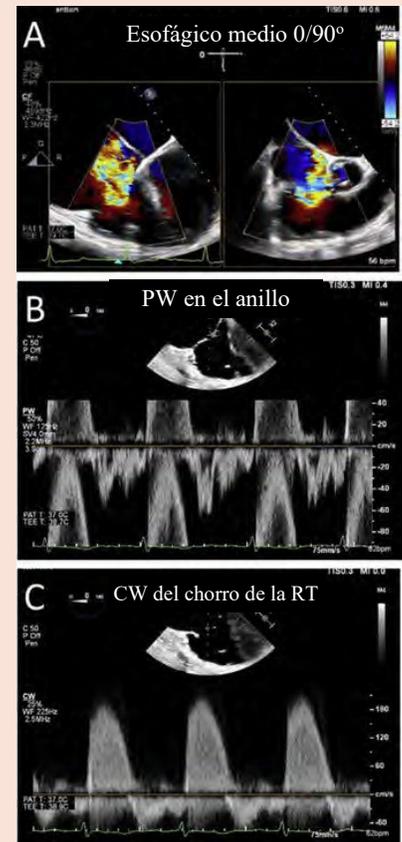
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



- A. Vista de cuatro cámaras, que generalmente toma imágenes de la valva septal (que surge del septo) y, por lo general, de la valva anterior (adyacente a la orejuela auricular derecha).
- B. Imágenes biplanares simultáneas con la vista de flujo de entrada-salida ortogonal.

- A. Las imágenes tridimensionales frontales pueden realizarse utilizando un volumen definido por el usuario, desde cualquier plano de imágenes 2D que optimice la visualización de la VT.
- B. Se puede realizar una Doppler color tridimensional (adquisición de múltiples latidos) para mejorar la resolución temporal y espacial.

- A. El Doppler color biplano ayuda a definir la forma del orificio regurgitante.
- B. Para cuantificar la RT, se utiliza el Doppler PW en el anillo.
- C. El Doppler CW es importante para evaluar la gravedad de la RT y las presiones de la AP.

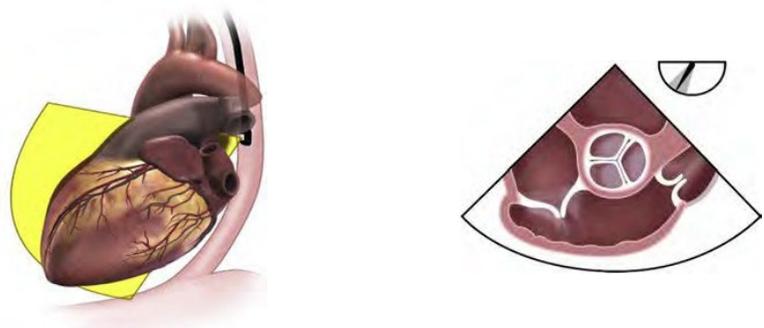
(continuación)

Tabla 6 (continuación)

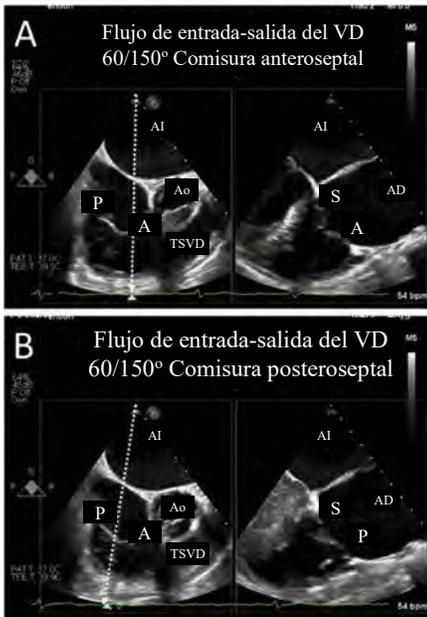
Nivel de imágenes: vista de flujo de entrada-salida ventricular derecha de 60°

Protocolo de adquisición:

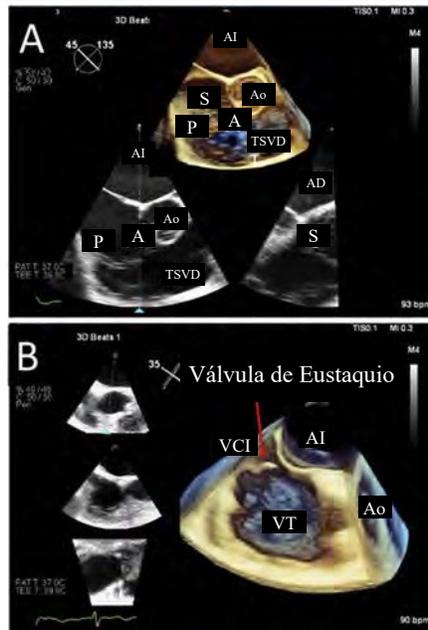
- Si se mantiene la VT en el centro del sector de las imágenes, la rotación mecánica hacia adelante a ~60° resulta en la vista de flujo de entrada ventricular derecho, también conocida como vista comisural de la VT.



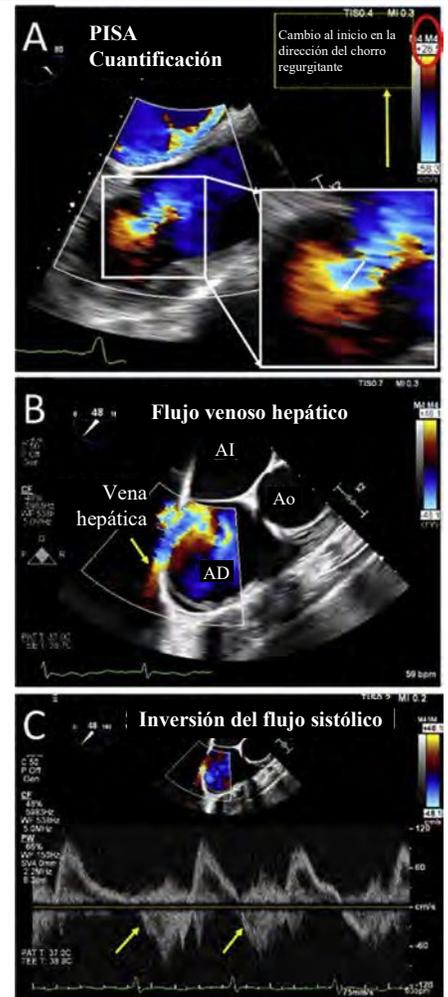
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



- A. Imagen biplanar adyacente a la aorta y, por lo tanto, se obtienen imágenes de las valvas anterior y septal en el plano ortogonal.
 B. Imagen biplanar adyacente a la pared posterolateral y, por lo tanto, se obtienen imágenes de las valvas posterior y septal en el plano ortogonal.

- A. Las imágenes tridimensionales en vivo (volumen estrecho) pueden ser particularmente útiles para evaluar la anatomía con alta resolución temporal.
 B. La ampliación 3D desde una vista bicava permite obtener imágenes del flujo de entrada de la VCI y una válvula de Eustaquio prominente (que puede obstruir la manipulación del catéter).

- A. Cambie el color del Doppler inicial en dirección del flujo para obtener una cubierta de PISA y mida el radio de PISA.
 B. El color del Doppler de la vena hepática debe permitir la alineación del haz de ecografía para una evaluación más precisa de la inversión del flujo sistólico de la vena hepática.
 C. El Doppler PW de la vena hepática muestra inversión del flujo holosistólico.

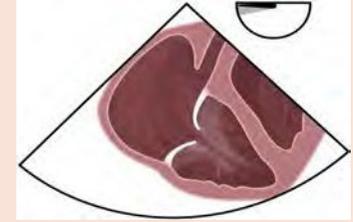
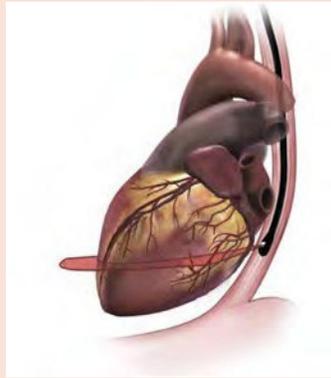
(continuación)

Tabla 6 (continuación)

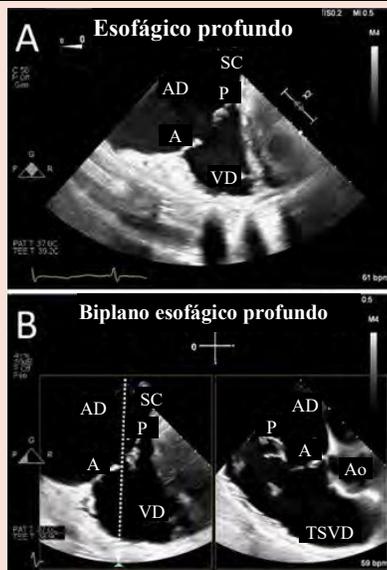
Nivel de imágenes: Vistas DE

Protocolo de adquisición:

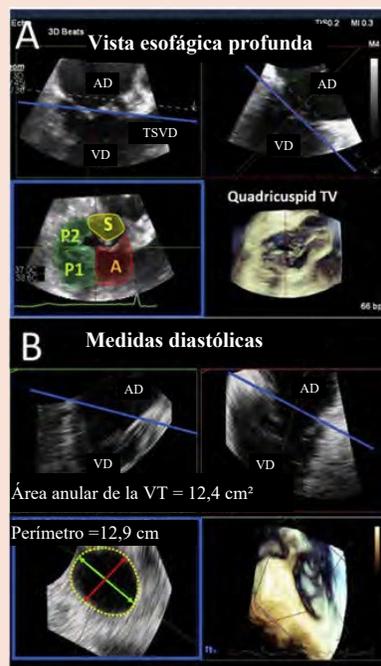
- La inserción cuidadosa de la sonda ETE en el esófago distal acerca la sonda al anillo tricúspide; con frecuencia no se observa la AI, y solo la AD y el seno coronario con la vista ortogonal toman imágenes del TSVD.



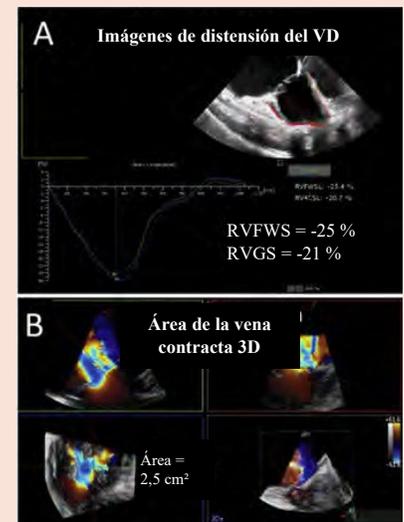
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



- A. En los planos de obtención de imágenes DE (cerca del diafragma), se pueden evitar las estructuras izquierdas del corazón; dado que la obtención de imágenes se realiza cerca del diafragma, a menudo, se observan las valvas anterior y posterior.
- B. Las imágenes biplanares muestran la vista DE del flujo de entrada/salida en el plano ortogonal.

- A. La reconstrucción multiplanar en tiempo real permite una rápida reorientación de las dos vistas de eje largo ortogonal (*arriba a la derecha y a la izquierda*), lo que resulta en una vista SAX de esta válvula cuatricúspide (*abajo a la izquierda*) y una vista 3D frontal para orientación. De acuerdo con una nomenclatura propuesta, el músculo papilar anterior se utiliza para identificar la valva anterior (A) y las posteriores (P1 y P2). La valvas septal (S) se une al septo interventricular.
- B. La RPM fuera de línea puede usarse para medir el área, el perímetro o las dimensiones del anillo tricúspide (*plano azul*) en cualquier punto del ciclo cardíaco.

- A. La función ventricular derecha debe evaluarse mediante los métodos recomendados por las pautas (p. ej., TAPSE, cambio de área fraccional) o métodos más nuevos (imagen de distensión).
- B. Se debe realizar un Doppler cuantitativo y un área de la vena contracta en 3D.

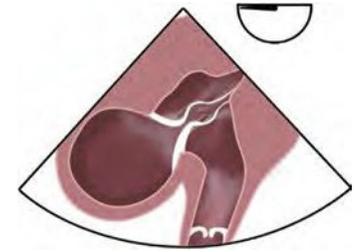
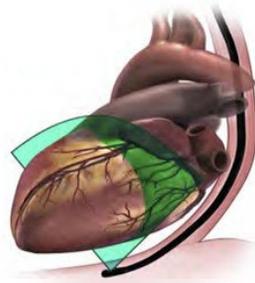
(continuación)

Tabla 6 (continuación)

Nivel de imágenes: TG

Protocolo de adquisición:

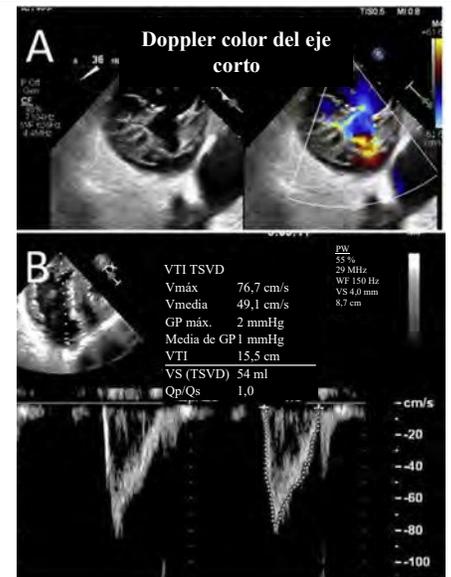
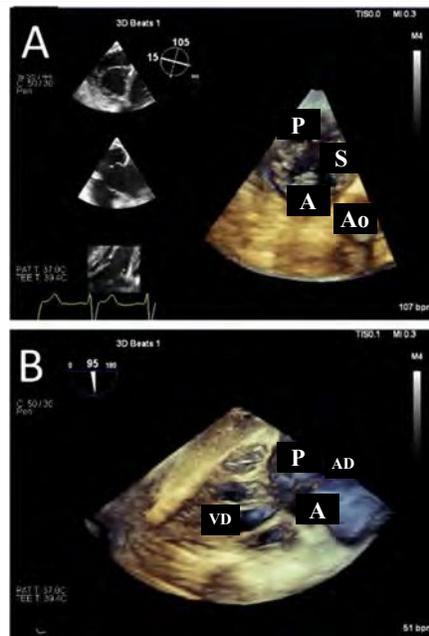
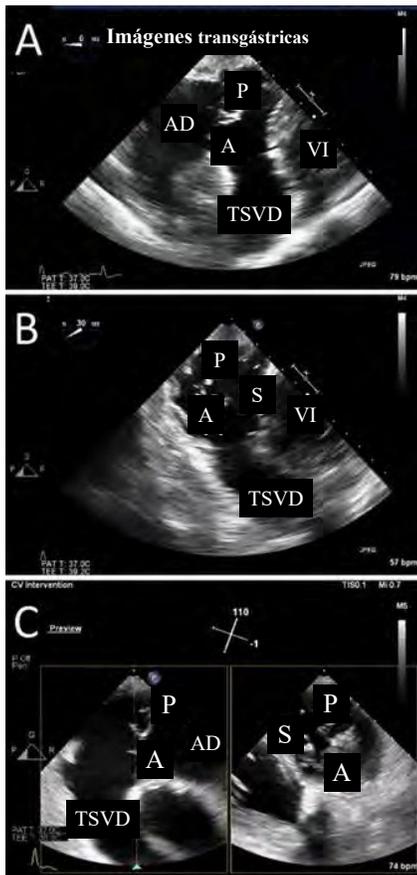
- Con anteflexión y rotación de la sonda en el sentido horario para centrar la VT en el plano de obtención de imágenes, se obtiene una vista de entrada-salida de las dos cámaras del corazón derecho.



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

Imágenes funcionales



- A. Desde el nivel TG a 0° de rotación mecánica, con flexión derecha y anteflexión, se puede obtener una imagen de la vista de flujo de entrada-salida del corazón derecho. Se pueden realizar imágenes biplanar que alineen el plano ortogonal en las puntas de la valva.
- B. A una rotación mecánica de 20°-60°, generalmente sin flexión derecha y solo una anteflexión leve (para visualizar las puntas de las valvas), se obtiene una vista SAX de un solo plano.
- C. En una rotación mecánica de 90°-120°, se obtiene la vista ventricular derecha de flujo de entrada-salida inversa; aquí la imagen biplanar permite obtener imágenes SAX de las puntas de las valvas.

- A. Debido a que el VT se visualiza en el campo cercano, se pueden obtener volúmenes 3D definidos por el usuario con una resolución temporal adecuada (en este ejemplo, 12 Hz) con imágenes empalmadas de varios latidos.
- B. El obtención de imágenes del aparato subvalvular complejo y altamente variable puede requerir obtención de imágenes 3D.

- A. La imagen en Doppler color del orificio regurgitante (en las puntas de los valvas) identifica la ubicación y la forma del orificio regurgitante.
- B. Se debe realizar un Doppler PW del TSVD (o TSVI, cuando no se pueden obtener las vistas TSVD adecuadas) para calcular el volumen sistólico hacia adelante.

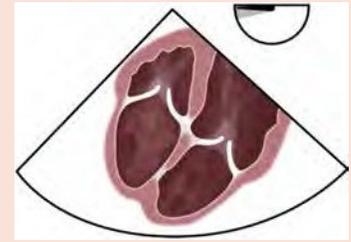
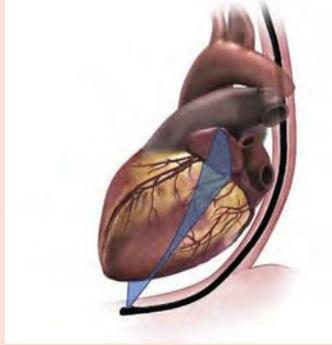
(continuación)

Tabla 6 (continuación)

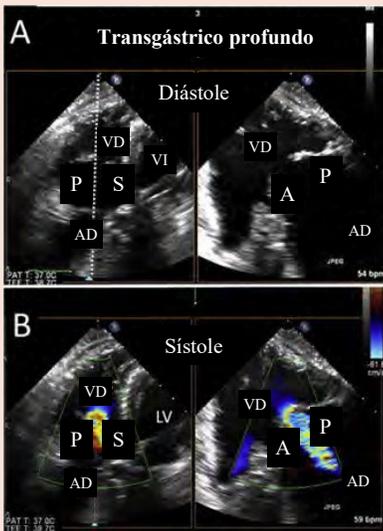
Nivel de imágenes: DT

Protocolo de adquisición:

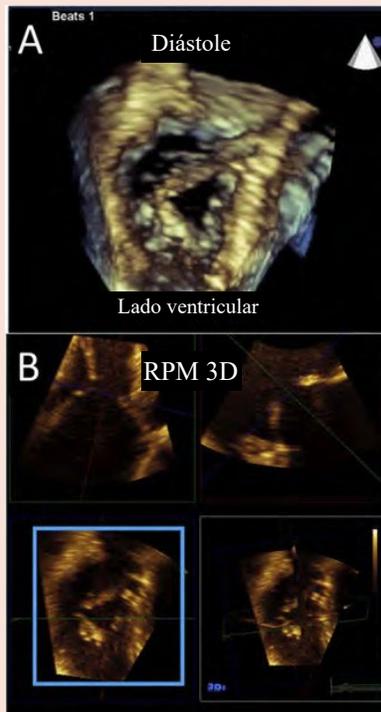
- El avance de la sonda ETE más allá del estómago junto con la flexión anterior hacia la derecha produce una vista DT de la VT, que con frecuencia se puede utilizar para evaluar la función de la VT utilizando parámetros del Doppler.



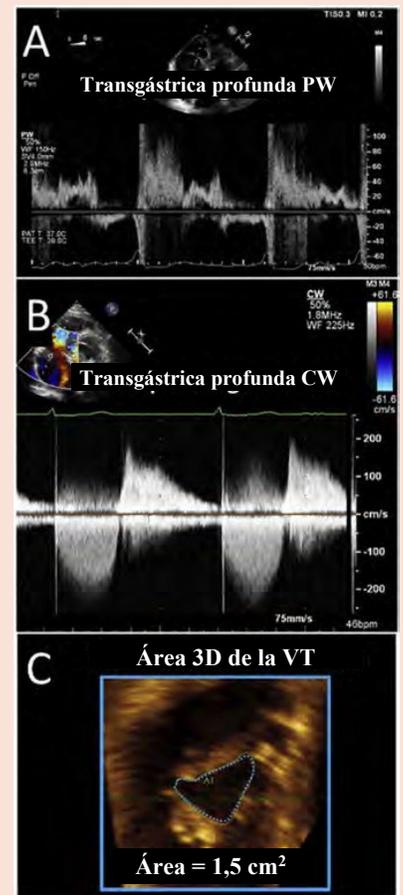
Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



A. Desde la posición DT, la sonda está cerca del ápice del ventrículo derecho con el anillo tricúspide más perpendicular al haz de la ecografía. En este ejemplo de un paciente con estenosis tricúspide reumática, se observa un abovedamiento prominente de las valvas en la diástole.

A. La vista DT se puede utilizar para adquirir imágenes 3D de la VT.

B. La reconstrucción multiplanar (RPM) 3D se utiliza para identificar el área del orificio tricúspide en las puntas de las valvas (cuadro azul).

A. El Doppler PW en el anillo se utiliza para realizar cálculos cuantitativos Doppler del volumen sistólico diastólico.

B. Desde estas vistas se pueden obtener las velocidades Doppler CW sistólica y diastólica más completas y más altas.

Tabla 6 (continuación)

Nivel de imágenes: DT

B. Con el haz de ecografía alineado con el flujo, se puede realizar una evaluación Doppler completa.

C. A partir de cualquier volumen 3D de buena imagen, se puede realizar una evaluación cuantitativa del área anular o valvular utilizando herramientas de medición en línea o fuera de línea. En este ejemplo de estenosis tricúspide, el área se reduce significativamente.

A: valva anterior; Ao, aorta; SC: seno coronario; AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; TSVI: tracto de flujo de salida ventricular izquierdo; RMP: reconstrucción multiplanar; P: valva posterior; P1: valva posterior adyacente a la valva anterior; P2: valva posterior más posterior a P1; GP: gradiente de presión; PW: onda pulsada; Qp/Qs: relación del flujo pulmonar con el flujo sistémico; AD: aurícula derecha; OAD: orejuela auricular derecha; VD: ventrículo derecho; RVFWS: distensión de la pared libre ventricular derecha (right ventricular free wall strain); RVGS: distensión ventricular derecha global (right ventricular global strain); S: valva septal; VS: volumen sistólico; TAPSE: excursión sistólica del plano anular tricúspide (tricuspid annular plane systolic excursion); Vmáx.: velocidad máxima; Vmedia: velocidad media; RV: relación de velocidad; VTI: integral de velocidad-tiempo.

En el grupo con RT primaria, la etiología más frecuente fueron los dispositivos electrónicos implantables cardíacos (66,5 %), que representan el 5 % de todos los pacientes con RT.¹⁰⁹ Los posibles mecanismos de interferencia mediada por dispositivos electrónicos implantables cardíacos del aparato de la VT incluyen atrapamiento del cable en el aparato subvalvular, perforación de la valva, pinzamiento del cable en una valva de la VT y adherencia del cable a la valva de la VT. Recientemente se ha publicado una descripción general de cómo diagnosticar la interferencia mediada por dispositivos electrónicos implantables cardíacos en la ecocardiografía.¹¹⁰ La siguiente etiología más frecuente de la RT primaria fue la enfermedad mixomatosa.¹⁰⁹ Si bien algún grado de prolapso es frecuente para la VT no plantar, un diagnóstico de prolapso de la VT generalmente se reserva para un desplazamiento excesivo a la aurícula derecha asociado con la redundancia de las valvas tricúspides. Esta anomalía se observa en el 20 % de los pacientes con prolapso de la VM concomitante. La anomalía de Ebstein, una lesión valvular congénita, definida como desplazamiento apical >8 mm/m² de la valva septal, debe diferenciarse de otras causas primarias de RT: el desplazamiento exagerado del anillo valvular y la “auriculización” resultante del VD basilar actualmente impiden la reparación anular transcáteter o el reemplazo de la válvula.

