

GUIA PARA LA EVALUACION DE LA REGURGITACION VALVULAR LUEGO DE LA REPARACION O REEMPLAZO VALVULAR PERCUTANEO

Un Informe de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. Desarrollado en Colaboración con la Sociedad de Angiografía e Intervencionismo Cardiovascular, la Sociedad Japonesa de Ecocardiografía y la Sociedad de Resonancia Magnética Cardiovascular

William A. Zoghbi, MD, FASE (Chair), Federico M. Asch, MD, FASE, Charles Bruce, MBChB, FASE, Linda D. Gillam, MD, MPH, FASE, Paul A. Grayburn, MD, FASE, Rebecca T. Hahn, MD, FASE, Ignacio Inglessis, MD, Ashequl M. Islam, MD, MPH, FSCAI, Stamatios Lerakis, MD, FASE, Stephen H. Little, MD, FASE, Robert J. Siegel, MD, FASE, Nikolaos Skubas, MD, DSc, FASE, Timothy C. Slesnick, MD, FASE, William J. Stewart, MD, FASE, Paaladinesh Thavendiranathan, MD, MSc, FASE, Neil J. Weissman, MD, FASE, Satoshi Yasukochi, MD, JCC, SJSUM, Karen G. Zimmerman, BS, ACS, RDCS, RVT, FASE. Houston and Dallas, Texas; Washington, District of Columbia; Rochester, Minnesota; Morristown, New Jersey; New York, New York; Boston and Springfield, Massachusetts; Los Angeles, California; Cleveland, Ohio; Atlanta, Georgia; Toronto, Ontario, Canada; Nagano, Japan; Morgantown, West Virginia.

TRADUCCIÓN: Maria Laura Plastino, MD, FASE, Fellow ECOSIAC; Brigitte Pizarro Alvarado, MD; Cristian Toldo, MD; Denisse Guzman Ramirez, MD
Asociación de Ecocardiografía de la Sociedad Interamericana de Cardiología (ECOSIAC)

Palabras Clave: Ecocardiografía Doppler, Enfermedad valvular, Reemplazo valvular transaórtico, Imágenes de resonancia magnética, Insuficiencia mitral, Insuficiencia aórtica

Este documento ha sido refrendado por las siguientes sociedades de la International Alliance Partners de la Sociedad Americana de Ecocardiografía: Sociedad Argentina de Cardiología, Federación Argentina de Cardiología, Asian-Pacific Association of Echocardiography, Australasian Sonographers Association, Cardiovascular Imaging Department of the Brazilian Society of Cardiology, Canadian Society of Echocardiography, Chinese Society of Echocardiography, Echocardiography Section of the Cuban Society of Cardiology, Indian Academy of Echocardiography, Indian Association of Cardiovascular Thoracic Anaesthesiologists, Indonesian Society of Echocardiography, InterAmerican Association of Echocardiography, Iranian Society of Echocardiography, Israeli Working Group on Echocardiography, Italian Association of CardioThoracic and Vascular Anaesthesia and Intensive Care, Mexican Society of Echocardiography and Cardiovascular Imaging, National Association of Cardiologists of Mexico, National Society of Echocardiography of Mexico, Saudi Arabian Society of Echocardiography, Thai Society of Echocardiography, and Venezuelan Society of Cardiology.