5. RT secundaria. La RT secundaria es mucho más frecuente que la enfermedad primaria y puede categorizarse por la etiología (proceso de la enfermedad) o el mecanismo (anomalía morfológica del aparato tricúspide).⁸⁶ Si se clasifica por enfermedad subyacente, la RT secundaria puede asociarse con (1) enfermedad cardíaca del lado izquierdo (enfermedad valvular o disfunción del VI), (2) hipertensión pulmonar (precapilar o poscapilar); (3) Dilatación o disfunción del VD (enfermedad miocárdica o isquemia o infarto del VD), y (4) enfermedades asociadas con dilatación auricular aislada (fibrilación auricular e insuficiencia cardíaca con fracción de eyección conservada). La clasificación morfológica de la RT secundaria incluye (1) RT funcional ventricular, relacionada con dilatación o disfunción del VD, y (2) RT funcional auricular (anteriormente conocida como RT funcional idiopática o aislada) asociada con dilatación o disfunción anular tricúspide y auricular derecha. Las anomalías morfológicas frecuentes de la VT asociadas con la RT funcional ventricular incluyen (1) dilatación del VD, que resulta en un ventrículo más esférico, con o sin disfunción; (2) adhesión de las valvas tricúspides en el contexto del desplazamiento del músculo papilar (Carpentier clase IIIb); y (3) dilatación leve del anillo tricúspide con o sin dilatación auricular derecha. Las anomalías morfológicas de la VT asociadas con la RT funcional auricular incluyen (1) dilatación y disfunción graves de la aurícula derecha y el anillo tricúspide, (2) adhesión mínima de las valvas tricúspides con movimiento, por lo demás, normal de las valvas (Carpentier clase I) y (3) dilatación de la base del VD con preservación de su forma cónica.¹¹¹

La vena cava superior (VCS) y la vena cava inferior (VCI) son estructuras anatómicas importantes que proporcionan un fácil acceso para los abordajes transcáteter a la VT y, por lo tanto, se deben obtener imágenes de estas. La VCI es la vena más grande del cuerpo humano, con un tamaño

normal generalmente <21 mm.⁸ La VCS suele ser de forma irregular en las imágenes transversales con un rango normal para el eje mayor de 1,5 a 2,8 cm y un rango menor de 1 a 2,4 cm. Aunque en pacientes jóvenes las salidas de la VCS y la VCI se enfrentan, la lateralización y la convergencia de las venas se produce en sujetos mayores¹¹² lo que puede tener importancia para el posicionamiento del dispositivo o del catéter guía.

G. Evaluación de la OAI

Dado el riesgo asociado con la ligadura quirúrgica de la OAI, la Administración de Alimentos y Medicamentos de los EE. UU. aprobó los dispositivos de oclusión y exclusión percutánea de la OAI para la prevención del accidente cerebrovascular en pacientes con fibrilación auricular que no toleran la anticoagulación sistémica a largo plazo y con puntajes CHA2DS2VASc ≥2.¹¹³ Estos dispositivos requieren un enfoque multimodal cuidadoso con un enfoque específico en la ecocardiografía para la evaluación de la implantación de dispositivos previa al procedimiento.

1. Anatomía de la OAI. La OAI es una proyección similar a un dedo que se extiende desde la aurícula izquierda con un orificio bien definido. En la mayoría de los corazones, la OAI se extiende entre las paredes anterior y lateral de la aurícula izquierda con su punta por el tronco pulmonar o el tronco principal de la arteria coronaria izquierda o la arteria circunfleja.¹¹⁴ Internamente, el borde lateral izquierdo (“Cresta de Coumadin”) separa el orificio de la OAI de la vena pulmonar superior izquierda, mientras que la pared lisa de la aurícula izquierda separa el orificio del anillo mitral (Figuras 26A-26C).¹¹⁵

La OAI está compuesta por el orificio, el cuello, el cuerpo y el ápice.¹¹⁶ Aunque las paredes de la OAI son relativamente lisas, el ápice puede estar formado por haces musculares paralelos (pectinatos, Figura 26B) que pueden confundirse con trombos.¹¹⁷ El ápice en sí puede estar compuesto por varios lóbulos o bolsas visibles del cuerpo tubular principal de la OAI. Se ha informado que un aumento en la cantidad de lóbulos está asociado con la presencia de trombos independientemente de otros factores de riesgo clínico.¹¹⁸ Existen cuatro variantes morfológicas o tipos de OAI (Figura 26D-G), y el “ala de pollo” es la más frecuente, seguido de “cactus”, “manga de viento” y “coliflor”.¹¹⁹ La morfología en coliflor se asocia con mayor frecuencia a eventos embólicos.¹¹⁹

2. Protocolo general de obtención de imágenes para la OAI (Tabla 7).

Una evaluación integral de ETE de la OAI debe incluir la identificación de la morfología y la función de la OAI; identificación de la cantidad y ubicación de los lóbulos accesorios; identificación y medición del cuello, cuerpo, y vértice en planos de imágenes estándar; imágenes de estructuras adyacentes (p. ej., aurícula izquierda, aurícula derecha, SIA, venas pulmonares y VM); evaluación del SIA (p. ej., aneurisma septal auricular, foramen oval permeable [FOP]); documentación de derrame pericárdico; y presencia de contraste ecocardiográfico espontáneo (“humo”), lodo, o trombo (Figuras 26H-26K).

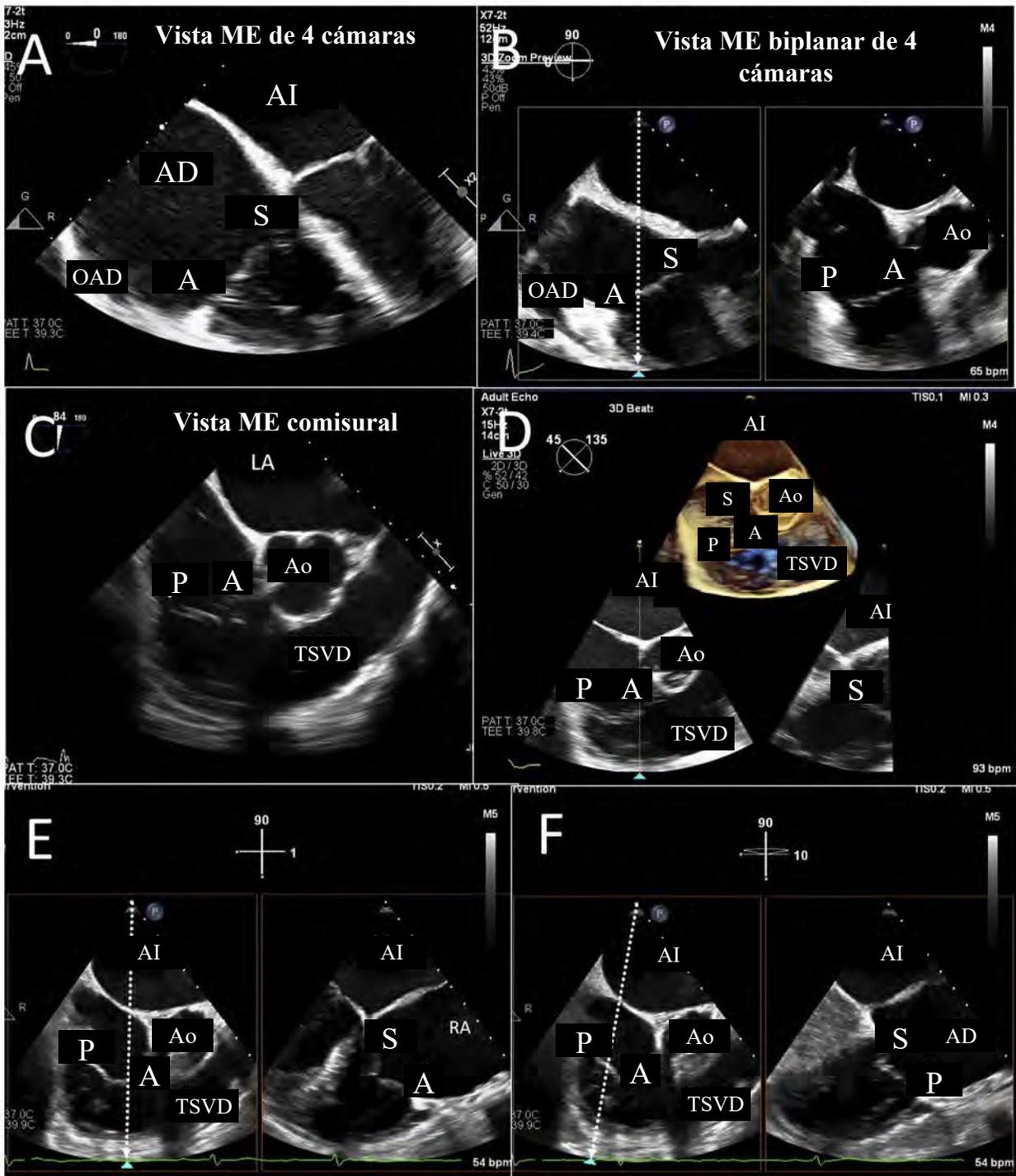


Figura 24 Imágenes ME de la VT. A partir del nivel de obtención de imágenes ME, la VT se encuentra en el campo lejano, y el plano anular no se puede alinear perpendicular al haz de la ecografía (A). No obstante, se pueden evaluar el tamaño y la función de la aurícula derecha y del ventrículo derecho (VD). La obtención de imágenes biplanares (B) es esencial porque no se pueden obtener imágenes de las tres valvas de la válvula en este nivel desde un único plano de imágenes 2D. La vista de flujo de entrada-salida del VD (C) es el equivalente a la vista comisural de la VM. Mediante el dispositivo 3D (D) en vivo, está claro que la valva septal (S) se encuentra en el campo lejano y que realiza un “barrido” desde la aorta (comisura septal anterior; E) hasta la pared posterolateral (comisura septal posterior; F) capturará, por lo general, las regiones más frecuentes de mala coaptación de la valva. A: valva anterior; Ao: aorta; AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; P: valva posterior; AD: aurícula derecha; OAD: orejuela auricular derecha.

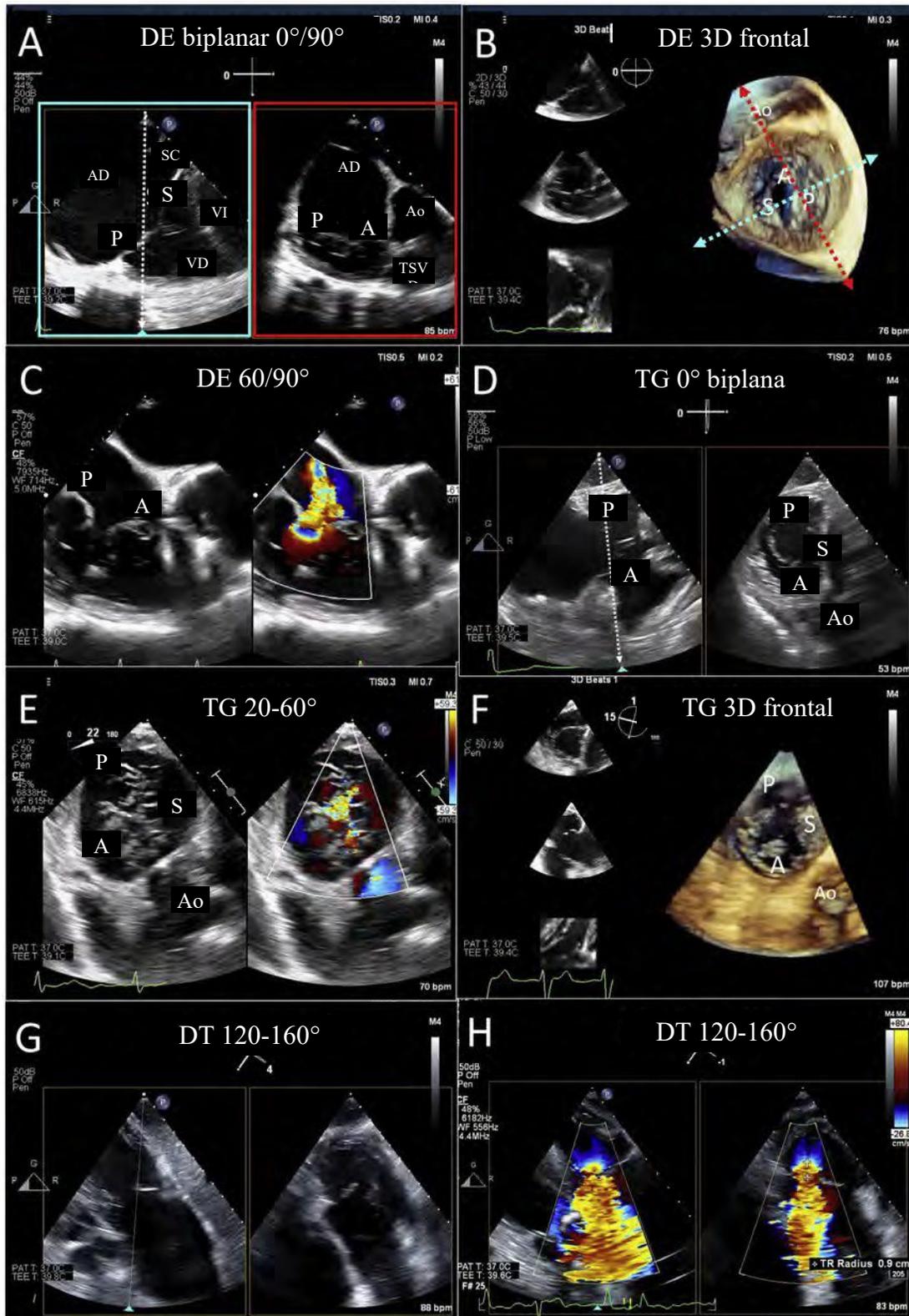


Figura 25 Vistas DE, TG y DT de la VT. El avance cuidadoso de la sonda ETE hacia el esófago distal acerca la sonda al anillo tricúspide para las vistas DE (A–C). A partir de la rotación 0°, la aurícula izquierda a menudo no se ve, y solo se visualizan la aurícula derecha (AD), el ventrículo derecho (VD) y el seno coronario (SC) (*cuadro azul*), mientras que la vista ortogonal muestra el TSVD (*cuadro roja*, A). (La leyenda de la figura continúa en la parte inferior de la página siguiente).

Vistas ME. La medición y la evaluación de la zona de destino de la OAI y la profundidad de la OAI son fundamentales para estos procedimientos. En las imágenes de ETE 2D, la OAI se mide desde las vistas de 0°, 45°, 90° y 135° (Figura 27).¹²⁰ Cabe destacar que las nuevas iteraciones de dispositivos comerciales no solo son más cortas en longitud, sino que tienen una forma adaptable; por lo tanto, es posible que las mediciones de la longitud utilizable de la OAI no sean ortogonales al orificio de la OAI. La manipulación del plano lateral puede ayudar a identificar la cantidad y la posición de los lóbulos OAI, al igual que la rotación de la sonda de lado a lado cuando está a 90°. También es importante observar la forma de la OAI, la cantidad de lóbulos y las posiciones de los lóbulos en relación con el orificio.

Ecocardiografía tridimensional. Varios dispositivos de oclusión percutánea de la OAI dependen de la evaluación de ETE de la zona de destino. Debido a la dificultad para obtener una vista adecuada mediante el uso de imágenes 2D, las imágenes ETE 3D se utilizan con frecuencia para determinar el diámetro y la profundidad de la zona de destino, aunque las iteraciones más nuevas del dispositivo de oclusión de la OAI intracardiaca disponible actualmente no están tan limitadas por la profundidad como las iteraciones previas. Mediante la reconstrucción multiplanar con alineación de planos ortogonales en la zona de destino propuesta, se pueden medir la profundidad y el diámetro de la OAI de la zona de destino (Figura 28D). Las imágenes tridimensionales pueden ser particularmente útiles antes de la colocación de un dispositivo de exclusión por sutura de la OAI epicárdica, que debe maniobrase alrededor del cuerpo de la OAI para fijar la orejuela epicárdicamente (Figuras 28E y 28F).¹²¹

H. Evaluación del SIA

La CIA es la tercera malformación cardíaca congénita más frecuente.¹²² Las CIA secundarias, ubicadas dentro de la fosa oval, son las más frecuentes y a menudo son susceptibles al cierre del dispositivo percutáneo, a diferencia de los otros tipos de CIA. La evaluación de ETE previa a la intervención de la CIA secundaria generalmente se realiza en pacientes que ya cumplen con las indicaciones de cierre: dilatación del corazón derecho, relación del flujo pulmonar a flujo sistémico >1,5, ausencia de cianosis y ausencia de hipertensión pulmonar irreversible o grave. La hipertensión pulmonar grave se define como una presión sistólica de la AP superior a la mitad de la presión sistémica y una resistencia vascular pulmonar superior a un tercio sistémico.⁷²

1. Anatomía del SIA. Se pueden identificar tres componentes del SIA durante el desarrollo en el útero: el septo primario, el secundario y el septo auriculoventricular. La fosa oval se desarrolla a partir del septo primario embrionario, forma la parte central del SIA (Figuras 29A–29D) y es la ubicación principal para la punción transeptal (Figuras 29E y 29F). La fosa oval está rodeada por el septo secundario, un pliegue del techo auricular en lugar de un verdadero SIA. Cuando este pliegue está lleno de grasa

epicárdica, a menudo se denomina hipertrofia del septo lipomatoso (Figuras 29A–29C), pero este es un “septo falso”, ya que la capa de grasa epicárdica está fuera de las aurículas.¹²³ Otras estructuras adyacentes importantes incluyen la raíz aórtica anterior y el flujo venoso a la aurícula derecha, esto es, la VCI, la VCS y el seno coronario, inmediatamente adyacentes a la aurícula izquierda. La red de Chiari y la válvula de Eustaquio son variantes anatómicas normales, frecuentemente presentes en el lado auricular derecho del SIA. Un FOP puede persistir en la adultez como una abertura entre el septo primario y el secundario, en el aspecto anterosuperior de la fosa oval.

Las CIA secundarias pueden ser malformaciones únicas o múltiples dentro del septo primario delgado (Figura 30A), generalmente con un septo secundario bien formado. Las malformaciones están rodeadas por bordes de tejido adyacentes a las estructuras circundantes de la aurícula derecha. Mientras que las malformaciones del septo secundario pueden cerrarse típicamente usando técnicas de transcateterismo, las que no son secundarias no pueden cerrarse por vía percutánea.

Una CIA primaria, también conocida como malformación parcial del canal auriculoventricular (Figura 30B), es una malformación de la almohadilla endocárdica. Esta lesión produce una morfología anormal de la válvula auriculoventricular, que incluye lo que aparece como una hendidura de la válvula auriculoventricular izquierda, pero es, de hecho, la comisura de una valva anclada que se une a la cresta del septo interventricular y, por lo tanto, carece de la compensación apical normal de la VT.¹²⁴ La CIA del orificio primario asociado se une en forma anterior por el anillo de la válvula auriculoventricular y por ende no es susceptible del cierre del dispositivo transcatéter. La hendidura en la valva septal de la válvula auriculoventricular izquierda se dirige hacia el septo y puede estar acompañada de RM.

La malformación del septo del seno venoso es una ausencia parcial o completa de dicho septo y, por lo tanto, no es una verdadera malformación en el septo auricular. Cuando la comunicación se produce entre una o más de las venas pulmonares derechas y la VCS y/o la pared posterior de la aurícula derecha, es el tipo superior (Figura 30C), a diferencia del tipo inferior menos frecuente cerca de la VCI (Figura 30).¹²⁵ La malformación septal del seno coronario anómalo es el menos frecuente y es el resultado de la falta de cobertura parcial o completa del seno coronario, con la derivación resultante de la aurícula izquierda hasta el seno coronario y en la aurícula derecha. El diagnóstico de la malformación septal del seno coronario es desafiante, pero si existe sospecha en la ETT debido a la dilatación del seno coronario y el corazón derecho, la obtención de imágenes por ETE debe demostrar de manera confiable la malformación.¹²⁶

El FOP no es una verdadera deficiencia del tejido septal auricular, sino un posible espacio o separación entre el septo primario y el secundario que ocurre en hasta el 20 % al 25 % de la población.¹²⁷ Un creciente cuerpo bibliográfico actualmente respalda el uso de dispositivos de cierre para el FOP con derivación de derecha a izquierda en el contexto de accidente cerebrovascular criptogénico.¹²⁸⁻¹³¹

(La leyenda de la Figura 25 continúa de la página anterior). Las imágenes tridimensionales se pueden realizar desde cualquier vista. **(B)** Vista frontal del cirujano, que, al igual que en la vista frontal de la VM, requiere una rotación de 180. Muchos ecocardiógrafos intervencionistas prefieren no realizar la rotación final. La vista DE 60° a 90° **(C)** es similar a la vista ME de flujo de entrada-salida, pero, dado el plano de obtención de imágenes más profundo, puede visualizar las valvas anterior y posterior, alineando el chorro de color a través de esta brecha de coaptación. El avance de la sonda más allá del esfínter esofágico inferior hacia el estómago da como resultado vistas TG. El uso de imágenes TG biplanares desde una vista de flujo de entrada del VD **(D)** o una vista SAX de plano único **(E)** permite obtener imágenes SAX 2D de todas las valvas de la VT; la valva anterior **(A)** en el campo lejano, la valva posterior **(P)** en el campo cercano y la valva septal **(S)** a la derecha (con aorta [Ao] también en el campo lejano). La vista 3D frontal resultante imita esta vista TG SAX **(F)**. El avance adicional de los resultados de la sonda en las vistas DT **(G)**, lo que puede permitir la alineación óptima del haz de ecografía con el chorro de RT para la evaluación Doppler de la gravedad de la RT; el panel **H** muestra un cuadro fijo biplano sistólico medio con desplazamiento Doppler color y la medición del radio de convergencia de flujo (*panel derecho*) utilizado para el cálculo del área regurgitante efectiva por medición de la PISA. *VI*, ventrículo izquierdo.

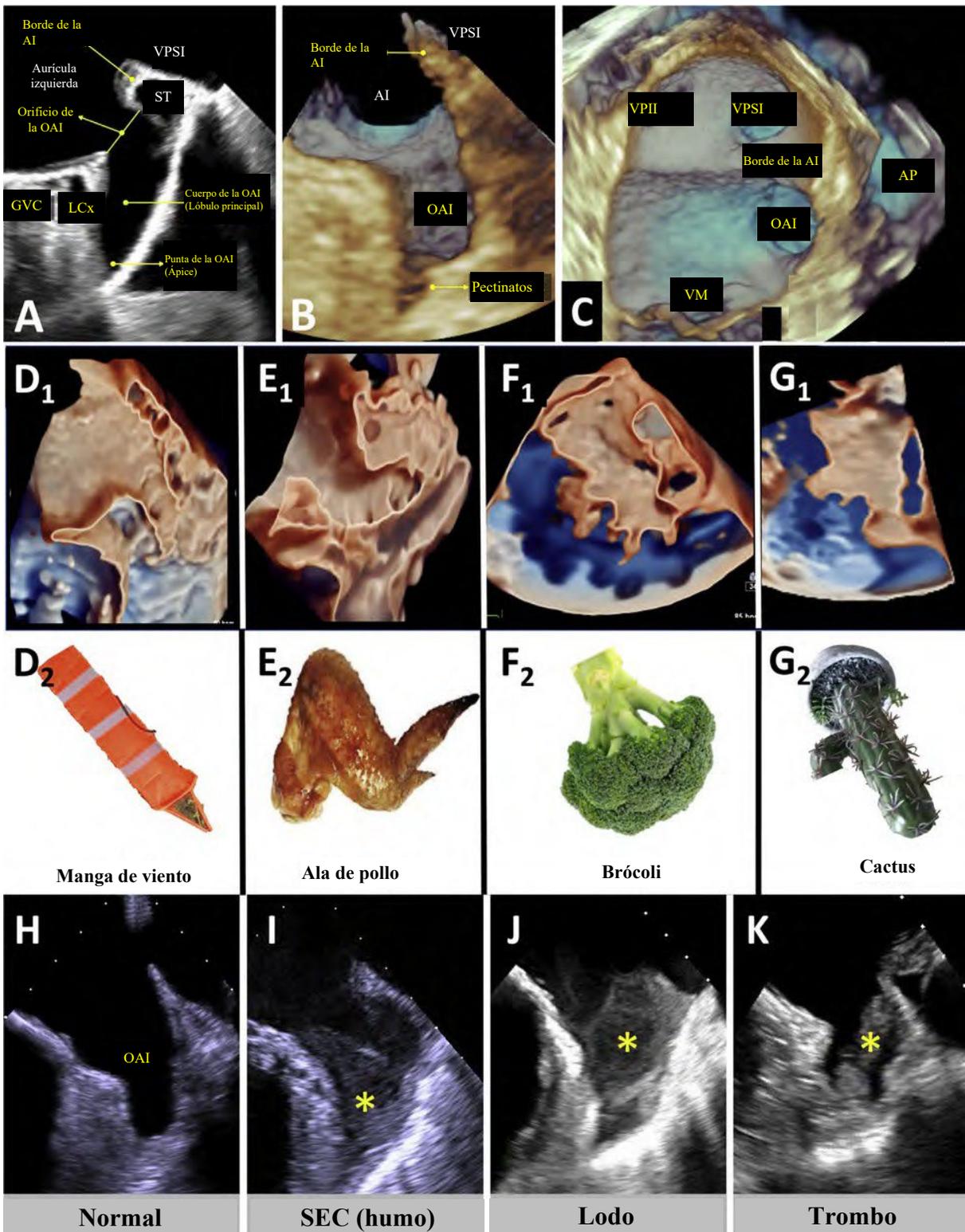


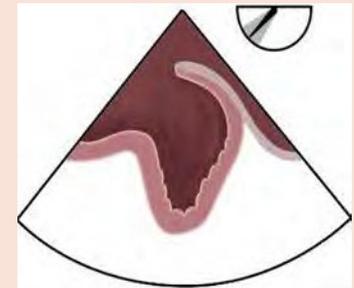
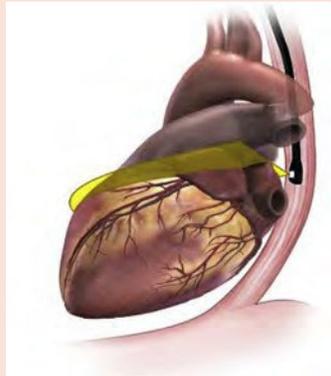
Figura 26 Anatomía de la orejuela auricular izquierda (OAI). La obtención de imágenes bidimensionales por ETE a 45° (A) demuestra características anatómicas importantes de una OAI normal. Las imágenes tridimensionales por ETE en un modo ampliado (B) muestran características anatómicas importantes de una OAI normal. Las imágenes tridimensionales por ETE también pueden utilizarse para obtener imágenes de la anatomía adyacente (C). Las herramientas de reconstrucción tridimensional avanzada son útiles para caracterizar las variantes de la anatomía de la OAI (D-G). En estos ejemplos, la anatomía 3D producida (subíndice 1) y la representación de la anatomía (subíndice 2) se muestran para una OAI “en manga de viento” (D₁₋₂), OAI “en ala de pollo” (E₁₋₂), OAI “brócoli” (F₁₋₂) y OAI “cactus” (G₁₋₂). Las imágenes bidimensionales con capturas digitales largas se utilizan para evaluar el flujo dentro de la lumen de la OAI: normal (H), contraste ecocardiográfico espontáneo (spontaneous echocardiographic contrast, [SEC]; también denominado “humo”; *asterisco amarillo*, I), lodo (*asterisco amarillo*, J) y trombo (*asterisco amarillo*, K). GVC: gran vena cardíaca; AI: aurícula izquierda; LCx: arteria coronaria circunfleja izquierda; VPPII: vena pulmonar inferior izquierda; VPSI: vena pulmonar superior izquierda; VM: válvula mitral; AP: arteria pulmonar; ST: seno transversal.

Tabla 7 Protocolo de obtención de imágenes de la OAI

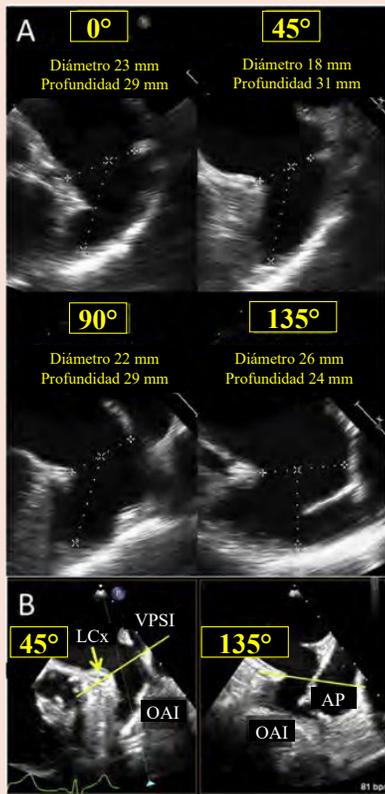
Nivel de imágenes: Esofágico medio 0-135°

Protocolo de adquisición:

- Maniobra: avance, anteflexión con flexión lateral utilizada para optimizar la obtención de imágenes.
- Las imágenes de un solo plano de la OAI deben realizarse en ME 0°, 45°, 90° y 135°.
- Agregue vistas biplanares según sea necesario.



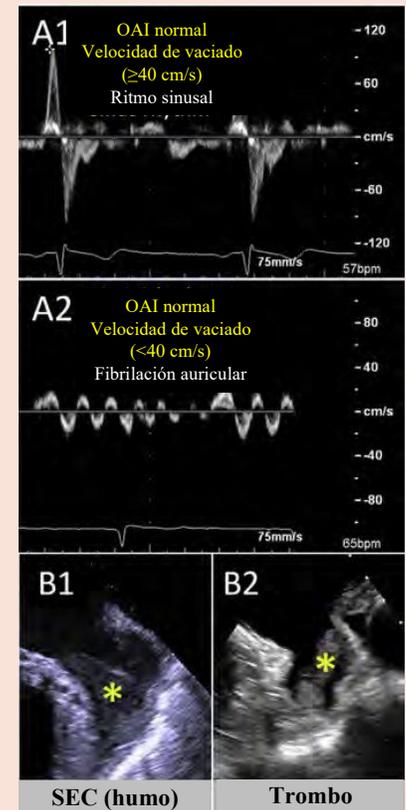
Imágenes planares



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales



A. Las imágenes de un solo plano de la OAI deben realizarse en ME 0°, 45°, 90° y 135°; se requiere una ligera anteflexión para poner la OAI en vista. En esta vista, se debe medir la profundidad de la OAI y el ancho de la zona de destino.

A. La reconstrucción multiplanar tridimensional permite la medición de al menos las dimensiones máxima y mínima de la OAI en la zona de implantación prevista. También se puede medir la longitud de la OAI.

A. El Doppler de onda pulsada de la OAI mide la velocidad de vaciado de la OAI. Las velocidades de vaciado más altas (hacia la AI, por encima del valor inicial) en el **panel A1** son normales. Cuanto menor es la velocidad de vaciado (**A2**), mayores son las probabilidades de estasis y formación de trombos en la OAI.

(continuación)

Tabla 7 (continuación)

Nivel de imágenes: Esófago medio 0-135°

- | | | |
|---|--|---|
| <p>B. Las imágenes biplanares pueden utilizarse desde cualquier ángulo. Este es un ejemplo de la vista de 45° en el <i>panel izquierdo</i> y de la vista de 135° de la OAI en el panel derecho. Observe en la vista de 45°, la proximidad de la VPSI y la relación de la LCx con la OAI. En esta vista, también se debe medir la profundidad de la OAI y el diámetro de la zona de destino.</p> | <p>B. La representación tridimensional de la cavidad de la OAI utilizando un modo de obtención de imágenes de transparencia permite una evaluación de las estructuras internas (B1), así como de la morfología general (B2), en este caso, de una OAI en “ala de pollo”.</p> | <p>B. Se debe describir la SEC densa (B1) o el trombo (B2).</p> |
|---|--|---|

OAI: orejuela auricular izquierda; LCx: arteria coronaria circunfleja izquierda; VPSI: vena pulmonar superior izquierda; SEC: contraste ecocardiográfico espontáneo.

2. Protocolo general de obtención de imágenes para el SIA (Tablas 8 y 9)

Las pautas para realizar una obtención de imágenes integral de ETE para delinear la estructura anatómica de la aurícula derecha¹ y para la evaluación ecocardiográfica de la CIA y el FOP se han publicado previamente,¹²⁷ y un resumen de los componentes esenciales de un examen del septo interauricular integral que se enumeran en la Tabla 8. La ETT previa al procedimiento es adecuada en la mayoría de los pacientes pediátricos y algunos adultos, pero las imágenes de ETE pueden caracterizar mejor la anatomía del septo auricular en anticipación del cierre del dispositivo o de la punción transeptal (Tabla 9). Esto es especialmente importante porque la ecocardiografía intracardiaca actualmente se adopta cada vez más como la modalidad de elección para guiar el cierre percutáneo de las CIA.¹³² Las imágenes biplanares son útiles, pero con malformaciones más grandes, el sector de imágenes puede ser inadecuado. Dado que las CIA secundarias pueden estar ubicadas en cualquier lugar dentro del septo primario, se

recomienda iniciar la obtención de imágenes a 0°, luego aumentar en incrementos de 15° hasta que se roten completamente a 120° para una evaluación completa del septo.¹²⁷ Los bordes del SIA que rodea a la CIA secundaria deben medirse como en la Figura 31. La deficiencia (<5 mm) de bordes específicos puede impedir el cierre.¹²⁷ Las malformaciones más grandes que los tamaños de dispositivos disponibles y las conexiones anómalas de cualquiera de las venas pulmonares son condiciones adicionales que pueden requerir intervención quirúrgica. La interrupción de la VCI es una anomalía congénita en la que la VCI termina debajo de la vena hepática, y la continuación hemiacigótica o acigótica permite el drenaje venoso en la VCS. Esta afección, que se diagnostica preferentemente mediante ETT en vez de ETE, requiere un abordaje transyugular¹³³ o transhepático, lo que aumenta la complejidad de la colocación del dispositivo de la CIA.

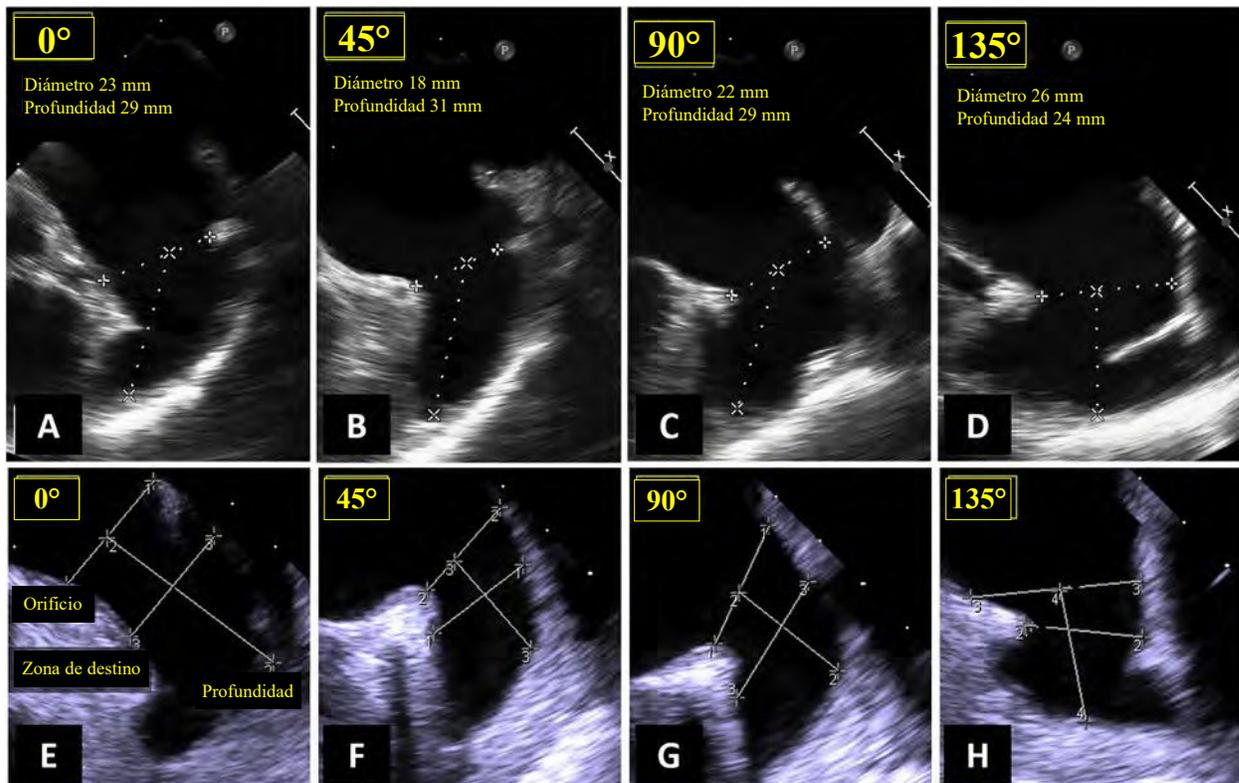


Figura 27 Imágenes bidimensionales de la OAI. La OAI debe visualizarse a 0°, 45°, 90° y 135° con medición del diámetro y la profundidad de la OAI. Para los dispositivos ocluidores de lóbulos sin disco, el orificio se mide desde la arteria circunfleja hasta un punto de 2 mm por debajo de la punta del limbo de la vena pulmonar superior izquierda (A–D). Para los ocluidores del lóbulo con disco, el orificio se mide desde la parte superior del anillo de la VM hasta un punto a 2 mm desde la punta del limbo de la vena pulmonar (E–H).

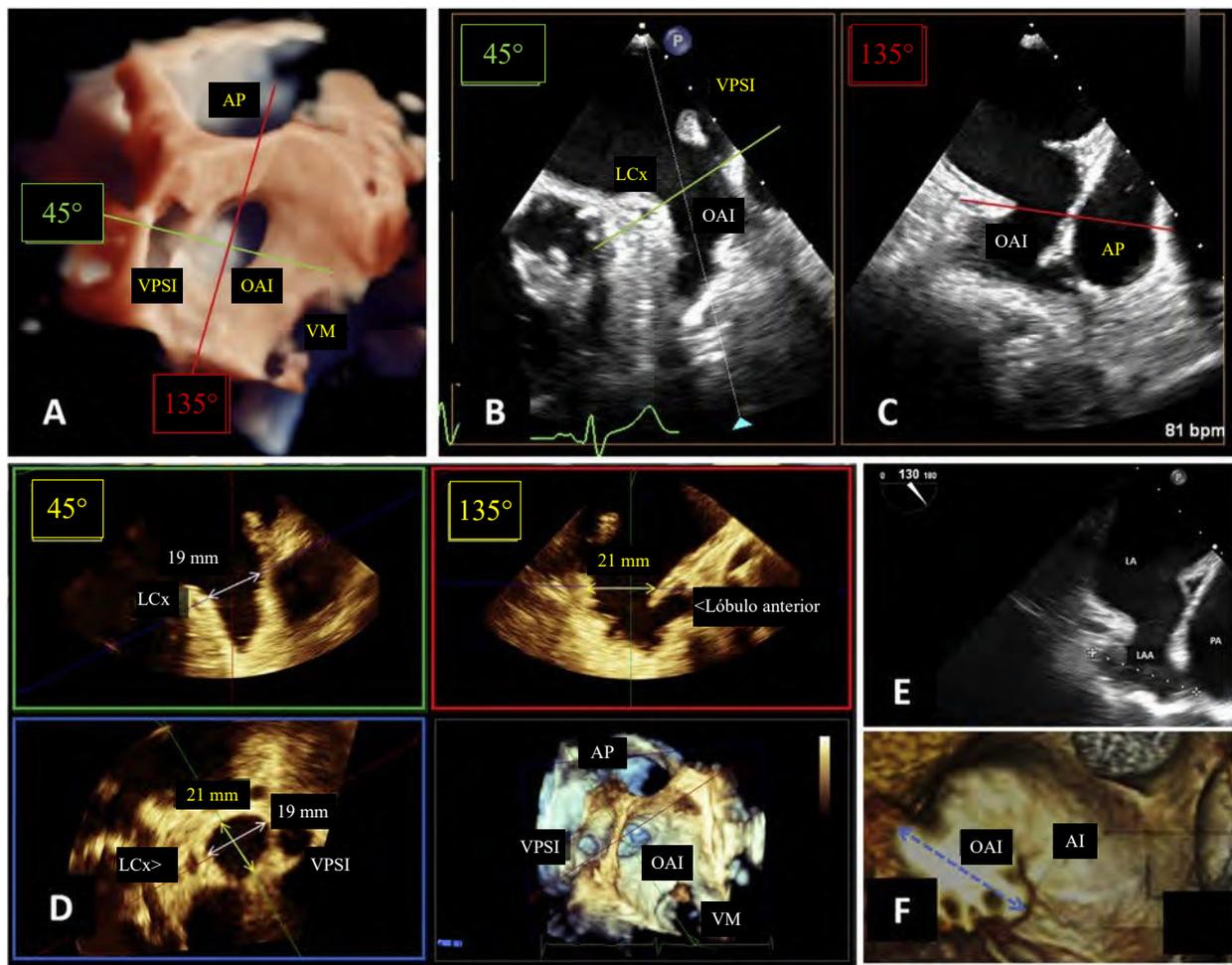


Figura 28 Imágenes tridimensionales de la OAI. Vista ampliada de imágenes tridimensionales frontales de la OAI (A) con imágenes biplanares ETE 2D correspondientes con los planos de eje correspondientes de 45° (B) y 135° (C). La reconstrucción multiplanar de la OAI (D) se puede utilizar para realizar las mediciones del orificio de la OAI desde cualquier orientación 2D con el beneficio agregado de identificar la dimensión más grande de la OAI, que puede caer entre los ángulos de obtención de imágenes 2D estándar. Se requiere la medición de la dimensión más grande del cuerpo de la OAI (E, F) para los dispositivos de exclusión de la OAI epicárdica. AI: aurícula izquierda; LCx: arteria coronaria circunfleja izquierda; VPSI: vena pulmonar superior izquierda.

Vistas UE. A 0° el barrido gradual en incrementos de 15° a 45° demuestra la cara superior del septo. Se verán malformaciones secundarias o del seno venoso ubicados en la parte superior (Figura 30C), así como el techo de las aurículas izquierda y derecha.

Vistas ME. Desde la vista ME de cuatro cámaras a 0°, un aumento escalonado de 15° en rotación mecánica a al menos 90° a 110° con retroflexión suave permitirá la visualización de la totalidad del septo auricular, incluso para la evaluación de la CIA, el FOP y punción transeptal. La vista ME de cuatro cámaras a 0° a 30° toma imágenes de los bordes de la válvula auriculoventricular y posterior; se pueden evaluar las malformaciones del septo del seno coronario y de las venas pulmonares derechas. La vista ME del flujo de entrada-salida a 45° a 60° (con la aorta en vista) genera imágenes del borde aórtico anterior/superior. La vista ME bicava en imágenes de 90° a 120° crea imágenes de los bordes superior e inferior (Figuras 32A y 32B); esto puede adquirirse como una imagen monoplanar o como una imagen biplanar de la vista ME de flujo de entrada-salida en una imagen de 45° a 60°. Las imágenes biplanares o los volúmenes 3D son útiles para caracterizar malformaciones elípticas. La

rotación en sentido horario de la sonda desde esta vista permite obtener imágenes de las venas pulmonares derechas. La rotación en sentido antihorario (más allá de la OAI) permite obtener imágenes de las venas pulmonares izquierdas. Nuestra recomendación es realizar mediciones de diámetro máximo en el plano de imágenes, en un punto durante el ciclo cardíaco (sístole final frente a diástole final) que produzca el diámetro más grande. Es posible que haya múltiples malformaciones en la fosa oval, que representan el 4,5 % de los casos,¹³⁴ y que se ven mejor en las vistas ME con Doppler color (Figura 32C). La malformación interauricular multifenestrada está presente en el 2,7 %¹³⁴ de las CIA y se asocia comúnmente con el aneurisma del septo auricular (Figura 32D). La delineación de los tamaños y las ubicaciones de las malformaciones multifenestradas informa la selección del dispositivo y la anticipación de la complejidad del cierre transcáteter.¹³⁵

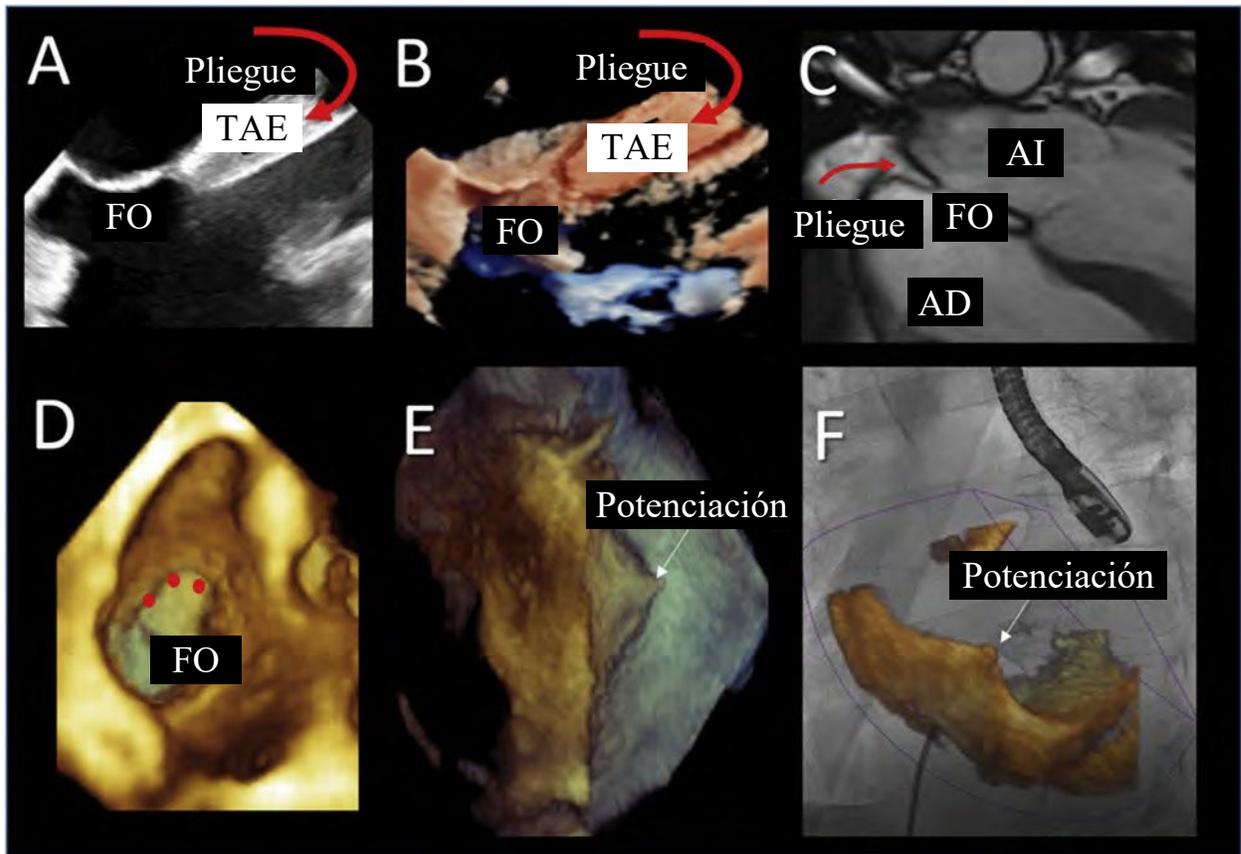


Figura 29 Anatomía del SIA. Las imágenes ETE en los paneles A (2D) y B (3D) muestran al SIA desde una vista bicava. La parte superior del septo secundario, que a menudo se consideró hipertrofia lipomatosa, no es una única pared entre las aurículas, sino plegamientos (flecha curva) de las paredes auriculares izquierda y derecha, con tejido adiposo epicárdico (TAE) en el medio. El único SIA verdadero es la fosa oval (FO). Este plegamiento lleno de tejido adiposo también se observa en la resonancia magnética cardíaca (flecha curva, C). Imagen tridimensional de ETE que muestra el FO en la vista frontal (D) con el borde superior del FO marcado con círculos rojos. Las imágenes tridimensionales sin (E) o con (F) imágenes de fusión pueden ser útiles para ayudar a identificar el lugar de la punción transeptal. AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha.