From Houston Methodist Hospital, Houston, Texas (W.A.Z. and S.H.L.); MedStar Health Research Institute, Washington, District of Columbia (F.M.A. and N.J.W.); Mayo Clinic, Rochester, Minnesota (C.B.); Morristown Medical Center, Morristown, New Jersey (L.D.G.); Baylor University Medical Center, Dallas, Texas (P.A.G.); Columbia University Medical Center, New York, New York (R.T.H.); Massachusetts General Hospital, Boston, Massachusetts (I.L.); Baystate Medical Center, Springfield, Massachusetts (A.M.I.); Icahn School of Medicine at Mount Sinai, New York, New York (S.L.); Emory University School of Medicine, Atlanta, Georgia (T.C.S.); Cedars-Sinai Medical Center, Los Angeles, California (R.J.S.); Cleveland Clinic, Cleveland, Ohio (N.S. and W.J.S.); University of Toronto, Toronto, Ontario, Canada (P.T.); Nagano Children's Hospital, Nagano, Japan (S.Y.); West Virginia University Heart & Vascular Institute, Morgantown, West Virginia (K.G.Z.). The following authors reported no actual or potential conflicts of interest in relation to this document: Ignacio Inglessis, MD; Nikolaos Skubas, MD, FASE, DSc; Timothy Slesnick, MD, FASE; William J. Stewart, MD, FASE; Paaladinesh Thavendiranathan, MD; Satoshi Yasukochi, MD, JCC, SJSUM; Karen G. Zimmerman, BS, ACS, RDCS, RVT, FASE. The following authors reported relationships with one or more commercial interests: Federico M. Asch, MD, FASE and Neil J. Weissman, MD, FASE have been directors of an academic core lab providing services for Edwards Lifesciences, Medtronic, Boston Scientific/Symetis, Abbott/St Jude Medical, Neovasc, Mitralign, GDS, Caisson/Livanova, Biotronik, and DirectFlow. Charles Bruce, MBChB, FASE, consulted for Edwards Lifesciences; Linda D. Gillam, MD, MPH, FASE provided core lab services for Edwards Lifesciences and Medtronic; Paul A. Grayburn, MD, FASE, consulted for Abbott Vascular, Neochord, and Tendyne and received research support from Abbott Vascular, Tendyne, Valtech, Edwards, Medtronic,

Neochord, and Boston Scientific; Rebecca T. Hahn, MD, FASE, consulted for Abbott Vascular, Edwards Lifesciences, Medtronic, Philips Healthcare, Siemens Healthineers and Gore and Associates, serves on the speaker's bureau for Abbott Vascular, Boston Scientific, Edwards Lifesciences, Philips Healthcare, Siemens Healthineers; Ashequl M. Islam, MD, MPH, FSCAI, consulted for Edwards and Medtronic; Stamatios Lerakis, MD, FASE, consulted for Edwards Lifesciences; ; Stephen H. Little, MD, FASE, received research support from Medtronic and Abbott Vascular, and consulted for Abbott Vascular. Robert J. Siegel, MD, FASE, served on the speaker's bureau for Abbott Vascular and Philips; William A. Zoghbi, MD, FASE, has a licensing agreement with GE Healthcare and is on the advisory board for Abbott Vascular, GE Healthcare, and Siemens Healthineers.

Reprint requests: American Society of Echocardiography, 2530 Meridian Parkway, Suite 450, Durham, NC 27713 (Email: ase@asecho.org).

Attention ASE Members:

Visit www.aseuniversity.org to earn free continuing medical education credit through an online activity related to this article. Certificates are available for immediate access upon successful completion of the activity. Nonmembers will need to join the ASE to access this great member benefit!

Copyright 2019 by the American Society of Echocardiography
<https://doi.org/10.1016/j.echo.2019.01.003>

Abreviaturas

RVAT: Reemplazo valvular aórtico transcater.
ETE: Ecocardiograma transesofágico
IA: Insuficiencia aórtica
VI: Ventrículo izquierdo
RPVA: Reparación percutánea de la válvula aórtica
PA: Presión arterial
PTD: Presión telediastólica del VI
ETT: Ecocardiograma transtorácico
EPC: Eje paraesternal corto
EPL: Eje paraesternal largo
RPV: Regurgitación paravalvular
TSVI: Tracto de salida de ventrículo izquierdo
AVC: Área de vena contracta
%Circ: Extensión circunferencial del jet.
TSVD: Tracto de salida de ventrículo derecho.
VoIR: Volumen regurgitante
FR: Fracción regurgitante
VL: Volumen latido
DP: Doppler de onda pulsada
RMC: Resonancia magnética cardiaca
ViV: Válvula en válvula
FPM: Fuga paravalvular mitral
IM: Insuficiencia mitral
VPSI: Vena pulmonar superior izquierda
VC: Vena contracta
DC: Doppler de onda continua
VTD: Volumen telediastólico
VTS: Volumen telesistólico
RPVP: Reemplazo valvular pulmonar transcater
IT: Insuficiencia tricuspídea
TAVR: Reemplazo de válvula aortica transcater
TMVR: Reemplazo de válvula mitral transcater
TPVR: Reemplazo de válvula pulmonar transcater
VM: Válvula mitral
AEOR: Área efectiva del orificio regurgitante