La evaluación integral del FOP, incluido el tamaño máximo en los extremos auriculares derecho e izquierdo, así como la longitud del túnel y la evaluación de cualquier malformación adicional, se realiza mejor desde la vista ME del flujo de entrada-salida a 45° a 60° (Figuras 32B). El Doppler color con un límite bajo de Nyquist (<40 cm/seg) demostrará una derivación interauricular de izquierda a derecha para la CIA secundaria y una derivación bidireccional o de derecha a izquierda para la OFP. Si la derivación del color no es evidente con FOP, se puede realizar un estudio de contraste con solución salina agitada (generalmente sin y con maniobras fisiológicas).^{1,127} El contraste con solución salina se requiere con menos frecuencia para diagnosticar una CIA dados los avances en las capacidades de obtención de imágenes ecocardiográficas.¹²⁷

Vista UE. La retracción de la sonda a la posición UE mostrará el septo secundario relacionado con la VCS para la medición de la longitud del borde superior para el cierre de la CIA y la longitud de un túnel del FOP. A 120°, se puede observar una presunta malformación septal del seno coronario frontal detrás de la pared posterior de la aurícula izquierda.¹²⁶ La aparición de la VCS “transzonal” del SIA (Figuras 30C y 30D) es la manifestación clásica de una malformación septal del seno venoso superior y con rotación en sentido horario de la sonda desde esta vista, el drenaje anómalo de las

venas pulmonares media y superior derecha se puede demostrar para diferenciar de una CIA secundaria ubicada en dirección superior.

Vista DE. El avance de la sonda a una posición esofágica inferior con flexión suave debe describir el borde inferior. Este es el borde más difícil de delinear mediante imágenes de ETE¹³⁶, aunque es el más importante, como deficiencia del borde inferior, en 3,3 % de la CIA secundaria,¹³⁴ está asociado con una falla importante del dispositivo.^{134,136,137} La sospecha de deficiencia en el borde inferior puede necesitar confirmación adicional mediante ETT en pacientes con buenos márgenes ecocardiográficos o ecocardiografía intracardiaca al momento de la intervención percutánea, como con la implementación ajustada, los casos selectivos pueden cerrarse por vía percutánea.¹³⁸ Esta misma posición de sonda es ideal para identificar una red de Chiari (Figura 32D), estructura filamentosa formada por la resorción incompleta de la válvula derecha del seno venoso, en el 2 % al 3 % de la población.¹³⁹ Se han descrito la compresión del catéter,¹⁴⁰ émbolos auriculares paradójicos de derecha a izquierda,¹³⁹ y hernia del dispositivo ocluidor de la CIA¹⁴¹ con las redes Chiari, aunque, afortunadamente, las complicaciones parecen ser raras.

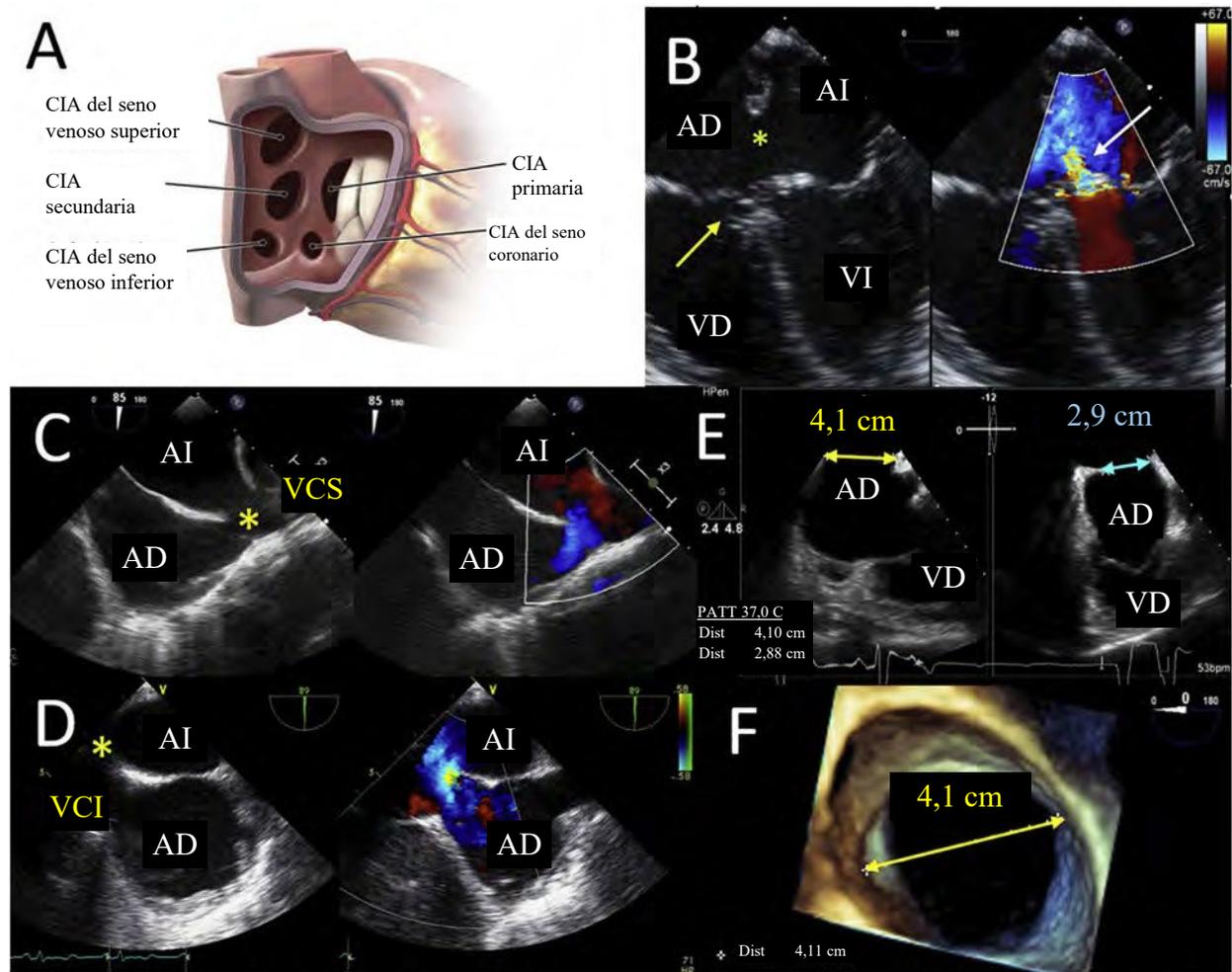


Figura 30 Tipos de CIA y ejemplos no susceptibles para el cierre transcatóter: El tipo de CIA, el tamaño y la ubicación predicen la solicitud de cierre transcatóter. La CIA secundaria puede ubicarse en el medio del SIA, mientras que la CIA no secundaria se define por la ubicación típica (A). La CIA primaria (B) se caracteriza por una malformación en las almohadillas endocárdicas (panel izquierdo, asterisco amarillo) con inserción de las válvulas auriculoventriculares izquierda y derecha en el mismo nivel (flecha amarilla) y una VM hendida frecuentemente asociada con regurgitación (panel derecho, flecha blanca). La malformación del seno venoso superior (C, asterisco amarillo) no tiene borde superior y no cumple con la VCS. La malformación del seno venoso inferior (D, asterisco amarillo) no tiene borde inferior y se opone a la VCI. Estas dos malformaciones no son susceptibles de cierre transcatóter. Si bien las CIA secundarias generalmente son accesibles mediante técnicas transcatóter, una malformación grande (imagen biplanar en el panel E e imagen 3D en el panel F) que carece del borde inferior o más de dos bordes adicionales también puede requerir cierre quirúrgico. AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho.

Esta también es la vista óptima para tomar imágenes del techo del seno coronario independientemente de la aurícula izquierda. La presencia de un orificio del seno coronario dilatado y una malformación visualizados con imágenes 2D y Doppler color confirman la presencia de una malformación septal del seno coronario. Una VCS izquierda persistente aislada generará una imagen comparable sin una malformación identificable o dilatación del corazón derecho.

Vista TG. Desde la vista TG SAX del VI a 0° a 20°, una mayor anteflexión dará como resultado una imagen SAX de la VM. En este plano de imágenes, se puede visualizar una hendidura de la valva anterior, asociada con la CIA del orificio primaria, si está presente.

Obtención de imágenes tridimensionales. Una descripción exhaustiva de la adquisición de imágenes 3D para el FOP y la CIA se publica en la pauta de la ASE de 2015.¹²⁷ Las adquisiciones iniciales en tiempo real o de ángulo estrecho están seguidas de adquisiciones de selección electrocardiográfica, de ángulo amplio, temporales y de resolución espacial más altas de varias vistas clave: ME SAX comenzando en 0°, SAX basal de 30° a 60°, bicava de 90° a 120°, bicava TG profunda de 100° a 120° y vistas de cuatro cámaras de 0° a 20°. La anatomía del septo intacto, la CIA y los bordes se demuestra con las adquisiciones 3D frontales del septo de las caras auriculares derecha e izquierda (Figura 31). Las imágenes frontales en tiempo real caracterizan la forma y el tamaño de la(s) malformación(es) durante todo el ciclo cardíaco.

Tabla 8 Componentes esenciales de la evaluación del septo auricular

CIA	FOP	Lugar de punción transeptal
Tipo de CIA	Longitud del túnel del FOP	Espesor del septo secundario
Tamaño de la CIA (diámetros máximo y mínimo) durante la sístole final y la diástole final	Tamaño máximo en el extremo auricular derecho	Presencia de FOP o CIA
Ubicación de la CIA dentro del septo	Tamaño máximo en el extremo auricular izquierdo	Vista tridimensional frontal de la VM para identificar la línea comisural y la comisura medial
Medición de todos los bordes	Longitud total del septo auricular	
Forma de la CIA	Distancia desde el FOP hasta las venas cavas	
Excluir hipertensión arterial pulmonar	Derivación de derecha a izquierda mediante Doppler color o inyección de contraste de solución salina agitada	
Excluir conexiones venosas pulmonares anómalas	Excluir conexiones venosas pulmonares anómalas	
Presencia de múltiples fenestraciones o CIA adicionales	Presencia de CIA adicionales	

Para las tres categorías (CIA, FOP y punción transeptal), también se debe evaluar lo siguiente: presencia o ausencia de aneurisma septal auricular y hallazgos asociados (válvula de Eustaquio o red de Chiari).

G. Evaluación del septo interventricular (Tabla 10)

Las CIV se producen en dos a 10 de cada 1000 nacimientos vivos.¹⁴²⁻¹⁴⁴ De las cinco variantes congénitas de CIV (Figura 33A), los perimembranosos y musculares son los dos que pueden sufrir cierre percutáneo. La salida (también conocida como CIV supracristal o subarterial), mal alineada y la CIV del tipo del canal auriculoventricular no puede cerrarse debido a la ausencia de bordes circunferenciales.

1. Anatomía del septo interventricular. El septo interventricular separa los ventrículos izquierdo y derecho, y tiene forma y estructura complejas. Su radio de curvatura es el mismo que el de la pared libre del VI y comprende aproximadamente un tercio de la masa total del VI.¹⁴⁵ Cuando se ve desde el ventrículo izquierdo, consta de porciones membranosas posteriores, anteriores y superiores.

Cuando se ve desde el ventrículo derecho, la parte membranosa se divide en una región interventricular y una cara auriculoventricular, que está encima de la VT y forma parte del piso de la aurícula derecha.¹⁴⁶ El septo anterior se divide en dos partes, una recostada en la parte inferior y posterior de la cresta supraventricular y que se extiende entre ella y el anillo tricúspide y la otra recostada en la parte superior y anterior de la cresta supraventricular y se extiende desde allí hasta la fibrosis anular de la VP. Una CIV puede ocurrir en cualquier parte del septo. Los criterios para el cierre de la CIV congénita o adquirida en la adultez pueden incluir antecedentes de endocarditis y/o relación del flujo pulmonar con el flujo sistémico >1,5, que puede manifestarse como dilatación del corazón izquierdo persistente o en aumento, y solo en ausencia de hipertensión arterial pulmonar significativa.⁷²

Las CIV congénitas se muestran en la Figura 34.¹⁴⁷ Las CIV de salida, también denominadas supracristales o subarteriales, son malformaciones localizadas en el septo infundibular/externo e inmediatamente por debajo de

la VP sin borde anterior o superior del septo conal. Debido a la proximidad de la malformación a la VP con ausencia de septo conal, esta CIV generalmente se cierra quirúrgicamente, aunque es posible la colocación de un dispositivo híbrido periventricular.¹⁴⁸⁻¹⁵⁰ Las malformaciones mal alineadas, dentro del septo conoventricular o conal, se producen en pacientes con tetralogía de Fallot, ventrículo derecho de doble salida y arco aórtico interrumpido. Estas requieren invariablemente cierre quirúrgico en el momento de la reparación de las lesiones asociadas. La CIV de entrada (CIV del tipo de canal auriculoventricular) se caracteriza por su ubicación posterior e inferior a la valva septal de la VT. La proximidad de ambas válvulas auriculoventriculares y la asociación con las conexiones de las cuerdas transzonales y los músculos papilares,¹⁵¹ a lo largo de la CIV, impiden el cierre del dispositivo. Las CIV musculares pueden ubicarse en cualquier lugar dentro del septo trabecular y pueden ser únicas o múltiples. Están rodeadas circunferencialmente por tejido muscular y rara vez adyacentes a estructuras importantes. Las malformaciones que se encuentran completamente dentro del septo membranoso o se extienden en el septo y en las estructuras adyacentes se denominan paramembranosas o perimembranosas y representan el 80 % de las CIV en series quirúrgicas y de autopsia.^{152,153} El septo membranoso se encuentra adyacente a la VT en el lado derecho y la comisura coronaria/no coronaria derecha del lado izquierdo. Esta parte del septo es delgada y tiene un componente interventricular y un componente auriculoventricular, lo que representa la compensación apical de la VT.

El tejido de conducción cursa en el borde posteroinferior del septo membranoso.¹⁵¹ La adhesión de la valva de la VT anteroseptal se ha implicado en el cierre espontáneo de estas malformaciones, así como en el aneurisma del septo membranoso, un hallazgo frecuente con importantes implicancias para el cierre percutáneo del dispositivo.

Tabla 9 Protocolo de obtención de imágenes del SIA**Nivel de imágenes: ME 0°–30° y flujo de entrada ventricular derecho 30°–65°****Protocolo de adquisición:**

- A 0°–30°, se pueden visualizar las venas pulmonares, el orificio primario y las malformaciones del septo del seno coronario.
- A 30°–65°, con la VA frontal, la posición de la sonda puede requerir el avance o retiro para optimizar la visualización de una CIA secundaria y/o FOP y bordes.
- Es posible que se requiera retroflexión y ancho de sector completo para malformaciones más grandes.

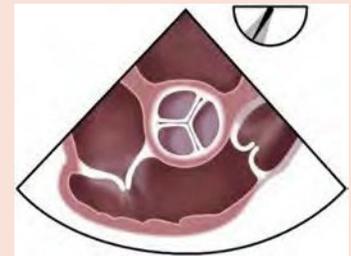
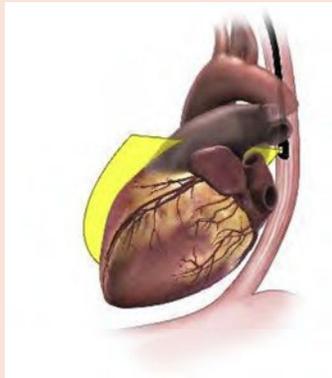
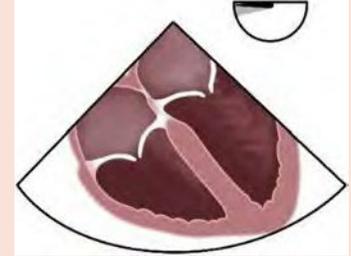
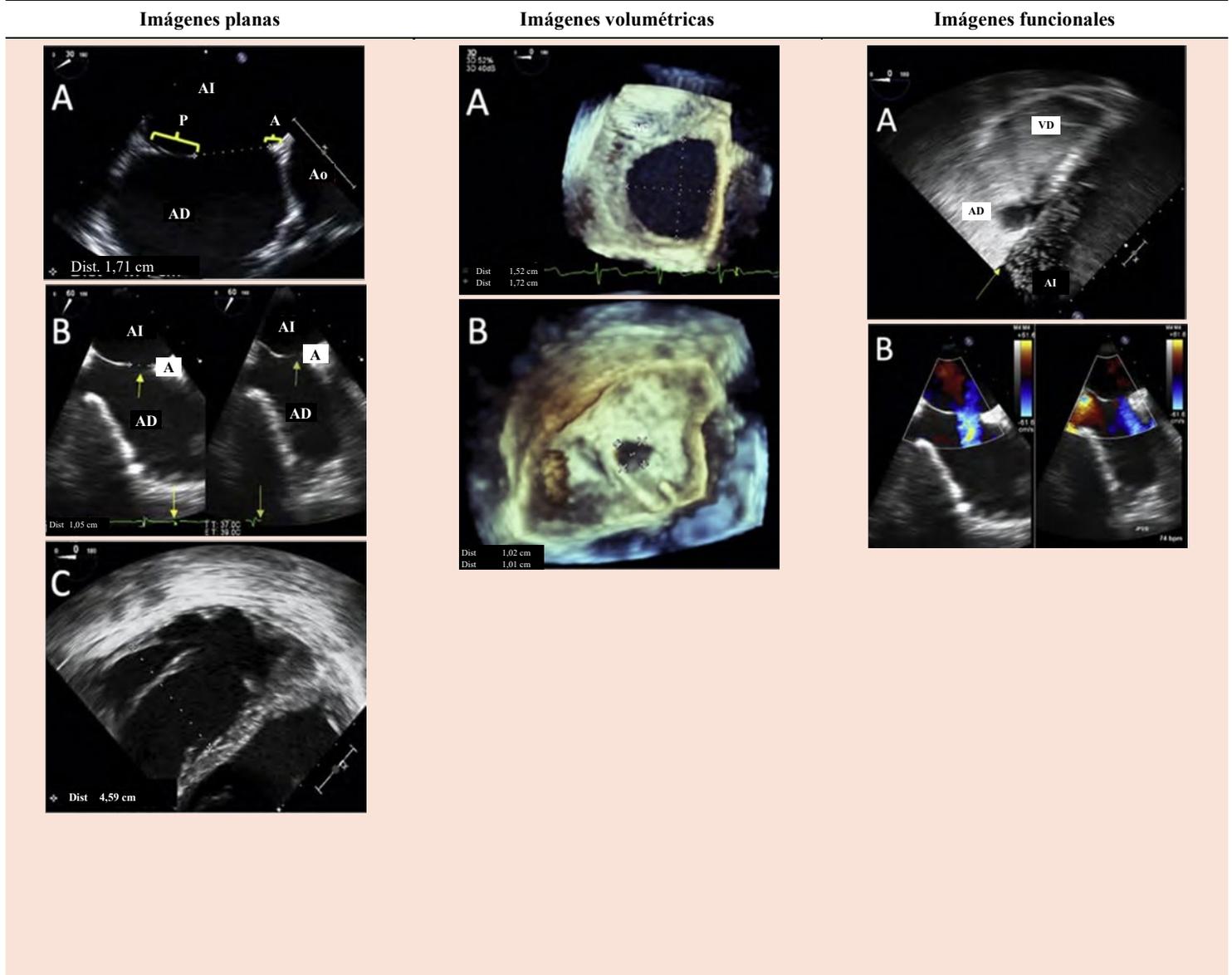
*(continuación)*

Tabla 9 (continuación)



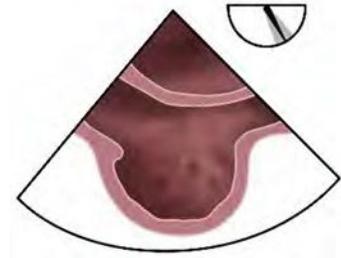
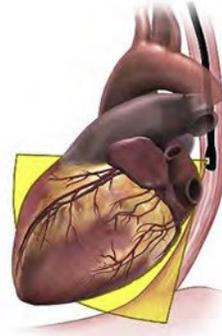
- | | | |
|---|---|---|
| <p>A. En SAX, se definen los bordes aórtico (A) y posterior (P) de la malformación (<i>corchetes amarillos</i>), y se realiza la medición de la CIA secundaria. La deficiencia (<5 mm de diámetro) del borde aórtico no suele impedir el cierre del dispositivo.</p> <p>B. También se observa una pequeña CIA secundaria en SAX durante la diástole (<i>la flecha amarilla</i> indica diástole en el ECG) y sístole (<i>la flecha verde</i> indica sístole en el ECG). Las mediciones deben realizarse cuando la malformación es mayor durante el ciclo cardíaco.</p> <p>C. A 0° de angulación, se demuestra la dilatación ventricular derecha.</p> <p>D. El FOP se ve mejor a los 30°-65°. Aquí se puede medir la longitud del túnel (se muestra) y el diámetro en las caras auriculares derecha e izquierda.</p> | <p>A. La malformación de la CIA secundaria grande es levemente elíptica, y las mediciones son comparables con las imágenes 2D que se muestran en los paneles de imágenes planas SAX y de eje largo (A).</p> <p>B. Las imágenes tridimensionales de malformaciones incluso más pequeñas pueden ayudar a localizar y a medir la malformación. En este caso, se demuestra una CIA secundaria ubicada centralmente, simétricamente redonda, con mediciones correspondientes a mediciones derivadas de 2D en ambos paneles de imágenes planares, ME SAX y eje largo (B).</p> | <p>A. Estudio de contraste con solución salina agitada positiva con opacificación densa de la AD y el VD, y pasaje temprano transparente de microburbujas a la AI (<i>flecha</i>) en un caso de FOP.</p> <p>B. El Doppler color debe demostrar la derivación de izquierda a derecha a través de una CIA en un límite moderado de Nyquist. Como se muestra en las imágenes planares adyacentes, puede haber una variación marcada de tamaño dinámico en la diástole (<i>panel izquierdo</i>) en comparación con la sístole (<i>panel derecho</i>).</p> |
|---|---|---|

Tabla 9 (continuación)

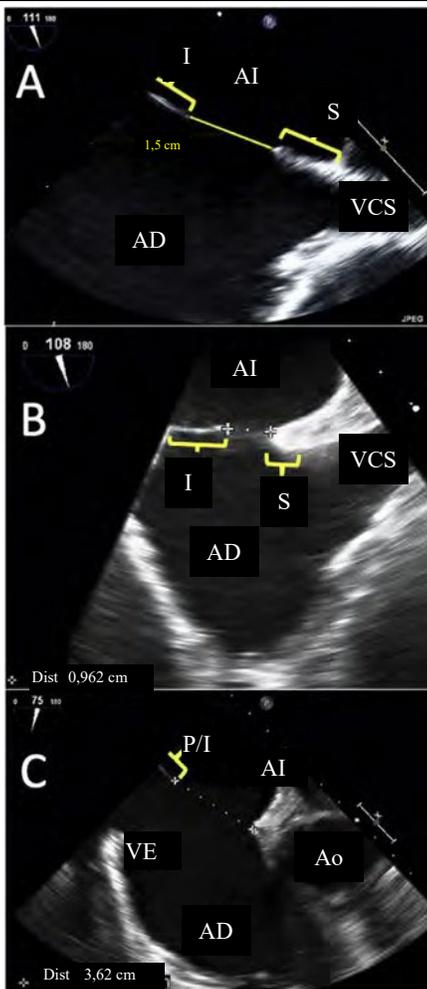
Nivel de imágenes: Vista ME de 70°–110° del eje largo

Protocolo de adquisición:

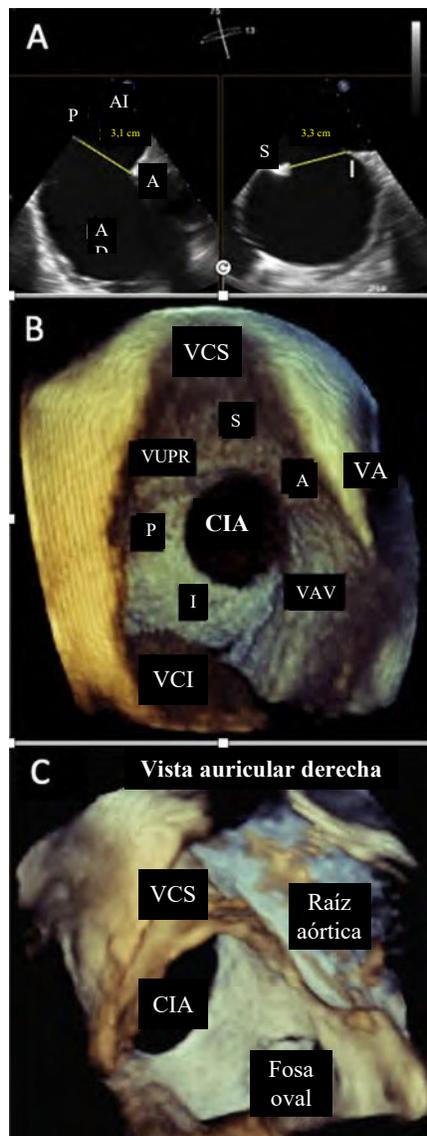
- Maniobra: cuando la CIA está en vista en la vista SAX aórtica, la rotación mecánica hacia esta vista muestra los bordes superior e inferior.
- Retire la sonda para mostrar malformaciones superiores y el borde.
- El avance de la sonda y la anteflexión suave pueden ayudar con el borde inferior más difícil de visualizar.



Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales

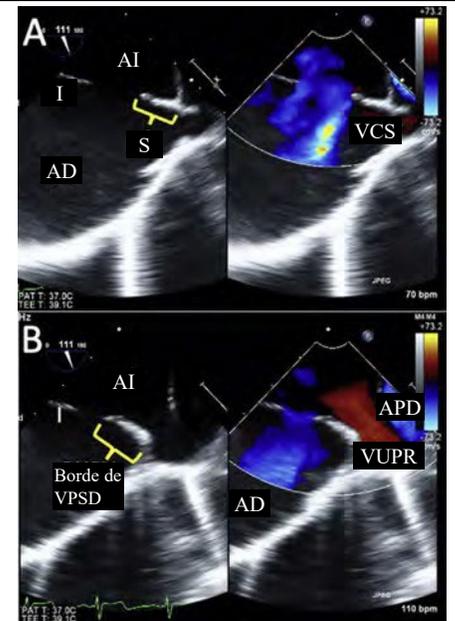


Tabla 9 (continuación)

Nivel de imágenes: Vista ME del eje largo 70° – 110°

<p>A. CIA secundaria grande (como se observa en la vista ME 0-30°, imágenes volumétricas, panel A) que demuestra la medición en el diámetro máximo con bordes superiores (S) e inferiores (I) (<i>corchetes amarillos</i>) indicados. El borde inferior, mejor visto en esta vista bicava, puede ser difícil de medir, pero la visualización de >5 mm sugiere un tamaño adecuado para el cierre del dispositivo.</p> <p>B. CIA secundaria pequeña (como se observa en la vista ME 0-30°, imágenes volumétricas, panel B) con bordes superiores (S) e inferiores (I) adecuados.</p> <p>C. Otra CIA secundaria más grande medida desde el borde anterosuperior (A) hasta el borde posterior/inferior (P/I). Con dilatación ventricular derecha grave y la rotación en sentido antihorario del corazón, como en este ejemplo, una angulación de 75° demuestra una vista más típica del eje corto aórtico. Observe la válvula de Eustaquio prominente (VE), que puede confundirse fácilmente con el borde P/I. Una vez más, observe la visualización deficiente de la totalidad del borde inferior, pero se observa una longitud suficiente para considerar el cierre del dispositivo.</p>	<p>A. Imágenes biplanares que muestran las caras anterior/posterior e inferior/superior de la CIA secundaria grande y las mediciones máximas en ambos planos.</p> <p>B. Las imágenes tridimensionales (perspectiva auricular derecha) muestran la ubicación de los bordes de una CIA secundaria grande: (1) borde de la VCS, el borde posterior/superior entre la CIA y la VCS; (2) borde aórtico, el borde anterior/superior entre la CIA y el anillo auriculoventricular y la raíz aórtica; (3) borde de la válvula auriculoventricular, el borde anterior/inferior entre la CIA y las VAV; (4) borde VCI, el borde posterior/inferior entre la CIA y la VCI; (5) borde posterior, el borde posterior hacia las venas pulmonares.</p> <p>C. Diagnóstico por imágenes tridimensional de una CIA del seno venoso (ausencia del SIA del seno venoso) desde la perspectiva auricular derecha. Tenga en cuenta que la malformación es superior a la fosa oval.</p>	<p>A. El borde superior (S; corchete amarillo) de la malformación es adyacente a la VCS como se demuestra en esta imagen de comparación en color. La derivación de izquierda a derecha a través de la malformación puede sobreestimar el tamaño, por lo que se prefieren las imágenes 2D para el diámetro. Cualquier derivación de derecha a izquierda puede indicar hipertensión pulmonar.</p> <p>B. La rotación en sentido horario desde la vista de la VCS demostrará el borde entre la CIA y la VPSD (corchete amarillo) y el drenaje normal de la VPSD a la AI. La deficiencia de este borde puede provocar la obstrucción del flujo de la VPSD después del cierre del dispositivo.</p>
---	---	--

A: anterior; Ao: aorta; VAV: válvula auriculoventricular; VE: válvula de Eustaquio; I: inferior; SIA: septo interauricular; VCI: vena cava inferior; AI: aurícula izquierda; VPSI: vena pulmonar superior izquierda; P: posterior; AD: aurícula derecha; APD: AP derecha; VPSD: vena pulmonar superior derecha; S: eje superior; SAX: eje superior.

Por último, las CIV perimembranosas pueden estar asociadas con el desarrollo de lesiones hemodinámicamente importantes, incluido el prolapso de la VA,¹⁵⁴ membrana subaórtica,^{154,155} y el ventrículo derecho de doble cámara (una afección en la que el hueso infundibular subpulmonar se estrecha y estenosa).¹⁵⁶ La identificación de cualquiera de estas lesiones asociadas generalmente lleva a la reparación quirúrgica. En ausencia de contraindicaciones, el cierre del dispositivo transcáteter es una opción viable en manos expertas, con varios metanálisis que describen resultados comparables quirúrgicos y transcáteter para el éxito del cierre, la incidencia de bloqueo cardíaco completo y la regurgitación valvular tanto en niños como en adultos.¹⁵⁷⁻¹⁵⁹

Las CIV adquiridas se dividen en dos categorías principales: ruptura del septo ventricular en el contexto de infarto septal y ruptura traumática, generalmente en el contexto de una lesión penetrante. La ruptura del septo ventricular como complicación mecánica del infarto agudo de miocardio tiene una aparición bimodal, con frecuencias máximas en las primeras 24 horas y en los días 3 a 5 después del infarto agudo de miocardio.¹⁶⁰ El cierre del dispositivo transcáteter de una CIV causada por una ruptura del septo ventricular es una alternativa atractiva al cierre quirúrgico, con una reducción de casi el 50 % en la tasa de mortalidad a los 30 días, especialmente para la intervención tardía (>2 semanas después del infarto agudo de miocardio), en contraste con el tratamiento conservador, que tiene una tasa de mortalidad del 92 % a los 30 días.¹⁶¹ Sin embargo, a pesar del alto éxito técnico y las tasas relativamente bajas de complicaciones del procedimiento, la mortalidad intrahospitalaria sigue siendo muy alta.¹⁶⁰

La CIV traumática es una complicación relativamente rara, pero importante de traumatismo cardíaco penetrante, traumatismo torácico cerrado y cirugía cardíaca.¹⁶² Se ha descrito el cierre transcáteter de las CIV traumáticas en pacientes que no son buenos candidatos para la reparación quirúrgica abierta.¹⁶²

2. Protocolo general de obtención de imágenes del septo interventricular (Tabla 10).

Dado que las CIV musculares congénitas y adquiridas pueden

estar ubicadas en cualquier lugar dentro del septo muscular, y pueden ser múltiples, se recomienda que todas las posiciones de los ETE muestren el septo interventricular con una ecocardiografía 2D y Doppler color. Una vez que se identifica una CIV, también debe obtenerse una imagen ortogonal en imágenes 2D biplanares o simples para caracterizar completamente la malformación. Las velocidades máximas de la RT y el flujo a través de la CIV deben muestrearse mediante Doppler CW en la vista que proporciona el ángulo de interrogación más en línea para estimar la presión de la AP. Si cualquiera de estas medidas sugiere hipertensión arterial pulmonar, las imágenes adicionales deben confirmar la ausencia de obstrucción del TSVD (Figuras 33A y 33B), que puede contribuir a velocidades Doppler anormales. Si persiste la sospecha de hipertensión pulmonar en pacientes con CIV congénita, recomendamos la derivación a un centro de excelencia de cardiopatía congénita en adultos,⁷² ya que el paciente puede tener síndrome de Eisenmenger con hipertensión arterial pulmonar irreversible y, por lo tanto, no es candidato para el cierre de la CIV.

Vistas ME. La vista ME de cuatro cámaras a 0°, que se desplaza de anterior a posterior en el septo con flexión y anteflexión suaves, puede demostrar una CIV muscular apical, media o basilar congénita o adquirida, pero no es ideal para malformaciones musculares anteriores. El mal ángulo de interrogación Doppler desde esta vista rara vez estimará la presión de la AP de manera confiable; sin embargo, puede ser posible una muestra del chorro de RT.

La vista ME SAX de la AV de 45° a 60° mostrará una CIV permanente en la posición de las 7 a 8 inmediatamente adyacente al valva septal de la VT (Figura 33B).

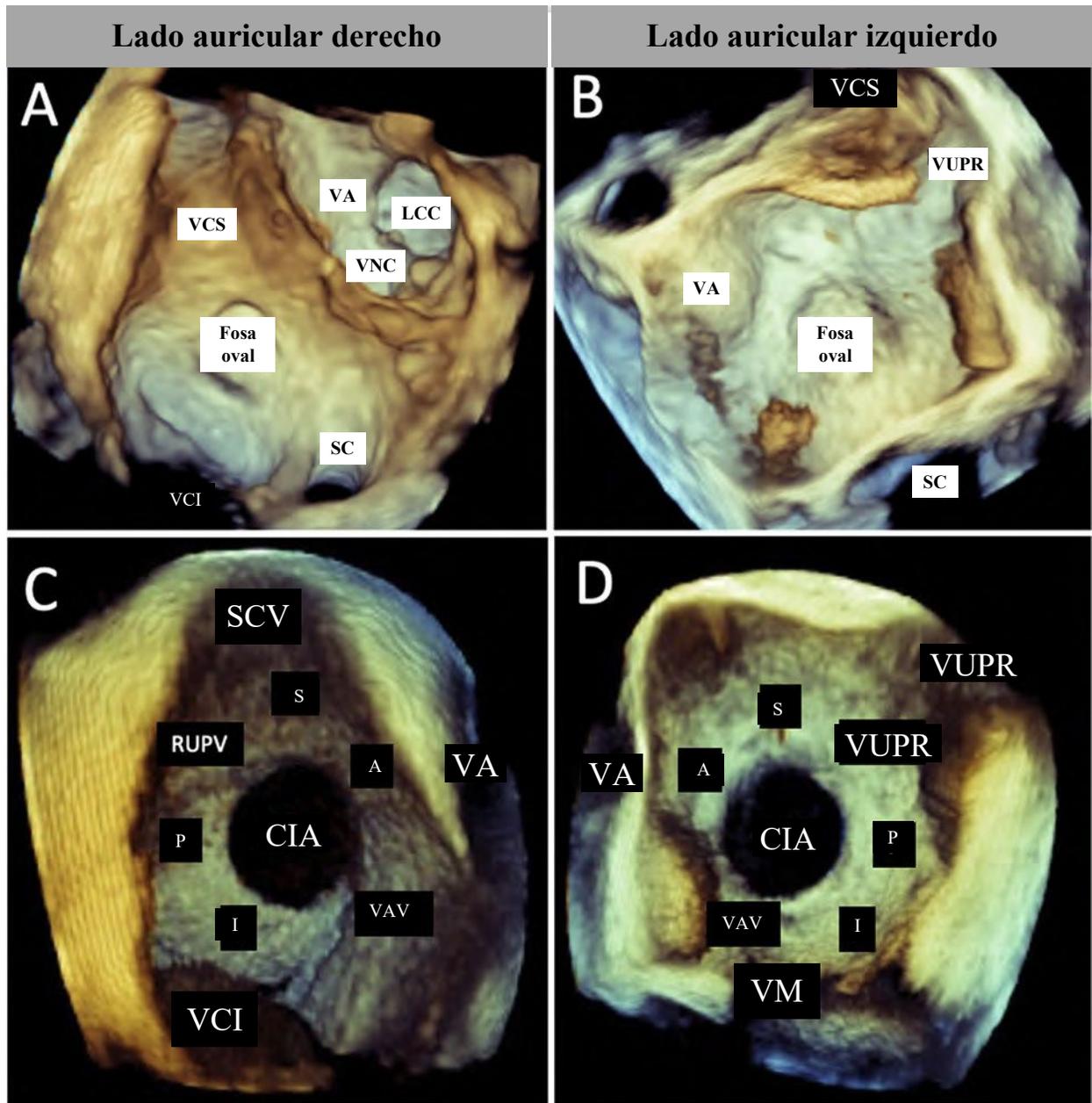


Figura 31 Bordes de la CIA: estos volúmenes 3D muestran el SIA intacto (**A**, desde la vista auricular derecha; **B**, desde la vista auricular izquierda) y una CIA secundaria grande (**C**, desde la vista auricular derecha; **D**, desde la vista auricular izquierda). Los bordes se identifican por su ubicación anatómica y se miden desde la CIA hasta las estructuras adyacentes: borde superior (S), en la VCS; borde aórtico (A), el borde anterior/superior adyacente a la raíz aórtica; borde de la válvula auriculoventricular (VAV), el borde anterior/inferior adyacente a las válvulas auriculoventriculares; borde inferior (I), el borde posterior/inferior adyacente a la VCI y más difícil de visualizar mediante imágenes de ETE; y borde posterior (P), medido en la pared auricular posterior, a menudo adyacente a las venas pulmonares. SC: seno coronario; SIA: septum interauricular; LCC: valva coronaria izquierda; VNC: valva no coronaria; VPSD: vena pulmonar superior derecha.

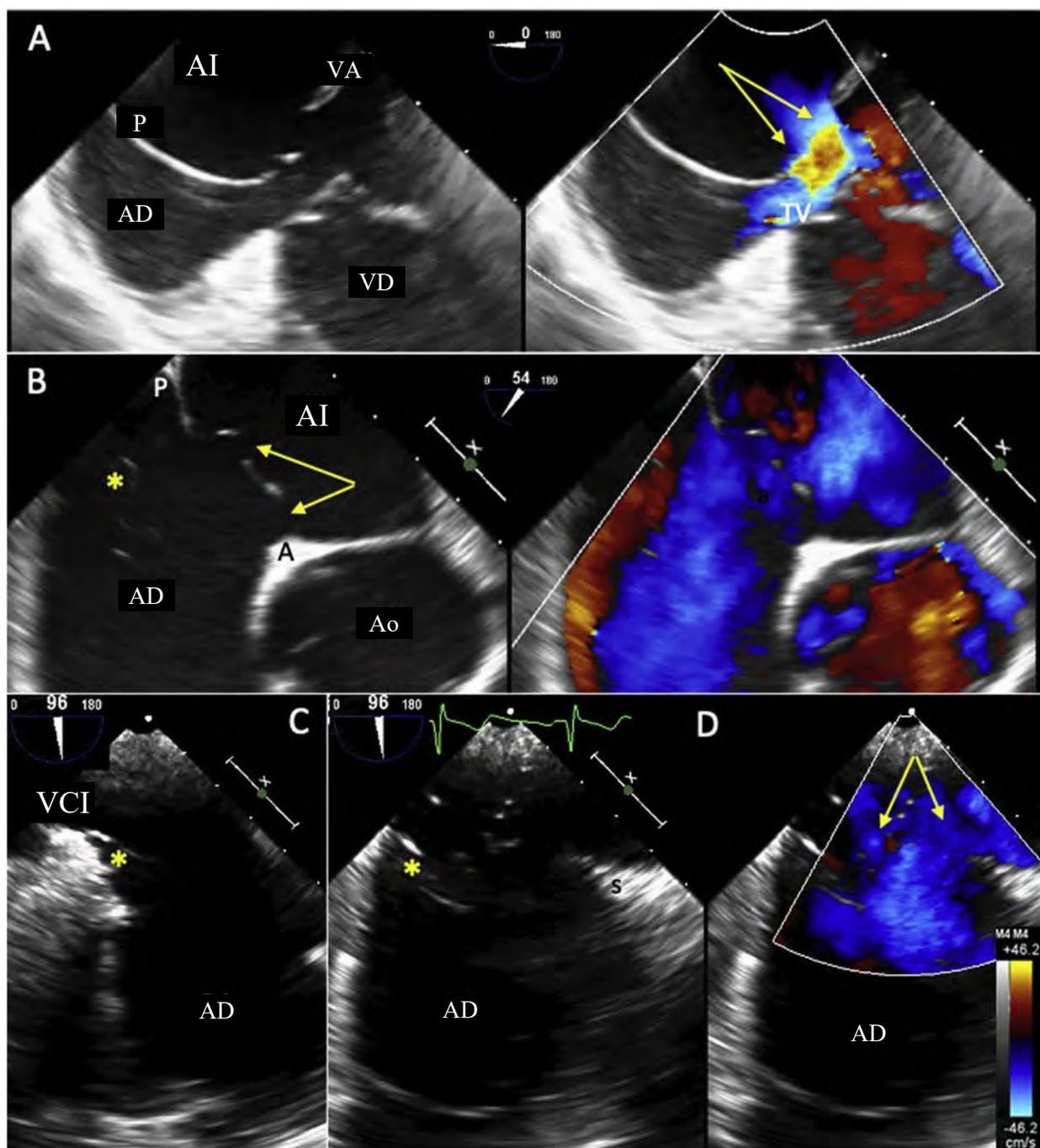
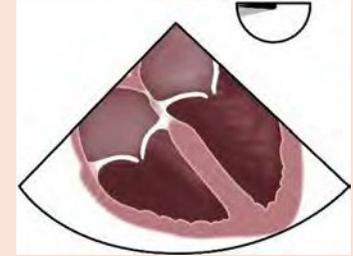
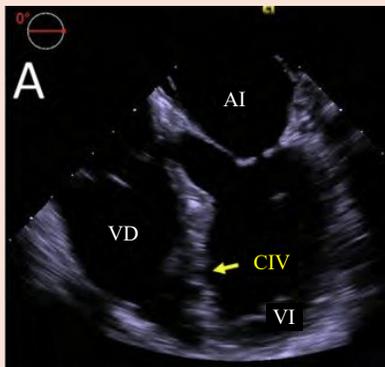
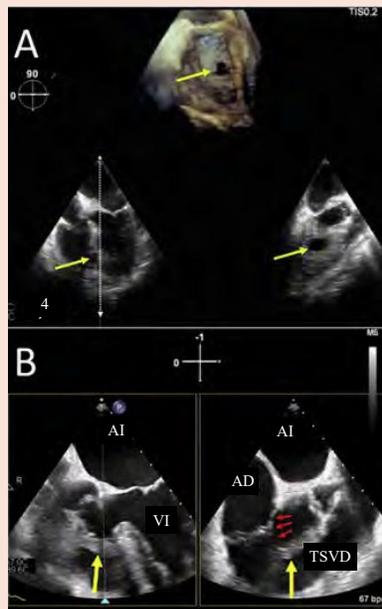
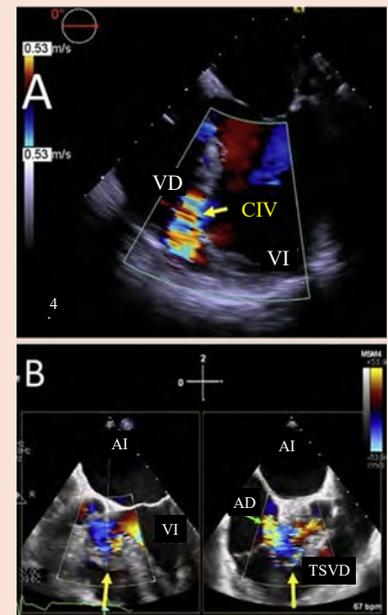


Figura 32 CIA secundarias complejas. CIA secundaria de tamaño moderado (A) con septum primario aneurismático y fenestraciones (*flechas amarillas*). El aneurisma se ve extendiéndose casi hasta la VT. Otro septum primario aneurismático y con múltiples fenestraciones (B–D), que está separado de una red de Chiari adyacente (*asterisco*). En la posición de eje largo esofágico bajo (C), la inserción de la red de Chiari (*asterisco*) se observa en posición anterior a la VCI, separada del borde inferior de la CIA. La imagen de comparación en color (D) muestra una derivación de izquierda a derecha a través de múltiples fenestraciones (*flechas amarillas*) en el septo primario, lo que puede ser difícil de diferenciar de la red filamentososa de Chiari. Ambos casos fueron susceptibles de cierre del dispositivo transcáteter. Los bordes de la CIA se indican donde son visibles: A: aórtico; AV: auriculoventricular; P: posterior; S: superior desde las diversas vistas esofágicas media y baja.

Tabla 10 Protocolo de obtención de imágenes del septo interventricular**Nivel de imágenes: ME 0°-30°****Protocolo de adquisición:**

- Posición ME 0°-30° con avance de la sonda, retracción y barrido anterior-posterior para el septo muscular/CIV.
- Malformaciones del CAV observadas en el nivel de las válvulas auriculoventriculares.

**Imágenes planas****Imágenes volumétricas****Imágenes funcionales**

A. Se pueden obtener imágenes de una CIV muscular desde las vistas ME del septo interventricular.

B. La imagen triplanar muestra el rostro.

A. La imagen triplanar muestra la CIV 3D frontal (*flecha amarilla*) en la imagen superior, con imágenes biplanares 2D de las malformaciones desde la vista apical de 4 cám. y la imagen ortogonal del septo interventricular.

B. Imágenes biplanares de una CIV membranosa (*flecha amarilla*) y un ATM asociada (*flechas rojas*) formadas por la valva septal de la VT.

A. Las imágenes Doppler color de la CIV muscular confirman la dirección del flujo turbulento, pero es posible que el Doppler CW no esté alineado de manera óptima para evaluar las velocidades y los gradientes máximos.

B. Imágenes biplanares con Doppler color de la misma CIV membranosa que en el panel de imágenes volumétricas **B** con flujo turbulento a través de la CIV (*flecha amarilla*) y la RT (*flecha verde*).