TABLA DE CONTENIDOS

I. Introducción....	3
II. Principios Generales....	3
III. Intervenciones Percutáneas de la Válvula Aórtica....	6
A. Válvulas Expandibles con Balón vs Autoexpandibles....	6
B. Planificación Previa al Procedimiento Para TAVR y Válvula-en-Válvula Quirúrgica....	6
C. Técnica Habitual Para Implante de TAVR....	7
D. ETT vs ETE en la Sala de Hemodinamia....	7
E. Evaluación de la Insuficiencia Valvular Después del TAVR....	9
1. Aortografía....	10
2. Evaluación Hemodinámica en el Laboratorio de Cateterismo....	10
3. Evaluación Ecocardiográfica Doppler de IA post TAVR....	11
a. Características del Jet con Doppler Color.....	17
b. Doppler de Onda Continua y de Onda Pulsada.....	19
c. Evaluación Doppler Cuantitativa de la gravedad de la RPV.....	20
F. Evaluación de la IA Residual Luego de la Reparación Percutánea de la Regurgitación Paravalvular Protésica....	23
G. Enfoque Integral para la Evaluación de la Insuficiencia Aórtica....	23
H. Rol de la Resonancia Magnética Cardiaca en la Evaluación de la IA....	25
IV. Intervenciones Percutáneas de la Válvula Mitral....	28
A. Consideraciones Generales en la Evaluación de la IM Residual Durante las Intervenciones de VM....	28
B. Reparación de Valva Mitral....	30
1. Reparación VM de Borde a Borde....	30
2. Evaluación de IM Residual con DCol Inmediatamente Después de la Reparación Borde a Borde....	31
3. Interacción del Gradiente Medio Transvalvular e IM Residual Después de la Reparación Borde a Borde....	33
C. Reemplazo de la Válvula mitral transcater....	34
1. Implante TMVR....	34
2. Evaluación de IM Residual Inmediatamentr Después de TMVR....	34
3. Otras Consideraciones en TMVR....	35
D. Anuloplastia Mitral Percutánea....	35
1. Dispositivos Para Anuloplastia de Válvula Mitral Percutánea....	35
2. Evaluación de la IM Post Anuloplastia Percutánea....	36
E. Reparación Transcater de la IM Paravalvular Protésica....	36
1. Reparación de IM Paravalvular....	36
2. Evaluación de la IM Residual Post Reparación de IM Paravalvular....	37
F. Evaluación de la IM Residual Fuera del Laboratorio de Hemodinámica Después de los Procedimientos Sobre la VM....	38