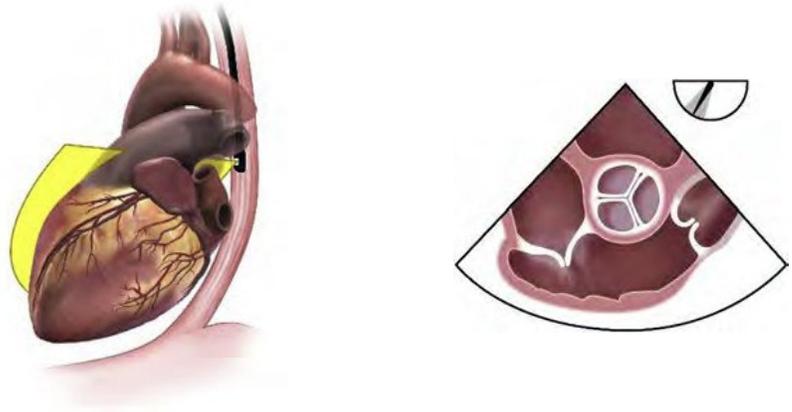
(continuación)

Tabla 10 (continuación)

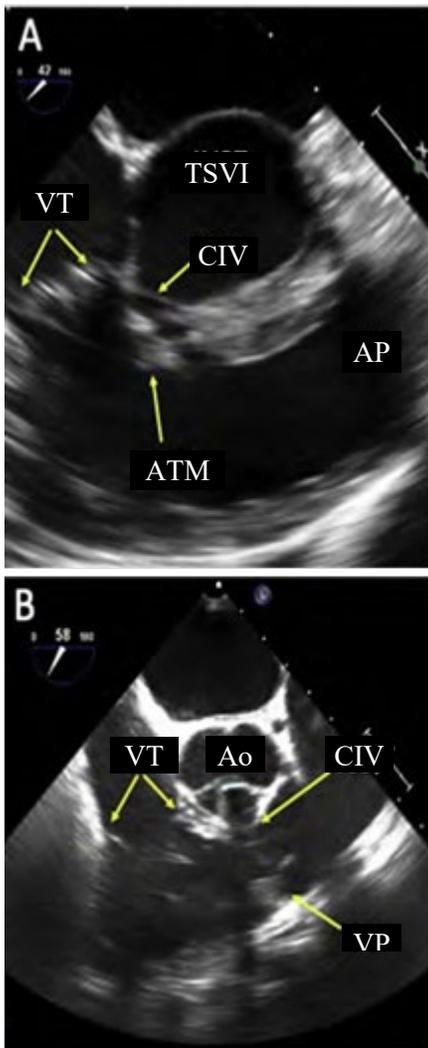
Nivel de imágenes: ME SAX 40°-65°

Protocolo de adquisición:

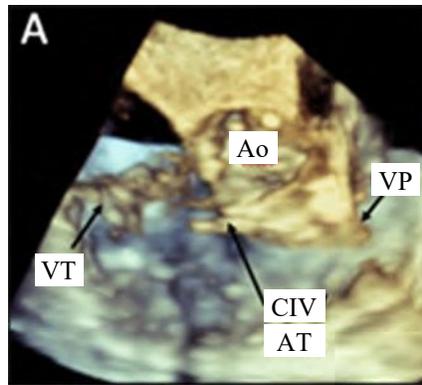
- Desde la vista ME 40°-65°, con anteflexión y rotación de la sonda en sentido horario o antihorario, se puede lograr una mejor alineación para la visualización y una evaluación Doppler exhaustiva del chorro de la CIV y/o el chorro de la RT.
- El avance de la sonda (luego posicionando el TSVD perpendicular al haz de ecografía) puede permitir la visualización y la evaluación Doppler de una CIV subpulmonar.



Imágenes planas



Imágenes volumétricas



Imágenes funcionales

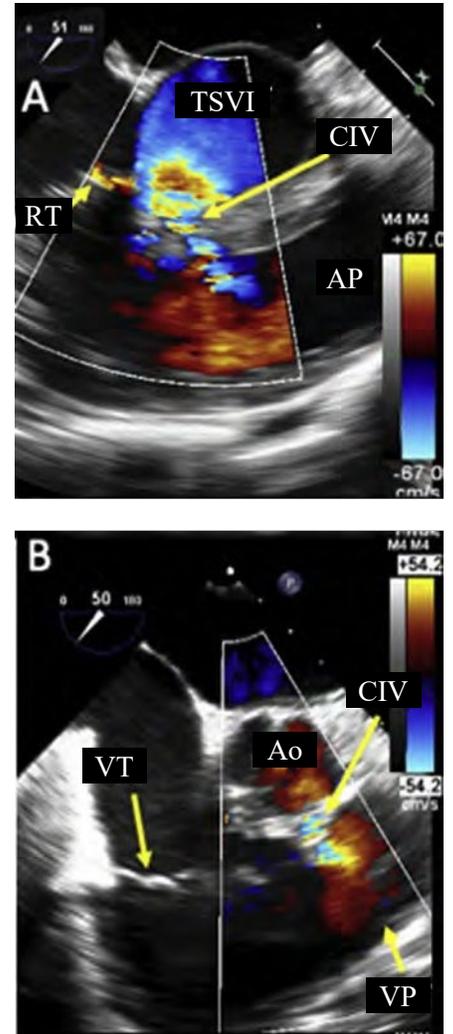
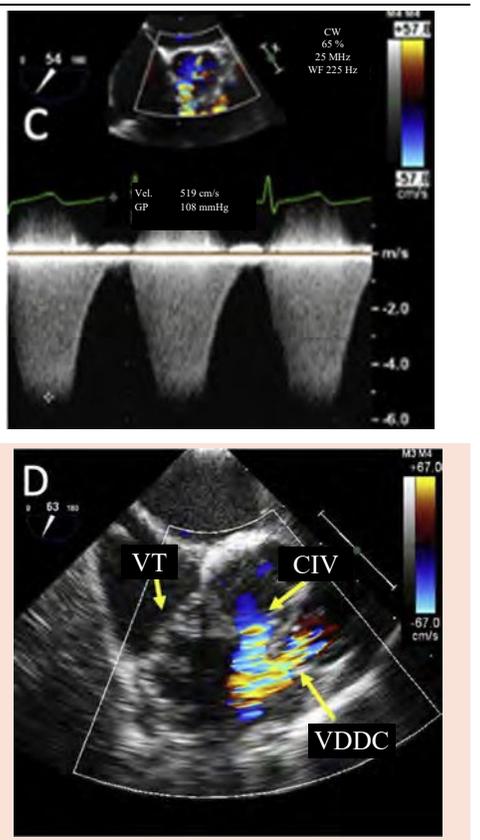


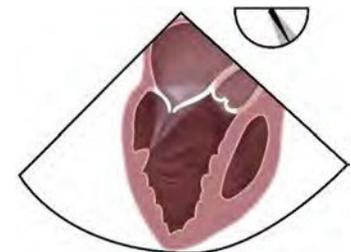
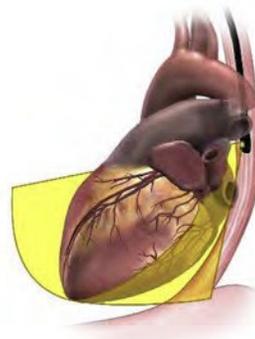
Tabla 10 (continuación)

Imágenes planas	Imágenes volumétricas	Imágenes funcionales
		
<p>A. Se visualizará un CIV membranoso detrás del valva septal de la TV, incluido el ATM, si está presente, que frecuentemente involucra tejido de TV.</p> <p>B. Por el contrario, la CIV subpulmonar se coloca inmediatamente debajo de la VP, a distancia de la TV.</p>	<p>A. La obtención de imágenes tridimensionales se logra mejor desde la posición ME. La calidad de la imagen puede verse comprometida por el ATM delgado e hiper móvil que se observa comúnmente con la CIV membranosa.</p>	<p>A. El Doppler color muestra el tamaño de la ubicación de la CIV membranosa, y la presencia a menudo de múltiples fenestraciones en ATM.</p> <p>B. Doppler color del chorro de la CIV subpulmonar por debajo de la VP.</p> <p>C. Doppler espectral a través de la CIV sin contaminación del chorro de la RT, que está en la dirección opuesta. La alta velocidad del chorro de la CIV sugiere una presión en la AP estimada normal.</p> <p>D. El color que se altera a través de las ondas infundibulares (área subpulmonar) alerta sobre la presencia del VDDC.</p>

Nivel de imágenes: Vista ME del eje largo de la aorta de 110° a 150°

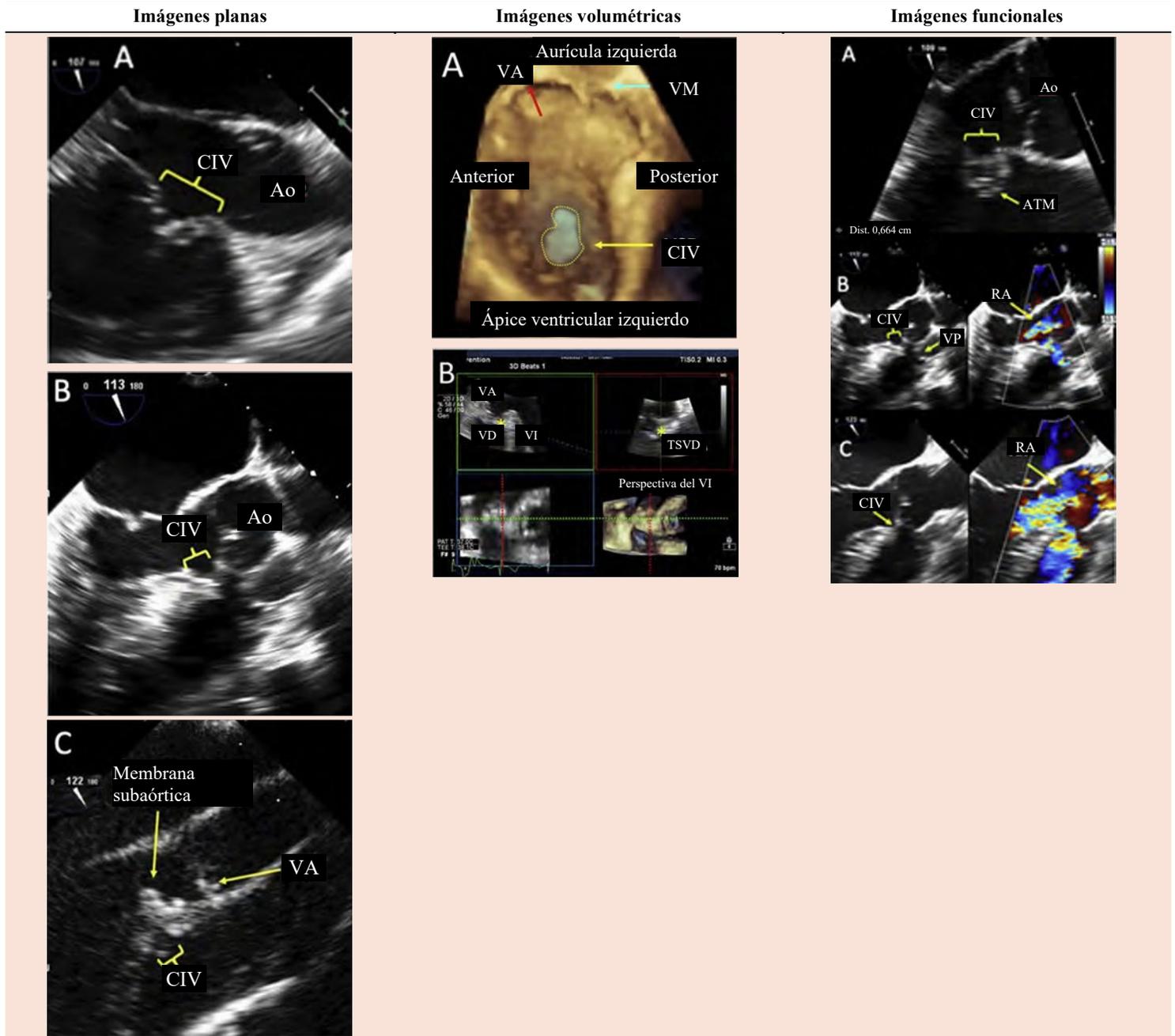
Protocolo de adquisición:

- Maniobra: avance, anteflexión
- La angulación desde 110°–150° y/o la rotación de la sonda en sentido horario a la válvula VT y en sentido antihorario a la VP puede lograr una visualización óptima de la CIV membranosa y subpulmonar y la proximidad a las valvas Ao.



(continuación)

Tabla 10 (continuación)



- A. CIV membranosa con un ATM, inmediatamente por debajo de la VA, pero posterior y distante de la VP (no se muestra).
- B. CIV subpulmonar ubicada inmediatamente debajo de la VA y la VP.
- C. Membrana subaórtica, asociada con CIV membranosa, en el TSVI

- A. Las imágenes tridimensionales de la vista ME muestran una CIV muscular (descrita en *amarillo*) frontal, lo que permite una evaluación del tamaño y la forma de la malformación.
- B. Se puede realizar una reconstrucción multiplanar tridimensional para visualizar la malformación frontal. En este ejemplo, hay una malformación septal membranosa muy pequeña (*asterisco amarillo*), que se alineó en el eje corto y en vistas 3D usando los planos ortogonal verde y rojo.

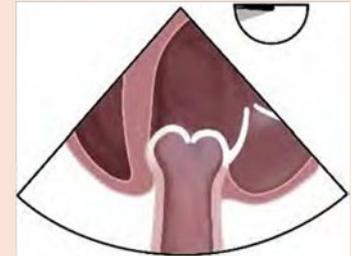
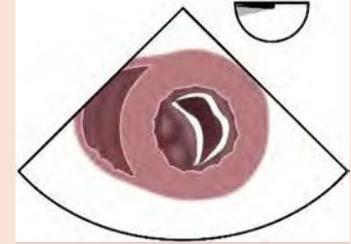
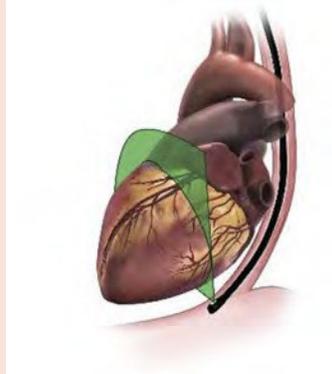
- A. La distancia entre una CIV membranosa y la VA y/o el ATM es importante para el cierre transcatóter.
- B. Prolapso de la VA y regurgitación en el caso de la CIV subpulmonar con chorro dirigido por debajo de la VP. Es posible que la derivación de la CIV sistólica y la regurgitación diastólica no se observen en el mismo cuadro.
- C. El prolapso de la VA casi ocluye esta CIV membranosa. Tenga en cuenta que la VP no se ve en esta imagen.

(continuación)

Tabla 10 (continuación)

Protocolo de adquisición:

- Flexión avanzada y fuerte, rotación 0°–60° para demostrar el TSVI y la CIV membranosa.
- Rotación hacia la izquierda para mostrar el TSVD y el VDDC.



Imágenes planas

Imágenes volumétricas

Imágenes funcionales

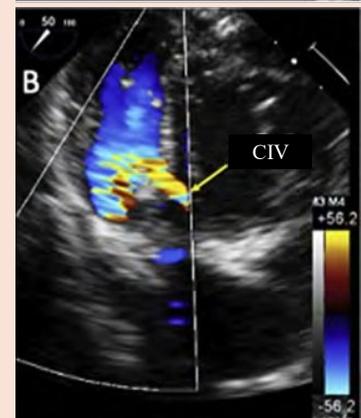
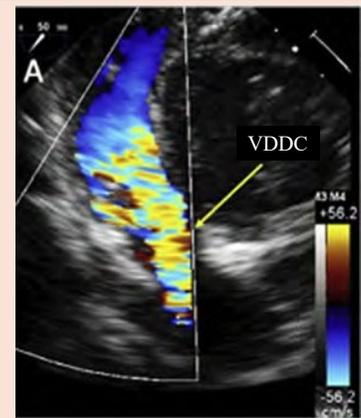
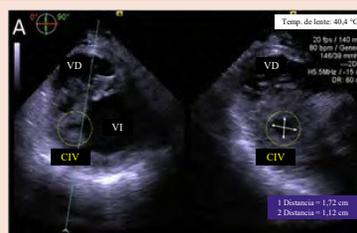
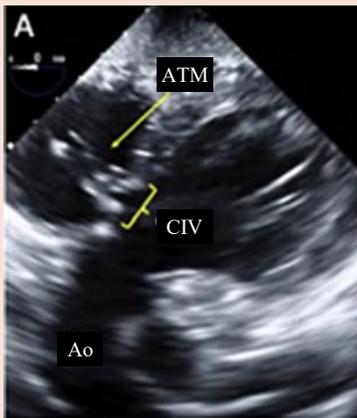
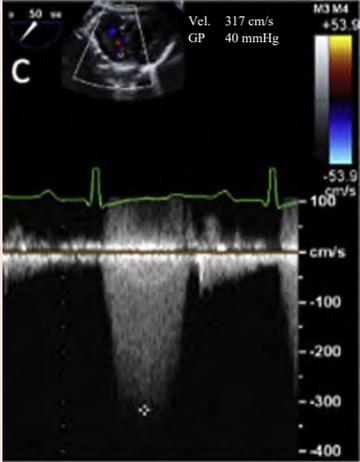


Tabla 10 (continuación)

Imágenes planas	Imágenes volumétricas	Imágenes funcionales
<p>A. La CIV y el ATM membranosos pueden visualizarse desde las TG entre 0° y 60°.</p> <p>B. Desde las vistas TG del SAX (0°) se puede obtener una imagen clara de la CIV muscular con deserción ecocardiográfica del septo interventricular (flecha amarilla).</p>	<p>A. Ahora se obtiene una imagen del mismo paciente en el panel de imágenes planares B utilizando el modo biplano con el SAX de la CIV obtenido en la vista ortogonal.</p>	 <p>A. Se demostró al VDDC como un solapamiento del color en la región subpulmonar debido al estrechamiento del hueso infundibular.</p> <p>B. La rotación de la sonda demuestra el chorro de la CIV membranososa separado del flujo TSVD.</p> <p>C. Gradiente espectral máximo Doppler obtenido en alineación ideal desde esta vista.</p>

4 cám.: cuatro cámaras; ATM: aneurisma del septo membranosos; Ao: aorta; CAV: canal auriculoventricular; VDDC: ventrículo derecho de doble cámara; AI: aurícula izquierda; VT: ventrículo izquierdo; TSVD: tracto de flujo de salida del ventrículo izquierdo; GP: gradiente de presión; AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho; Vel.: velocidad.

Estas malformaciones pueden mostrar tejido accesorio aneurismático asociado con la VT y/o el aneurisma del septo membranosos, lo que produce una derivación auricular variable de la RT y/o la derivación ventricular izquierda a la aurícula derecha. Los aneurismas del septo membranosos pueden tener múltiples malformaciones dentro del tejido que pueden ser difíciles de delinear individualmente debido a la hipermovilidad del tejido delgado. En estos casos se puede realizar el cierre transcáteter y, de hecho, la colocación del dispositivo dentro del aneurisma puede ser un enfoque preferible para reducir aún más el bajo riesgo de bloqueo cardíaco completo que se describe con el cierre de la CIV perimembranosa quirúrgica.¹⁶³ Se debe realizar la interrogación Doppler color y espectral de la malformación, así como el chorro de la RT; es crucial diferenciar la RT de la CIV para evitar la sobreestimación de la presión en la AP. La vista de 45° a 60° también demostrará la RA, lo que posiblemente indica un prolapso de la VA, que está asociado con la CIV permanente y requiere intervención quirúrgica en lugar de transcáteter.

La vista ME de eje largo de la VA a 110° a 150° es ortogonal a la primera vista recomendada, es importante para evaluar el tamaño de la malformación y puede proporcionar un mejor ángulo para la obtención de muestras mediante Doppler espectral. Esta vista es ideal para medir la distancia de la malformación desde la inserción de la VA, ya que representa el borde superior que se necesitará para colocar un dispositivo. Con el amplio rango actual de ocluidores septales, tapones vasculares y dispositivos CIV asimétricos, el cierre transcáteter puede ser posible incluso con bordes subaórticos mínimos. El prolapso de la VA puede apreciarse fácilmente en esta vista como la distorsión de la comisura coronaria derecha o no coronaria y la RA asociada debido al efecto Venturi.^{164,165} El prolapso de la

VA sin regurgitación no exige el cierre de la CIV si la malformación no justifica el cierre de otro modo.¹⁶⁵

Vistas TG. Desde la ubicación TG, se puede evaluar la totalidad del septo muscular en incrementos de 15° que cubran desde la base hasta el ápice. Esta es la posición ideal para identificar y caracterizar la mayoría de los tipos de CIV musculares congénitos y adquiridos. Estas malformaciones pueden ser serpentinadas, tener múltiples puntos de salida dentro de las trabeculaciones del VD y se caracterizan mejor desde un ángulo que muestra la mayor parte de la malformación en el eje largo. La delimitación del tejido circundante y el diámetro máximo informarán la solicitud de cierre del dispositivo.

Obtención de imágenes tridimensionales. Se pueden obtener imágenes tridimensionales del nivel de ETE que demuestre la CIV más claramente en las imágenes 2D. Las vistas frontales de las zonas del VD y el VI, y la vista ME de cuatro cámaras muestran mejor las características anatómicas.¹⁶⁶ Las imágenes 3D en tiempo real muestran los cambios dinámicos en el tamaño y la forma de la malformación tanto de la zona ventricular izquierda como derecha para facilitar la selección del dispositivo.

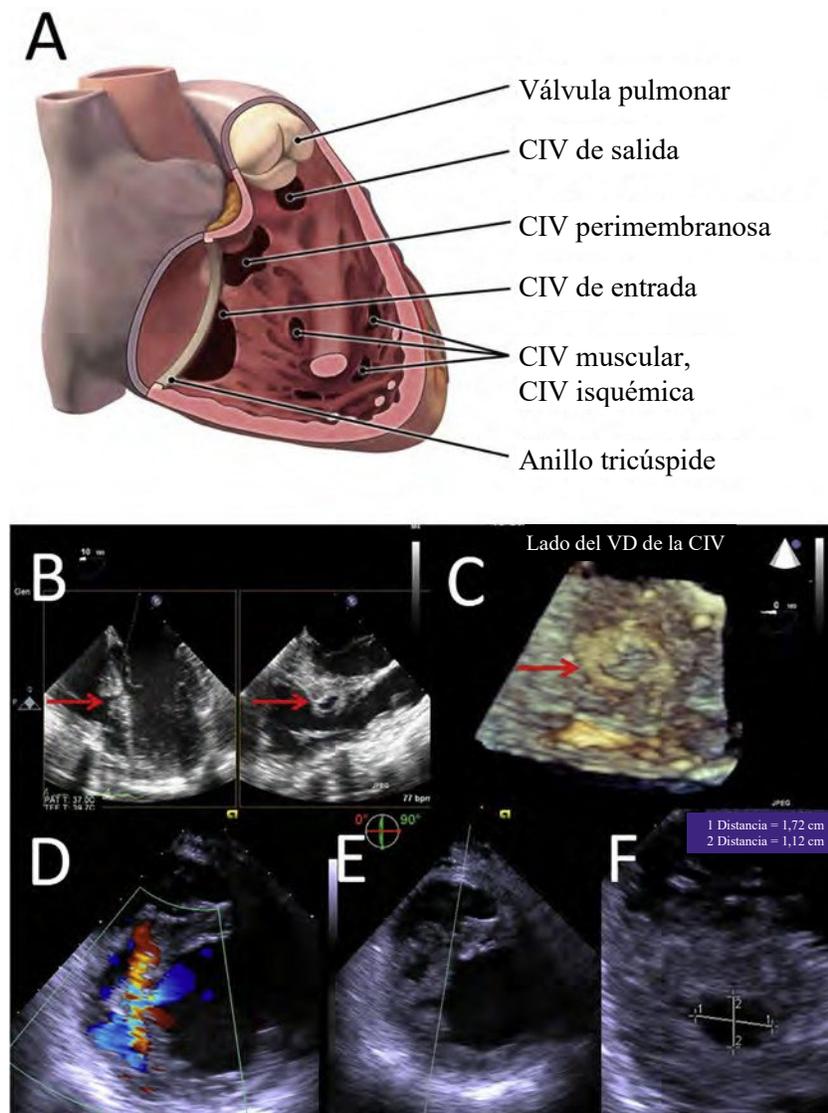


Figura 33 Clasificación de la CIV. Las CIV pueden estar ubicadas en cualquier lugar dentro del septo (A). Las CIV musculares pueden ser congénitas o una consecuencia de traumatismo (B, C) o infarto de miocardio (D–F). A diferencia de los otros tipos de CIV, estas malformaciones generalmente están rodeadas de miocardio y, por lo tanto, suelen ser susceptibles de cierre del dispositivo. La forma dinámica y el tamaño de las malformaciones deben caracterizarse por ecocardiografías 2D (B), 3D (C) y Doppler color (D) desde las vistas ME y TG.

CONCLUSIÓN

Las pautas actuales del Colegio Estadounidense de Cardiología y la Asociación Estadounidense del Corazón sugieren que los ecocardiógrafos que son miembros de equipos multidisciplinarios que cuidan a los pacientes con enfermedad cardíaca estructural deben tener experiencia en valvulopatía y transcáteter, así como en intervenciones quirúrgicas, independientemente de que guíen o no los procedimientos.⁴ El presente documento es una guía de referencia centrada en la adquisición de imágenes esenciales de ETE para la evaluación de la enfermedad cardíaca estructural antes de la intervención. Estos protocolos de obtención de imágenes están diseñados para facilitar la toma de decisiones compartida del equipo multidisciplinario al identificar (1) el mecanismo de la disfunción estructural o valvular, (2) la hemodinámica y la gravedad anatómica de la enfermedad y (3) las características anatómicas específicas que pueden determinar la candidatura para la intervención.

AVISO Y EXENCIÓN DE RESPONSABILIDAD: ASE pone a disposición este informe como una fuente de referencia de cortesía para los miembros. Este informe contiene únicamente recomendaciones y no debe utilizarse únicamente para tomar decisiones sobre la práctica médica ni para medidas disciplinarias contra ningún empleado. Las declaraciones y recomendaciones contenidas en este informe se basan principalmente en las opiniones de expertos y no en datos científicamente verificados. La ASE no ofrece garantías expresas ni implícitas con respecto a la integridad o precisión de la información incluida en este informe, incluida la garantía de comerciabilidad o aptitud para un propósito en particular. En ningún caso, la ASE será responsable ante usted, sus pacientes o cualquier otro tercero por cualquier decisión tomada o medida tomada por usted u otras partes en relación con esta información. El uso de esta información tampoco constituye la oferta de asesoramiento médico por parte de la ASE ni crea una relación médico-paciente entre la ASE y sus pacientes o cualquier otra persona.

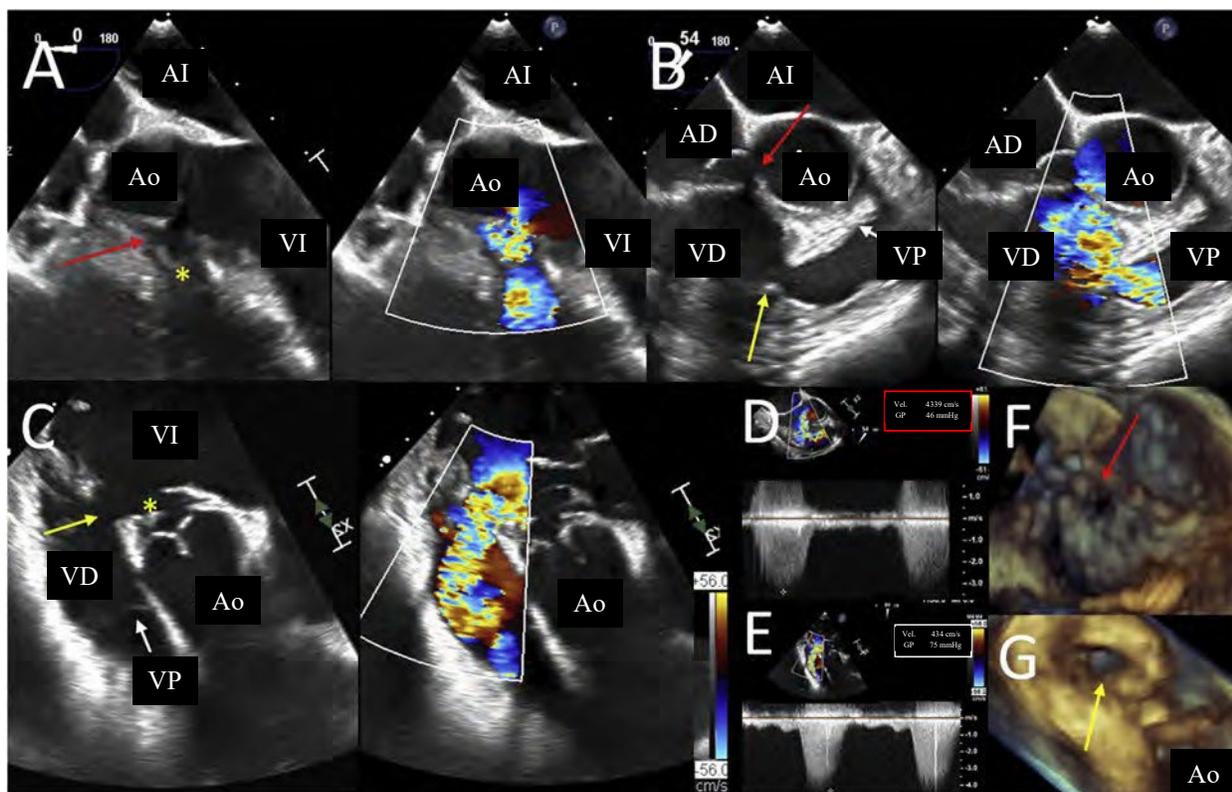


Figura 34 Comunicación interventricular perimembranosa (CIV) y ventrículo derecho de doble cámara (VDDC). La CIV perimembranosa a veces, pero no siempre, es susceptible al cierre transcatóter. En este ejemplo, las imágenes medioesofágicas (ME) (paneles **A**, **B**) demuestran la CIV (*flecha roja*), la proximidad a la válvula aórtica, la presencia de aneurisma del septo membranoso (*) y el tamaño y la forma de la malformación. (**B**) Se observa estrechamiento del infundíbulo debido al VDDC (*flecha amarilla*), así como solapamiento del color, por debajo de la válvula pulmonar. (**C**) Las vistas transgástricas profundas (DT) permiten obtener una imagen más clara del infundíbulo angosto (*médula amarilla*) y del aneurisma del septo membranoso (asterisco amarillo) con flujo Doppler color a través del infundíbulo alineado con el haz de ecografía. La presión sistólica en el VD se estima mediante Doppler CW a través de la CIV; sin embargo, desde ME ve que el gradiente de la CIV medida es bajo a 45 mm Hg (panel **D**). El gradiente Doppler del VDDC máximo se mide desde la vista DT (panel **E**, consulte también las Figuras 22A y B) y, en este caso, es grave y dio lugar al gradiente de CIV bajo. Estos hallazgos son indicativos de hipertensión arterial ventricular derecha, pero no pulmonar. Las imágenes ME 3D muestran la CIV vista desde la raíz aórtica (*flecha roja*, **F**) y las imágenes DT 3D muestran la estenosis infundibular grave debido al VDDC (*flecha amarilla*, **G**). Este paciente no era candidato para cierre transcatóter, sino que fue enviado para cirugía debido al VDDC y a la proximidad de la malformación a la válvula aórtica. *Ao*: aorta; *VP*: válvula pulmonar.

RECONOCIMIENTOS

Este documento fue revisado por los miembros del Comité de Directrices y Normas de la ASE 2020-2021, la Junta Directiva de la ASE, el Comité Ejecutivo de la ASE y los revisores designados. Los revisores incluyeron Dr. Piers Barker, FASE, Scott Choyce, RDCS FASE, Dra. Meryl Cohen, FASE, Dr. Benjamin Freed, FASE, Dr. Edward Gill, FASE, Dr. David Harrild, FASE, Lanqi Hua SCA, APCA RDCS FASE, Dra. Renuka Jain, FASE, Dr. Thomas Johnson, FASE, Dr. William Katz, FASE, Dr. Anuj Mediratta, FASE, Dr. David Orsinelli, FASE, Dra. Anitha Parthiban, FASE, Dr. Alan S. Pearlman, FASE, Dr. Andrew Pellett, PhD, RDCS FASE, Dr. Min Pu, PhD, FASE, Dr. Geoffrey A. Rose, FASE, Dr. David H. Wiener, FASE, Dra. Malissa Wood, FASE.

REFERENCIAS

- 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.
- Wieggers SE, Ryan T, Arrighi JA, Brown SM, Canaday B, Damp JB, et al. 2019 ACC/AHA/ASE advanced training statement on echocardiography (revision of the 2003 ACC/AHA clinical competence statement on echocardiography): a report of the ACC Competency Management Committee. *J Am Soc Echocardiogr* 2019;32:919-43.
- Hahn RT, Mahmood F, Kodali S, Lang R, Monaghan M, Gillam LD, et al.

- Core competencies in echocardiography for imaging structural heart disease interventions: an expert consensus statement. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:2560-70.
4. Otto CM, Nishimura RA, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP III, Gentile F, et al. 2020 ACC/AHA guideline for the management of patients with valvular heart disease: executive summary: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol* 2021;77:450-500.
 5. Quinones MA, Douglas PS, Foster E, Gorcsan J III, Lewis JF, Pearlman AS, et al. ACC/AHA clinical competence statement on echocardiography: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association/American College of Physicians-American Society of Internal Medicine Task Force on Clinical Competence. *J Am Soc Echocardiogr* 2003; 16:379-402.
 6. Zoghbi WA, Adams D, Bonow RO, Enriquez-Sarano M, Foster E, Grayburn PA, et al. Recommendations for noninvasive evaluation of native valvular regurgitation: a report from the American Society of Echocardiography developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2017;30: 303-71.
 7. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Edvardsen T, Goldstein S, et al. Recommendations on the echocardiographic assessment of aortic valve stenosis: a focused update from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2017;30:372-92.
 8. Lang RM, Badano LP, Mor-Avi V, 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.
 9. Ozpelit E, Akdeniz B, Ozpelit EM, Tas S, Alpaslan E, Bozkurt S, et al. Impact of severe tricuspid regurgitation on accuracy of echocardiographic pulmonary artery systolic pressure estimation. *Echocardiography* 2015;32:1483-90.
 10. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, Hua L, Handschumacher MD, Chandrasekaran K, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713; quiz 86-8.
 11. Lang RM, Badano LP, Tsang W, Adams DH, Agricola E, Buck T, et al. EAE/ASE recommendations for image acquisition and display using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2012;25:3-46.
 12. Badano LP, Agricola E, Perez de Isla L, Gianfagna P, Zamorano JL. Evaluation of the tricuspid valve morphology and function by transthoracic real-time three-dimensional echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:477-84.
 13. Faletra FF, Ramamurthi A, Dequarti MC, Leo LA, Moccetti T, Pandian N. Artifacts in three-dimensional transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2014;27:453-62.
 14. Yoon SH, Schmidt T, Bleiziffer S, Schofer N, Fiorina C, Munoz-Garcia AJ, et al. Transcatheter aortic valve replacement in pure native aortic valve regurgitation. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:2752-63.
 15. Hensey M, Murdoch DJ, Sathananthan J, Alenezi A, Sathananthan G, Moss R, et al. First-in-human experience of a new-generation transfemoral transcatheter aortic valve for the treatment of severe aortic regurgitation: the J-Valve transfemoral system. *EuroIntervention* 2019;14: e1553-5.
 16. Seiffert M, Bader R, Kappert U, Rastan A, Krapf S, Bleiziffer S, et al. Initial German experience with transapical implantation of a second-generation transcatheter heart valve for the treatment of aortic regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv* 2014;7:1168-74.
 17. Hahn RT, Nicoara A, Kapadia S, Svensson L, Martin R. Echocardiographic imaging for transcatheter aortic valve replacement. *J Am Soc Echocardiogr* 2018;31:405-33.
 18. Ho SY. Structure and anatomy of the aortic root. *Eur J Echocardiogr* 2009;10:i3-10.
 19. Anderson RH. Clinical anatomy of the aortic root. *Heart* 2000;84: 670-3.
 20. Maeno Y, Abramowitz Y, Kawamori H, Kazuno Y, Kubo S, Takahashi N, et al. A highly predictive risk model for pacemaker implantation after TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017;10:1139-47.
 21. Goldstein SA, Evangelista A, Abbara S, Arai A, Asch FM, Badano LP, et al. Multimodality imaging of diseases of the thoracic aorta in adults: from the American Society of Echocardiography and the European Association of Cardiovascular Imaging: endorsed by the Society of Cardiovascular Computed Tomography and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Soc Echocardiogr* 2015;28:119-82.
 22. Clavel MA, Malouf J, Messika-Zeitoun D, Araoz PA, Michelena HI, Enriquez-Sarano M. Aortic valve area calculation in aortic stenosis by CT and Doppler echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015;8: 248-57.
 23. Malouf J, Le Tourneau T, Pellikka P, Sundt TM, Scott C, Schaff HV, et al. Aortic valve stenosis in community medical practice: determinants of outcome and implications for aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2012;144:1421-7.
 24. Thaden JJ, Nkomo VT, Lee KJ, Oh JK. Doppler imaging in aortic stenosis: the importance of the nonapical imaging windows to determine severity in a contemporary cohort. *J Am Soc Echocardiogr* 2015;28: 780-5.
 25. Bernard Y, Meneveau N, Vuilleminot A, Magnin D, Anguinet T, Schiele F, et al. Planimetry of aortic valve area using multiplane transoesophageal echocardiography is not a reliable method for assessing severity of aortic stenosis. *Heart* 1997;78:68-73.
 26. Shirazi S, Golmohammadi F, Tavooosi A, Salehi M, Larti F, Sardari A, et al. Quantification of aortic valve area: comparison of different methods of echocardiography with 3-D scan of the excised valve. *Int J Cardiovasc Imaging* 2021;37:529-38.
 27. Anger T, Bauer V, Plachtzik C, Geisler T, Gawaz MP, Oberhoff M, et al. Non-invasive and invasive evaluation of aortic valve area in 100 patients with severe aortic valve stenosis: comparison of cardiac computed tomography with echo (transesophageal/transsthoracic) and catheter examination. *J Cardiol* 2014;63:189-97.
 28. Klass O, Walker MJ, Olszewski ME, Bahner J, Feuerlein S, Hoffmann MH, et al. Quantification of aortic valve area at 256-slice computed tomography: comparison with transesophageal echocardiography and cardiac catheterization in subjects with high-grade aortic valve stenosis prior to percutaneous valve replacement. *Eur J Radiol* 2011;80:151-7.
 29. Boodhwani M, de Kerchove L, Glineur D, Poncelet A, Rubay J, Astarci P, et al. Repair-oriented classification of aortic insufficiency: impact on surgical techniques and clinical outcomes. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009; 137:286-94.
 30. Rusted IE, Scheffley CH, Edwards JE. Studies of the mitral valve. I. Anatomic features of the normal mitral valve and associated structures. *Circulation* 1952;6:825-31.
 31. Perloff JK, Roberts WC. The mitral apparatus. Functional anatomy of mitral regurgitation. *Circulation* 1972;46:227-39.
 32. Ho SY. Anatomy of the mitral valve. *Heart* 2002;88(suppl 4):iv5-10.
 33. Faletra FF, Leo LA, Paiocchi VL, Caretta A, Viani GM, Schlossbauer SA, et al. Anatomy of mitral annulus insights from non-invasive imaging techniques. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:843-57.
 34. Levine RA, Handschumacher MD, Sanfilippo AJ, Hagege AA, Harrigan P, Marshall JE, et al. Three-dimensional echocardiographic reconstruction of the mitral valve, with implications for the diagnosis of mitral valve prolapse. *Circulation* 1989;80:589-98.
 35. Blanke P, Naoum C, Webb J, Dvir D, Hahn RT, Grayburn P, et al. Multimodality imaging in the context of transcatheter mitral valve replacement: establishing consensus among modalities and disciplines. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015;8:1191-208.
 36. Carpentier A. Cardiac valve surgery—the “French correction”. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983;86:323-37.
 37. Shah PM. Current concepts in mitral valve prolapse—diagnosis and management. *J Cardiol* 2010;56:125-33.
 38. Hyodo E, Iwata S, Tugcu A, Oe Y, Koczo A, Shimada K, et al. Accurate measurement of mitral annular area by using single and biplane linear measurements: comparison of conventional methods with the three-dimensional planimetric method. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2012;13:605-11.
 39. Wang W, Wang Z, Li J, Gong K, Zhao L, Tang G, et al. The impact of different geometric assumption of mitral annulus on the assessment of mitral regurgitation volume by Doppler method. *Cardiovasc Ultrasound* 2020;18:5.
 40. Sud K, Agarwal S, Parashar A, Raza MQ, Patel K, Min D, et al. Degenerative mitral stenosis: unmet need for percutaneous interventions. *Circulation* 2016;133:1594-604.
 41. Guerrero M, Urena M, Himbert D, Wang DD, Eleid M, Kodali S, et al. 1-year outcomes of transcatheter mitral valve replacement in patients with severe mitral annular calcification. *J Am Coll Cardiol* 2018;71: 1841-53.
 42. Russell HM, Guerrero ME, Salinger MH, Manzuk MA, Pursnani AK, Wang D, et al. Open atrial transcatheter mitral valve replacement in patients with mitral annular calcification. *J Am Coll Cardiol* 2018;72: 1437-48.

43. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J, Chambers JB, Evangelista A, Griffin BP, et al. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ ASE recommendations for clinical practice. *J Am Soc Echocardiogr* 2009;22:1-23; quiz 101-2.
44. Zamorano J, Cordeiro P, Sugeng L, Perez de Isla L, Weinert L, Macaya C, et al. Real-time three-dimensional echocardiography for rheumatic mitral valve stenosis evaluation: an accurate and novel approach. *J Am Coll Cardiol* 2004;43:2091-6.
45. Schlosshan D, Aggarwal G, Mathur G, Allan R, Cranney G. Real-time 3D transesophageal echocardiography for the evaluation of rheumatic mitral stenosis. *JACC Cardiovasc Imaging* 2011;4:580-8.
46. Quinones MA, Otto CM, Stoddard M, Waggoner A, Zoghbi WA. Recommendations for quantification of Doppler echocardiography: a report from the Doppler Quantification Task Force of the Nomenclature and Standards Committee of the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2002;15:167-84.
47. Abramowitz Y, Jiliahawi H, Chakravarty T, Mack MJ, Makkar RR. Mitral annulus calcification. *J Am Coll Cardiol* 2015;66:1934-41.
48. Bertrand PB, Mihos CG, Yucel E. Mitral annular calcification and calcific mitral stenosis: therapeutic challenges and considerations. *Curr Treat Options Cardiovasc Med* 2019;21:19.
49. Murphy DJ, Ge Y, Don CW, Keraliya A, Aghayev A, Morgan R, et al. Use of cardiac computerized tomography to predict neo-left ventricular outflow tract obstruction before transcatheter mitral valve replacement. *J Am Heart Assoc* 2017;6:e007353.
50. Vukicevic M, Mosadegh B, Min JK, Little SH. Cardiac 3D printing and its future directions. *JACC Cardiovasc Imaging* 2017;10:171-84.
51. Barasch E, Gottdiener JS, Larsen EK, Chaves PH, Newman AB, Manolio TA. Clinical significance of calcification of the fibrous skeleton of the heart and aortosclerosis in community dwelling elderly. The Cardiovascular Health Study (CHS). *Am Heart J* 2006;151:39-47.
52. Movva R, Murthy K, Romero-Corral A, Seetha Rammohan HR, Fumo P, Pressman GS. Calcification of the mitral valve and annulus: systematic evaluation of effects on valve anatomy and function. *J Am Soc Echocardiogr* 2013;26:1135-42.
53. Kohsaka S, Jin Z, Rundek T, Boden-Albala B, Homma S, Sacco RL, et al. Impact of mitral annular calcification on cardiovascular events in a multiethnic community: the Northern Manhattan Study. *JACC Cardiovasc Imaging* 2008;1:617-23.
54. Chu JW, Levine RA, Chua S, Poh KK, Morris E, Hua L, et al. Assessing mitral valve area and orifice geometry in calcific mitral stenosis: a new solution by real-time three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2008;21:1006-9.
55. Eleid MF, Foley TA, Said SM, Pislaru SV, Rihal CS. Severe mitral annular calcification: multimodality imaging for therapeutic strategies and interventions. *JACC Cardiovasc Imaging* 2016;9:1318-37.
56. Khan JM, Babaliarios VC, Greenbaum AB, Foerster JR, Yazdani S, McCabe JM, et al. Anterior Leaflet Laceration to Prevent Ventricular Outflow Tract Obstruction During Transcatheter Mitral Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:2521-34.
57. Khan JM, Babaliarios VC, Greenbaum AB, Foerster JR, Yazdani S, McCabe JM, et al. Correction: Anterior Leaflet Laceration to Prevent Ventricular Outflow Tract Obstruction During Transcatheter Mitral Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol* 2019;74:595.
58. El Sabbagh A, Reddy YNV, Nishimura RA. Mitral valve regurgitation in the contemporary era: insights into diagnosis, management, and future directions. *JACC Cardiovasc Imaging* 2018;11:628-43.
59. Adams DH, Rosenhek R, Falk V. Degenerative mitral valve regurgitation: best practice revolution. *Eur Heart J* 2010;31:1958-66.
60. Narang A, Addetia K, Weinert L, Yamat M, Shah AP, Blair JE, et al. Diagnosis of isolated cleft mitral valve using three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2018;31:1161-7.
61. Séguéla PE, Houyel L, Acar P. Congenital malformations of the mitral valve. *Arch Cardiovasc Dis* 2011;104:465-79.
62. Bonow RO, O'Gara PT, Adams DH, Badhwar V, Bavaria JE, Elmariah S, et al. 2020 focused update of the 2017 ACC expert consensus decision pathway on the management of mitral regurgitation: a report of the American College of Cardiology Solution Set Oversight Committee. *J Am Coll Cardiol* 2020;75:2236-70.
63. Bapat V, Rajagopal V, Meduri C, Farivar RS, Walton A, Duffy SJ, et al. Early experience with new transcatheter mitral valve replacement. *J Am Coll Cardiol* 2018;71:12-21.
64. Kagiya N, Mondillo S, Yoshida K, Mandoli GE, Cameli M. Subtypes of atrial functional mitral regurgitation: imaging insights into their mechanisms and therapeutic implications. *JACC Cardiovasc Imaging* 2020; 13:820-35.
65. Deferm S, Bertrand PB, Verbrugge FH, Verhaert D, Rega F, Thomas JD, et al. Atrial functional mitral regurgitation: JACC review topic of the week. *J Am Coll Cardiol* 2019;73:2465-76.
66. Nielsen SL, Nygaard H, Mandrup L, Fontaine AA, Hasenkam JM, He S, et al. Mechanism of incomplete mitral leaflet coaptation—interaction of chordal restraint and changes in mitral leaflet coaptation geometry. Insight from in vitro validation of the premise of force equilibrium. *J Biomech Eng* 2002;124:596-608.
67. Aruta P, Muraru D, Guta AC, Mihaila S, Ruozi N, Palermo C, et al. Comparison of mitral annulus geometry between patients with ischemic and non-ischemic functional mitral regurgitation: implications for transcatheter mitral valve implantation. *Cardiovasc Ultrasound* 2018;16:27.
68. Goebel B, Heck R, Hamadanchi A, Otto S, Doenst T, Jung C, et al. Vena contracta area for severity grading in functional and degenerative mitral regurgitation: a transoesophageal 3D colour Doppler analysis in 500 patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2018;19:639-46.
69. Fishbein GA, Fishbein MC. Tricuspid and pulmonic valve pathology. *Curr Cardiol Rep* 2019;21:54.
70. Taskesen T, Prabhu SJ, Steinberg ZL, Oxorn D, Gill EA. Feasibility of pulmonary valve imaging using transesophageal echocardiography upper esophageal view. *Echocardiography* 2019;36:930-7.
71. Marelli AJ, Mackie AS, Ionescu-Iltu R, Rahme E, Pilote L. Congenital heart disease in the general population: changing prevalence and age distribution. *Circulation* 2007;115:163-72.
72. Stout KK, Daniels CJ, Aboulhosen JA, Bozkurt B, Broberg CS, Colman JM, et al. 2018 AHA/ACC guideline for the management of adults with congenital heart disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation* 2019;139:e698-800.
73. Driscoll D, Allen HD, Atkins DL, Brenner J, Dunnigan A, Franklin W, et al. Guidelines for evaluation and management of common congenital cardiac problems in infants, children, and adolescents. A statement for healthcare professionals from the Committee on Congenital Cardiac Defects of the Council on Cardiovascular Disease in the Young, American Heart Association. *Circulation* 1994;90:2180-8.
74. Valente AM, Cook S, Festa P, Ko HH, Krishnamurthy R, Taylor AM, et al. Multimodality imaging guidelines for patients with repaired tetralogy of Fallot: a report from the American Society of Echocardiography: developed in collaboration with the Society for Cardiovascular Magnetic Resonance and the Society for Pediatric Radiology. *J Am Soc Echocardiogr* 2014;27:111-41.
75. Pellikka PA, Tajik AJ, Khandheria BK, Seward JB, Callahan JA, Pitot HC, et al. Carcinoid heart disease. Clinical and echocardiographic spectrum in 74 patients. *Circulation* 1993;87:1188-96.
76. Maciel BC, Simpson IA, Valdes-Cruz LM, Recusani F, Hoit B, Dalton N, et al. Color flow Doppler mapping studies of “physiologic” pulmonary and tricuspid regurgitation: evidence for true regurgitation as opposed to a valve closing volume. *J Am Soc Echocardiogr* 1991;4:589-97.
77. Puchalski MD, Askovich B, Sower CT, Williams RV, Minich LL, Tani LY. Pulmonary regurgitation: determining severity by echocardiography and magnetic resonance imaging. *Congenit Heart Dis* 2008;3:168-75.
78. Schievano S, Coats L, Migliavacca F, Norman W, Frigiola A, Deanfield J, et al. Variations in right ventricular outflow tract morphology following repair of congenital heart disease: implications for percutaneous pulmonary valve implantation. *J Cardiovasc Magn Reson* 2007;9: 687-95.
79. Parikh KN, Shah NC, Clark JB, Myers JL. Pulmonary valve restitution following transannular patch repair of tetralogy of Fallot. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2017;25:985-6.
80. Bonhoeffer P, Boudjemline Y, Saliba Z, Merckx J, Aggoun Y, Bonnet D, et al. Percutaneous replacement of pulmonary valve in a right-ventricle to pulmonary-artery prosthetic conduit with valve dysfunction. *Lancet* 2000;356:1403-5.
81. Wang N, Fulcher J, Abeyesuriya N, McGrady M, Wilcox I, Celermajer D, et al. Tricuspid regurgitation is associated with increased mortality independent of pulmonary pressures and right heart failure: a systematic review and meta-analysis. *Eur Heart J* 2019;40:476-84.
82. Dreyfus GD, Martin RP, Chan KM, Dulguerov F, Alexandrescu C. Functional tricuspid regurgitation: a need to revise our understanding. *J Am Coll Cardiol* 2015;65:2331-6.