1. Imagen Doppler Color.... 40
 2. Doppler Continuo del Jet de IM.... 42
 3. Gradiente de Presión y Patrón de Flujo de Entrada Mitral.... 42
 4. Patrón de Flujo de Vena Pulmonar... 43
 5. Presión Sistólica en Arteria Pulmonar... 43
 6. Volumen y Fracción Regurgitante.... 44
 7. Enfoque Integrador en la Evaluación de la IM Residual.... 45
 8. Rol de la RMC en la Evaluación de la IM Residual Luego de Intervención Percutánea de la VM.... 46
 - a. Evaluación de IM Residual.... 47
 - b. Remodelado Inverso de AI y VI.... 48
 - c. ¿Cuándo está Indicada la RMC?... 48
- V. Reemplazo Valvular Pulmonar Percutáneo.... 49
- A. Descripción del TPVR y Evaluación de los Resultados Precoces.... 49
 - B. Evaluación de la Regurgitación Residual Fuera de la Sala de Hemodinámica.... 50
 1. Evaluación de la Regurgitación Pulmonar con Ecocardiografía Después de TPVR... 50
 2. Papel de la Tomografía Computarizada en la Regurgitación Pulmonar Después del TPVR... 52
 3. Papel de la RMC en la Regurgitación Pulmonar después del TPVR.... 52
 - C. Enfoque Integrador para Evaluar la Regurgitación Pulmonar Residual Después del TPVR.... 54
- VI. Intervenciones Percutáneas de la Válvula Tricúspide... 55
- A. Anuloplastia y Reparación de la Válvula Tricúspide... 55
 - B. Evaluación de la IT Residual Después del Intervencionismo Sobre la Válvula Tricúspide... 55
 - C. Papel de la RMC en la Evaluación de la IT Residual después de las Intervenciones en la Válvula Tricúspide.... 57
 - D. Enfoque Integrador en la Evaluación de la IT Residual.... 58
- VII. Conclusiones y Perspectivas a Futuro.... 59

I. INTRODUCCION

La enfermedad valvular sigue siendo una causa importante de morbilidad y mortalidad cardiovascular en todo el mundo.¹ Durante la última década, las intervenciones mediante catéter en la enfermedad valvular han evolucionado desde la dilatación con balón en la estenosis valvular nativa hasta la reparación de la regurgitación paravalvular (RPV) con tapones vasculares y más recientemente, el reemplazo y reparación de las válvulas. Las intervenciones aprobadas actualmente incluyen el reemplazo de válvula aórtica transcáteter (TAVR), el reemplazo de la válvula pulmonar y la reparación de la válvula mitral,

dirigidas a poblaciones específicas. Es probable que los rápidos avances tecnológicos en el diseño de los dispositivos mejoren los resultados a corto y largo plazo y se amplíen las indicaciones actuales.

El perfil hemodinámico de las válvulas percutáneas ha sido muy favorable.²⁻⁵ Sin embargo, un aspecto desafiante ha sido la regurgitación residual o nueva que puede ocurrir luego del implante valvular transcáteter o tras la reparación de una válvula nativa o protésica. Esta condición representa un desafío diagnóstico y terapéutico tanto para el equipo de cardiología intervencionista e imagenología dentro del laboratorio de hemodinamia como para el médico clínico e imagenólogo en el ámbito ambulatorio. El actual documento aborda los desafíos de evaluar la regurgitación residual después de la reparación o reemplazo valvular percutáneo y proporciona una guía para el equipo cardiológico acerca de la mejor manera de abordar esta condición, según los datos disponibles y consenso de panel de expertos. Este documento complementa la guía anterior de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (ASE) sobre la evaluación de las válvulas protésicas implantadas quirúrgicamente. No se aborda la dinámica del flujo a través de la válvula protésica percutánea ya que, en general, la evaluación es similar a las válvulas implantadas quirúrgicamente,⁶ pero se enfoca principalmente en la regurgitación valvular nueva o residual. Además del uso de ecocardiografía y evaluación hemodinámica en el contexto agudo, el documento incorpora el papel de la resonancia magnética cardíaca (RMC). Esta guía se acompaña de una serie de tutoriales y estudios de casos ilustrativos sobre la evaluación de la regurgitación valvular después de las intervenciones basadas en catéter, así como en la regurgitación de la válvula nativa, publicadas en el siguiente sitio web (www.asecho.org/vrcases).