83. Zack CJ, Fender EA, Chandrashekar P, Reddy YNV, Bennett CE, Stulak JM, et al. National trends and outcomes in isolated tricuspid valve surgery. *J Am Coll Cardiol* 2017;70:2953-60.
84. Taramasso M, Alessandrini H, Latib A, Asami M, Attinger-Toller A, Biasco L, et al. Outcomes after current transcatheter tricuspid valve intervention: mid-term results from the international TriValve Registry. *JACC Cardiovasc Interv* 2019;12:155-65.
85. Hahn RT. State-of-the-art review of echocardiographic imaging in the evaluation and treatment of functional tricuspid regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging* 2016;9:e005332.
86. Dahou A, Levin D, Reisman M, Hahn RT. Anatomy and physiology of the tricuspid valve. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:458-68.
87. Faletta FF, Leo LA, Paiocchi VL, Schlossbauer SA, Borruso MG, Pedrazzini G, et al. Imaging-based tricuspid valve anatomy by computed tomography, magnetic resonance imaging, two and three-dimensional echocardiography: correlation with anatomic specimen. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:1-13.
88. Utsunomiya H, Itabashi Y, Mihara H, Berdejo J, Kobayashi S, Siegel RJ, et al. Functional tricuspid regurgitation caused by chronic atrial fibrillation: a real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography study. *Circ Cardiovasc Imaging* 2017;10:e004897.
89. Hahn RT, Weckbach LT, Noack T, Hamid N, Kitamura M, Bae R, et al. Proposal for a standard echocardiographic tricuspid valve nomenclature. *JACC Cardiovasc Imaging* 2021;14:1299-305.
90. Hausleiter J, Braun D, Orban M, Latib A, Lurz P, Boekstegers P, et al. Patient selection, echocardiographic screening and treatment strategies for interventional tricuspid repair using the edge-to-edge repair technique. *EuroIntervention* 2018;14:645-53.
91. Tretter JT, Sarwark AE, Anderson RH, Spicer DE. Assessment of the anatomical variation to be found in the normal tricuspid valve. *Clin Anat* 2016;29:399-407.
92. Silver MD, Lam JH, Ranganathan N, Wigle ED. Morphology of the human tricuspid valve. *Circulation* 1971;43:333-48.
93. Fukuda S, Saracino G, Matsumura Y, Daimon M, Tran H, Greenberg NL, et al. Three-dimensional geometry of the tricuspid annulus in healthy subjects and in patients with functional tricuspid regurgitation: a real-time, 3-dimensional echocardiographic study. *Circulation* 2006;114:1492-8.
94. Anwar AM, Geleijnse ML, Soliman OI, McGhie JS, Frowijn R, Nemes A, et al. Assessment of normal tricuspid valve anatomy in adults by real-time three-dimensional echocardiography. *Int J Cardiovasc Imaging* 2007;23: 717-24.
95. Ton-Nu TT, Levine RA, Handschumacher MD, Dorer DJ, Yosefy C, Fan D, et al. Geometric determinants of functional tricuspid regurgitation: insights from 3-dimensional echocardiography. *Circulation* 2006; 114:143-9.
96. Addetia K, Muraru D, Veronesi F, Jenei C, Cavalli G, Besser SA, et al. 3dimensional echocardiographic analysis of the tricuspid annulus provides new insights into tricuspid valve geometry and dynamics. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:401-12.
97. Praz F, Khalique OK, Dos Reis Macedo LG, Pulerwitz TC, Jantz J, Wu IY, et al. Comparison between three-dimensional echocardiography and computed tomography for comprehensive tricuspid annulus and valve assessment in severe tricuspid regurgitation: implications for tricuspid regurgitation grading and transcatheter therapies. *J Am Soc Echocardiogr* 2018;31:1190-202.e3.
98. Volpato V, Lang RM, Yamat M, Veronesi F, Weinert L, Tamborini G, et al. Echocardiographic assessment of the tricuspid annulus: the effects of the third dimension and measurement methodology. *J Am Soc Echocardiogr* 2019;32:238-47.
99. Lancellotti P, Moura L, Pierard LA, Agricola E, Popescu BA, Tribouilloy C, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr* 2010;11:307-32.
100. Dahou A, Ong G, Hamid N, Avenatti E, Yao J, Hahn RT. Quantifying tricuspid regurgitation severity: a comparison of proximal isovelocity surface area and novel quantitative Doppler methods. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:560-2.
101. Hahn RT, Zamorano JL. The need for a new tricuspid regurgitation grading scheme. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017;18: 1342-3.
102. Santoro C, Marco Del Castillo A, Gonzalez-Gomez A, Monteagudo JM, Hinojar R, Lorente A, et al. Mid-term outcome of severe tricuspid regurgitation: are there any differences according to mechanism and severity? *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;20:1035-42.
103. Peri Y, Sadeh B, Sherez C, Hochstadt A, Biner S, Aviram G, et al. Quantitative assessment of effective regurgitant orifice: impact on risk stratification, and cut-off for severe and torrential tricuspid regurgitation grade. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2019;21:768-76.
104. Utsunomiya H, Harada Y, Susawa H, Takahari K, Ueda Y, Izumi K, et al. Comprehensive evaluation of tricuspid regurgitation location and severity using vena contracta analysis: a color Doppler three-dimensional transesophageal echocardiographic study. *J Am Soc Echocardiogr* 2019;32:1526-37.e2.
105. Kebed KY, Addetia K, Henry M, Yamat M, Weinert L, Besser SA, et al. Refining severe tricuspid regurgitation definition by echocardiography with a new outcomes-based "massive" grade. *J Am Soc Echocardiogr* 2020;33:1087-94.
106. Muraru D, Previturo M, Ochoa-Jimenez RC, Guta AC, Figliozzi S, Gregori D, Bottigliengo D, Parati G, Badano LP. Prognostic validation of partition values for quantitative parameters to grade functional tricuspid regurgitation severity by conventional echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021 Jan 22;22(2):155-65.
107. Waller BF, Howard J, Fess S. Pathology of tricuspid valve stenosis and pure tricuspid regurgitation—part I. *Clin Cardiol* 1995;18:97-102.
108. Husain A, Raja FT, Fatallah A, Fadel B, Alsanei A, Raja FT, et al. Tricuspid stenosis: an emerging disease in cardiac implantable electronic devices era. Case report and literature review. *J Cardiol Cases* 2017;15:190-3.
109. Vieitez JM, Monteagudo JM, Mahia P, Perez L, Lopez T, Marco I, et al. New insights of tricuspid regurgitation: a large-scale prospective cohort study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021;22:196-202.
110. Addetia K, Harb SC, Hahn RT, Kapadia S, Lang RM. Cardiac implantable electronic device lead-induced tricuspid regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2019;12:622-36.
111. Muraru D, Addetia K, Guta AC, Ochoa-Jimenez RC, Genovese D, Veronesi F, Basso C, Iliceto S, Badano LP, Lang RM. Right atrial volume is a major determinant of tricuspid annulus area in functional tricuspid regurgitation: a three-dimensional echocardiographic study. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2021 May 10;22(6):660-9.
112. Wehrum T, Lodemann T, Hagenlocher P, Stuplich J, Ngo BTT, Grundmann S, et al. Age-related changes of right atrial morphology and inflow pattern assessed using 4D flow cardiovascular magnetic resonance: results of a population-based study. *J Cardiovasc Magn Reson* 2018;20:38.
113. Holmes DR, Reddy VY, Turi ZG, Doshi SK, Sievert H, Buchbinder M, et al. Percutaneous closure of the left atrial appendage versus warfarin therapy for prevention of stroke in patients with atrial fibrillation: a randomised non-inferiority trial. *Lancet* 2009;374:534-42.
114. Beigel R, Wunderlich NC, Ho SY, Arsanjani R, Siegel RJ. The left atrial appendage: anatomy, function, and noninvasive evaluation. *JACC Cardiovasc Imaging* 2014;7:1251-65.
115. Lopez-Minguez JR, Gonzalez-Fernandez R, Fernandez-Vegas C, MillanNunez V, Fuentes-Canamero ME, Nogales-Asensio JM, et al. Anatomical classification of left atrial appendages in specimens applicable to CT imaging techniques for implantation of Amplatzer Cardiac Plug. *J Cardiovasc Electrophysiol* 2014;25:976-84.
116. Wunderlich NC, Beigel R, Swans MJ, Ho SY, Siegel RJ. Percutaneous interventions for left atrial appendage exclusion: options, assessment, and imaging using 2D and 3D echocardiography. *JACC Cardiovasc Imaging* 2015;8:472-88.
117. Ho SY, McCarthy KP, Faletta F F. Anatomy of the left atrium for interventional echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2011 Oct;12(10):i11-5.
118. Yamamoto M, Seo Y, Kawamatsu N, Sato K, Sugano A, Machinohtsuka T, et al. Complex left atrial appendage morphology and left atrial appendage thrombus formation in patients with atrial fibrillation. *Circ Cardiovasc Imaging* 2014;7:337-43.
119. Di Biase L, Santangeli P, Anselmino M, Mohanty P, Salvetti I, Gili S, et al. Does the left atrial appendage morphology correlate with the risk of stroke in patients with atrial fibrillation? Results from a multicenter study. *J Am Coll Cardiol* 2012;60:531-8.
120. Vainrib AF, Harb SC, Jaber W, Benenstein RJ, Aizer A, Chinitz LA, et al. Left atrial appendage occlusion/exclusion: procedural image guidance with transesophageal echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2018; 31:454-74.
121. Srivastava MC, See VY, Dawood MY, Price MJ. A review of the LARIAT device: insights from the cumulative clinical experience. *Springerplus* 2015;4:522.
122. Botto LD, Correa A, Erickson JD. Racial and temporal variations in the prevalence of heart defects. *Pediatrics* 2001;107:E32.
123. Faletta FF, Leo LA, Paiocchi VL, Schlossbauer SA, Pedrazzini G, Moccetti T, et al. Revisiting anatomy of the interatrial septum and its adjoining

- atrioventricular junction using noninvasive imaging techniques. *J Am Soc Echocardiogr* 2019;32:580-92.
124. Faletta FF, Nucifora G, Ho SY. Real-time 3-dimensional transesophageal echocardiography of the atrioventricular septal defect. *Circ Cardiovasc Imaging* 2011;4:e7-9.
125. Van Praagh S, Carrera ME, Sanders SP, Mayer JE, Van Praagh R. Sinus venosus defects: unroofing of the right pulmonary veins—atomic and echocardiographic findings and surgical treatment. *Am Heart J* 1994;128:365-79.
126. Sun T, Fei HW, Huang HL, Chen OD, Zheng ZC, Zhang CJ, et al. Transesophageal echocardiography for coronary sinus imaging in partially unroofed coronary sinus. *Echocardiography* 2014;31:74-82.
127. Silvestry FE, Cohen MS, Armsby LB, Burkule NJ, Fleishman CE, Hijazi ZM, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of atrial septal defect and patent foramen ovale: from the American Society of Echocardiography and Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Soc Echocardiogr* 2015;28:910-58.
128. Mas JL, Derumeaux G, Guillon B, Massardier E, Hosseini H, Mechtouff L, et al. Patent foramen ovale closure or anticoagulation vs. antiplatelets after stroke. *N Engl J Med* 2017;377:1011-21.
129. Saver JL, Carroll JD, Thaler DE, Smalling RW, MacDonald LA, Marks DS, et al. Long-term outcomes of patent foramen ovale closure or medical therapy after stroke. *N Engl J Med* 2017;377:1022-32.
130. Søndergaard L, Kasner SE, Rhodes JF, Andersen G, Iversen HK, Nielsen-Kudsk JE, et al. Patent foramen ovale closure or antiplatelet therapy for cryptogenic stroke. *N Engl J Med* 2017;377:1033-42.
131. Turc G, Calvet D, Guérin P, Sroussi M, Chatellier G, Mas JL. Closure, anti-coagulation, or antiplatelet therapy for cryptogenic stroke with patent foramen ovale: systematic review of randomized trials, sequential meta-analysis, and new insights from the CLOSE study. *J Am Heart Assoc* 2018;7:e008356.
132. Alqahtani F, Bhirud A, Aljohani S, Mills J, Kawasara A, Runkana A, et al. Intracardiac versus transesophageal echocardiography to guide transcatheter closure of interatrial communications: nationwide trend and comparative analysis. *J Interv Cardiol* 2017;30:234-41.
133. Truong QB, Dao AQ, Do NT, Le MK. Percutaneous atrial septal defect closure through femoral and transjugular approaches in patients with interrupted inferior vena cava. *J Cardiol Cases* 2018;18: 106-9.
134. Butera G, Romagnoli E, Carminati M, Chessa M, Piazza L, Negura D, et al. Treatment of isolated secundum atrial septal defects: impact of age and defect morphology in 1,013 consecutive patients. *Am Heart J* 2008;156:706-12.
135. Masseli J, Bertog S, Stanczak L, Blankenbach K, Majunke N, Reiffenstein I, et al. Transcatheter closure of multiple interatrial communications. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;81:825-36.
136. Baruteau AE, Petit J, Lambert V, Gouton M, Piot D, Brenot P, et al. Transcatheter closure of large atrial septal defects: feasibility and safety in a large adult and pediatric population. *Circ Cardiovasc Interv* 2014;7:837-43.
137. Amedro P, Bayburt S, Assaidi A, Kreitmann B, Habib G, Fouilloux V, et al. Should transcatheter closure of atrial septal defects with inferior-posterior deficient rim still be attempted? *J Thorac Dis* 2019;11:708-16.
138. Papa M, Gaspardone A, Fragasso G, Sidoti F, Agricola E, Gioffre G, et al. Feasibility and safety of transcatheter closure of atrial septal defects with deficient posterior rim. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;81:1180-7.
139. Schneider B, Hofmann T, Justen MH, Meinertz T. Chiari's network: normal anatomic variant or risk factor for arterial embolic events? *J Am Coll Cardiol* 1995;26:203-10.
140. Goldschlager A, Goldschlager N, Brewster H, Kaplan J. Catheter entrapment in a Chiari network involving an atrial septal defect. *Chest* 1972; 62:345-6.
141. Cooke JC, Gelman JS, Harper RW. Chiari network entanglement and herniation into the left atrium by an atrial septal defect occluder device. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:601-3.
142. Samanek M, Voriskova M. Congenital heart disease among 815,569 children born between 1980 and 1990 and their 15-year survival: a prospective Bohemia survival study. *Pediatr Cardiol* 1999;20:411-7.
143. Meberg A, Otterstad JE, Frøland G, Sørland S, Nitter-Hauge S. Increasing incidence of ventricular septal defects caused by improved detection rate. *Acta Paediatr* 1994;83:653-7.
144. Cresti A, Giordano R, Koestenberger M, Spadoni I, Scalse M, Limbruno U, et al. Incidence and natural history of neonatal isolated ventricular septal defects: do we know everything? A 6-year single-center Italian experience follow-up. *Congenit Heart Dis* 2018;13:105-12.
145. Kaul S. The interventricular septum in health and disease. *Am Heart J* 1986;112:568-81.
146. Allwork SP, Anderson RH. Developmental anatomy of the membranous part of the ventricular septum in the human heart. *Br Heart J* 1979;41: 275-80.
147. Lopez L, Houyel L, Colan SD, Anderson RH, Béland MJ, Aiello VD, et al. Classification of ventricular septal defects for the eleventh iteration of the International Classification of Diseases—striving for consensus: a report from the International Society for Nomenclature of Paediatric and Congenital Heart Disease. *Ann Thorac Surg* 2018;106:1578-89.
148. Lin K, Zhu D, Tao K, Gan C, Tang H, Feng Y, et al. Hybrid perventricular device closure of doubly committed subarterial ventricular septal defects: mid-term results. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;82:E225-32.
149. Pan S, Xing Q, Cao Q, Wang P, Duan S, Wu Q, et al. Perventricular device closure of doubly committed subarterial ventricular septal defect through left anterior minithoracotomy on beating hearts. *Ann Thorac Surg* 2012;94: 2070-5.
150. Zhang S, Zhu D, An Q, Tang H, Li D, Lin K. Minimally invasive perventricular device closure of doubly committed sub-arterial ventricular septal defects: single center long-term follow-up results. *J Cardiothorac Surg* 2015;10:119.
151. Lai WW, Mertens L, Cohen M, Geva T. Echocardiography in pediatric and congenital heart disease: from fetus to adult. 2nd ed. Chichester, West Sussex; Hoboken, NJ: Wiley Blackwell/John Wiley & Sons Inc.; 2016.
152. Glen S, Burns J, Bloomfield P. Prevalence and development of additional cardiac abnormalities in 1448 patients with congenital ventricular septal defects. *Heart* 2004;90:1321-5.
153. Baumgartner H, Bonhoeffer P, De Groot NM, de Haan F, Deanfield JE, Galie N, et al. ESC Guidelines for the management of grown-up congenital heart disease (new version 2010). *Eur Heart J* 2010;31: 2915-57.
154. Eroglu AG, Oztunc F, Saltik L, Bakari S, Dedeoglu S, Ahunbay G. Evolution of ventricular septal defect with special reference to spontaneous closure rate, subaortic ridge and aortic valve prolapse. *Pediatr Cardiol* 2003;24:31-5.
155. Leichter DA, Sullivan I, Gersony WM. "Acquired" discrete subvalvular aortic stenosis: natural history and hemodynamics. *J Am Coll Cardiol* 1989;14:1539-44.
156. Simpson WF Jr., Sade RM, Crawford FA, Taylor AB, Fyfe DA. Doublechambered right ventricle. *Ann Thorac Surg* 1987;44:7-10.
157. Santhanam H, Yang L, Chen Z, Tai BC, Rajgor DD, Quek SC. A metaanalysis of transcatheter device closure of perimembranous ventricular septal defect. *Int J Cardiol* 2018;254:75-83.
158. Saurav A, Kaushik M, Mahesh Alla V, White MD, Satpathy R, Lanspa T, et al. Comparison of percutaneous device closure versus surgical closure of perimembranous ventricular septal defects: a systematic review and meta-analysis. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015;86: 1048-56.
159. Yi K, You T, Ding ZH, Hou XD, Liu XG, Wang XK, et al. Comparison of transcatheter closure, mini-invasive closure, and open-heart surgical repair for treatment of perimembranous ventricular septal defects in children: a PRISMA-compliant network meta-analysis of randomized and observational studies. *Medicine (Baltimore)* 2018;97: e12583.
160. Wilson WM, Horlick EM. Management of post-myocardial infarction ventricular septal rupture. *EuroIntervention* 2016;12(suppl X): X18-23.
161. Omar S, Morgan GL, Panchal HB, Thourani V, Rihal CS, Patel R, et al. Management of post-myocardial infarction ventricular septal defects: a critical assessment. *J Interv Cardiol* 2018;31:939-48.
162. Dehghani P, Ibrahim R, Collins N, Latter D, Cheema AN, Chisholm RJ. Post-traumatic ventricular septal defects—review of the literature and a novel technique for percutaneous closure. *J Invasive Cardiol* 2009;21: 483-7.
163. Landman G, Kipps A, Moore P, Teitel D, Meadows J. Outcomes of a modified approach to transcatheter closure of perimembranous ventricular septal defects. *Catheter Cardiovasc Interv* 2013;82:143-9.
164. Tatsuno K, Konno S, Ando M, Sakakibara S. Pathogenetic mechanisms of prolapsing aortic valve and aortic regurgitation associated with ventricular septal defect. Anatomical, angiographic, and surgical considerations. *Circulation* 1973;48:1028-37.
165. Tweddell JS, Pelech AN, Frommelt PC. Ventricular septal defect and aortic valve regurgitation: pathophysiology and indications for surgery. *Semin Thorac Cardiovasc Surg Pediatr Card Surg Annu* 2006;147-52.
166. Puchalski MD, Lui GK, Miller-Hance WC, Brook MM, Young LT, Bhat A, et al. Guidelines for performing a comprehensive transesophageal echocardiographic: examination in children and all patients with congenital heart disease: recommendations from the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2019;32: 173-215.