II. PRINCIPIOS GENERALES

En el laboratorio de hemodinamia, los miembros del heart team (equipo cardiológico)

deben conocer bien cómo evaluar la regurgitación valvular, el lenguaje utilizado para describir la estructura y posición de la válvula, así como una nomenclatura clara y coordinada en cuanto al sitio de regurgitación, con la descripción del reloj o la posición anterior/posterior, medial y lateral en relación con el anillo. Los principios generales para evaluar la regurgitación valvular nativa con ecocardiografía, Doppler y cardioresonancia se han actualizado recientemente.⁷ La metodología para evaluar la regurgitación de forma cualitativa y cuantitativa con estas técnicas no se hará en detalle, sino más bien abreviada, con énfasis en cómo estos parámetros pueden verse afectados en el contexto de la sustitución o reparación transcatéter de la válvula. El comité está de acuerdo con las directrices recientes de la ASE⁷ y del Colegio Americano de Cardiología (ACC) y Asociación Americana del Corazón (AHA) sobre la enfermedad valvular cardíaca⁸ en que la regurgitación valvular debe clasificarse como leve, moderada o severa. Hay cuatro elementos principales para la evaluación de la regurgitación con ecocardiografía: analizar imágenes integrales, múltiples parámetros, individualización del paciente y lenguaje preciso para describir los hallazgos. La imagen integral por ecocardiografía transtorácica (ETT) incorpora la evaluación estructural bidimensional/tridimensional (2D/3D) del dispositivo implantado y las estructuras adyacentes, tamaño y función de las cámaras cardíacas, el interrogatorio del flujo con Doppler de onda pulsada (DP), Doppler de onda continua (DC), Doppler color (DCol), y cuantificación volumétrica, así como la estimación de parámetros hemodinámicos adicionales como presiones en la arteria pulmonar (AP). Cada uno de estos métodos tiene consideraciones técnicas particulares, ventajas y limitaciones, que ya fueron descritas en detalle.⁷ Desafortunadamente, muchos de estos parámetros no están disponibles durante la ecocardiografía transesofágica intraoperatoria (ETE) o ETT debido a limitaciones en la ventana, incapacidad para alinear la interrogación

Doppler con el flujo sanguíneo y el acortamiento del ápex, lo que puede impedir una cuantificación volumétrica precisa. Por lo tanto, la ecocardiografía intraprocedimiento a menudo depende en gran medida de las características del jet por Doppler color, evaluando cuando es posible sus tres componentes; flujo de convergencia, vena contracta y área del jet. Las imágenes con DCol del jet en este contexto pueden verse afectadas por la hemodinamia, efectos de la sedación/anestesia, factores técnicos y atenuación por el dispositivo implantado. Debido a que el área por DCol está determinada principalmente por el impulso del jet ($\text{área} \times \text{velocidad}^2$), el gradiente de presión y, por lo tanto, la velocidad de conducción del jet puede influir en gran medida en el tamaño del mismo. Por ejemplo, el jet de regurgitación mitral (IM) después de la reparación o reemplazo de la válvula mitral transcatéter (TMVR) puede ser grande a pesar de un pequeño orificio si la presión del ventrículo izquierdo (VI) es elevada (por ejemplo, hipertensión arterial o estenosis aórtica). Por el contrario, una presión diastólica aórtica baja después del TAVR podría dar lugar a un pequeño chorro de regurgitación aórtica (IA) mediante DCol a pesar de una IA hemodinámicamente significativa. Para compensar esta variación hemodinámica propia de la caracterización por DCol, es una práctica de rutina que el equipo médico que lleva a cargo el implante "normalice" la hemodinamia postimplante (aumentar o disminuir la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistémica) antes de evaluar la regurgitación valvular intraoperatoria en la misma sala de procedimientos. Además, la regurgitación valvular después de los procedimientos percutáneos, en contraste con las válvulas nativas o protésicas quirúrgicas, con frecuencia surge de múltiples sitios y con severidad variable, lo que dificulta la evaluación de la regurgitación por DCol. Todo lo anterior destaca la necesidad de integrar la información del DCol con otros hallazgos ecocardiográficos para determinar la gravedad general de la regurgitación. Esta evaluación

integral es más factible de realizar luego de finalizado el procedimiento, fuera del entorno del laboratorio de hemodinamia. Intraprocedimiento, los hallazgos con eco-Doppler se complementan con una evaluación hemodinámica invasiva para medir los

resultados generales de la intervención, y puede ser necesaria la cineangiografía en situaciones donde la regurgitación residual sea difícil de valorar, no concluyente o se sospeche que sea mayor que leve (Figura 1). En el entorno fuera del laboratorio de hemodinamia,

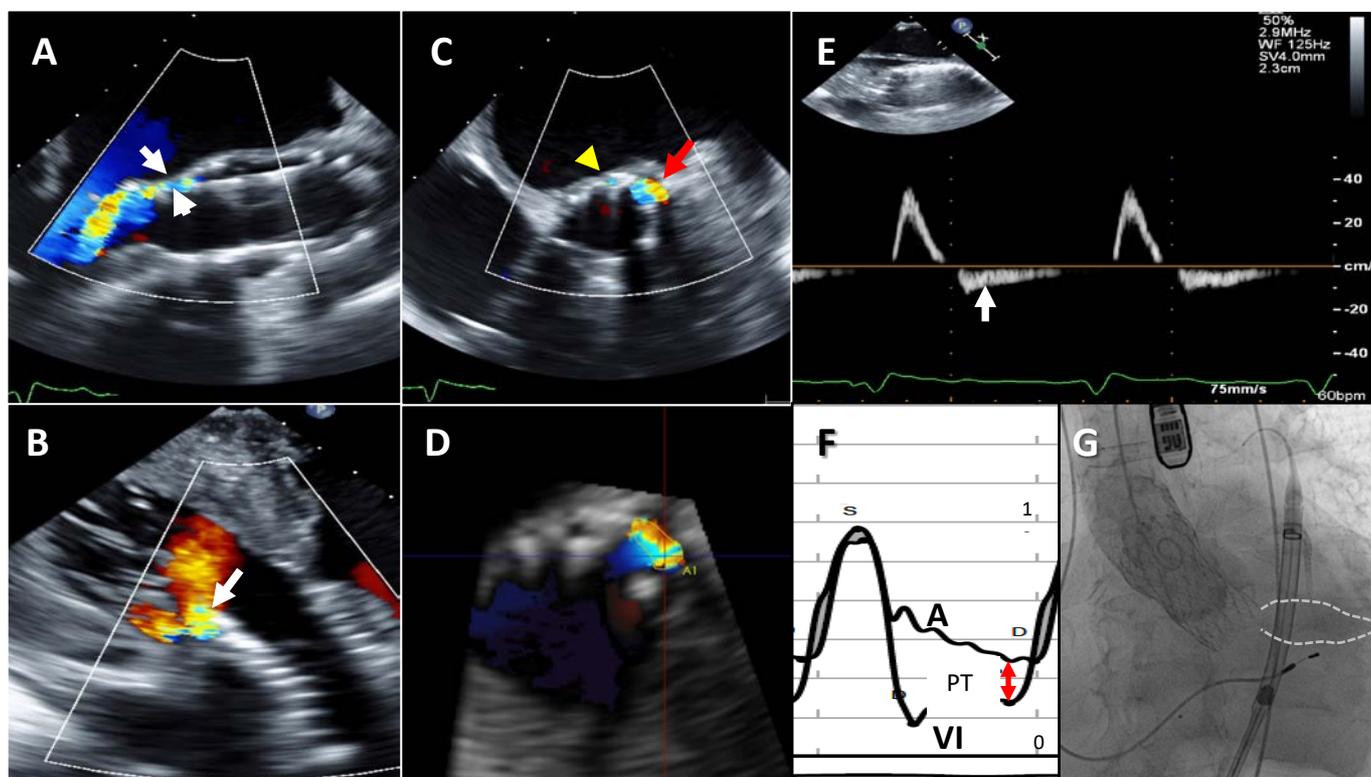


Figura 1. Herramientas para la evaluación intra-procedimiento de la insuficiencia paravalvular posterior a RVAT: Doppler color (2D/3D), Doppler pulsado del flujo aórtico, presión aórtica, del VI y aortograma. Todos los paneles pertenecen al mismo paciente. La prótesis valvular es autoexpandible. **(A)** Vista de eje largo mesoesofágico por ETE mostrando la IA paravalvular (flechas blancas). Las imágenes de vistas modificadas son útiles frecuentemente. **(B)** Vista transgástrica profunda que muestra el jet paravalvular en panel A. Son necesarias múltiples vistas para no perder algún jet. **(C)** Eje corto en vista mesoesofágica que muestra un jet paravalvular (flecha roja), y un jet puntiforme (cabeza de flecha). Es importante escanear la válvula y evaluar desde la parte inferior del stent valvular para asegurar que el jet llega hasta el VI. La extensión circunferencial del jet más grande es de 14% pero es relativamente ancho. El jet puntiforme es muy pequeño para medirlo por planimetría. **(D)** La planimetría 3D del mismo jet paravalvular muestra una área de 0.22cm². La ecocardiografía 3D hace posible la identificación precisa de la vena contracta, algo que puede ser desafiante con imagen bidimensional. **(E)** Las imágenes de la aorta descendente torácica en vista mesoesofágica por ETE muestran flujo reverso no holodiastólico por Doppler pulsado. Puede observarse usualmente flujo no holodiastólico en pacientes sometidos a RPVA aún en ausencia de insuficiencia aórtica, de aquí la importancia de establecer el patrón de flujo aórtico basal. **(F)** Trazado simultáneo de presión aórtica y de ventrículo izquierdo que forman la base del índice de IA. En este caso, el índice de IA es de 28%. Se reporta que índices <25% tienen incremento en la mortalidad a un año. Este valor es muy dependiente de complianza aórtica y ventricular así como de la severidad de la regurgitación paravalvular. Las flechas rojas denotan la diferencia entre la PA y la PTDVI. **(G)** Cuadro fijo en diástole de aortograma posterior a implante que muestra regurgitación paravalvular 2+ (área delineada). Ao, trazo de presión aórtica; PTD, presión telediastólica; VI, trazo de presión ventricular izquierda; S, sístole.

la inseguridad sobre la gravedad de la regurgitación por ecocardiografía debido a datos de mala calidad o discrepancias entre parámetros que no se pueden resolver, debe reportarse en el informe para alertar al médico clínico sobre otras modalidades de imagen, como ETE, RMC o Tomografía computarizada multidetector (TCMD), si está indicada clínicamente, para evaluar mejor la gravedad y mecanismo de la lesión, especialmente si podría significar la diferencia entre otra intervención y la terapia médica.

III. INTERVENCIONES PERCUTANEAS DE LA VALVULA AORTICA

El TAVR es una alternativa aceptada al reemplazo quirúrgico de la válvula aórtica (SAVR) en pacientes de riesgo intermedio y alto, así como inoperables.^{2-5,9-11} La evaluación del uso del TAVR en pacientes con bajo riesgo quirúrgico está en curso. Varios estudios han demostrado una mayor incidencia de RPV en pacientes sometidos a TAVR en comparación con SAVR.¹²⁻¹⁴ La IA residual es un predictor significativo de mortalidad¹⁵⁻¹⁸ y fue un importante impulso para las recientes mejoras en el diseño de los dispositivos, como manguito, cubierta y válvulas reposicionables. Aunque los primeros estudios sugirieron que incluso una RPV leve podría impactar en los resultados,¹⁹ observaciones más recientes en poblaciones de riesgo intermedio sugieren que sólo una RPV moderada o grave aumenta la mortalidad.^{2,10} Varios factores pueden explicar la incidencia variable de la RPV y su pronóstico, incluyendo el diseño de la válvula protésica, calcificación de la válvula, consideraciones fisiológicas y la dificultad en la clasificación de la gravedad de la RPV.²⁰ Sin embargo, el perfeccionamiento de las nuevas válvulas muestran tasas muy bajas de RPV (0-2%), lo que probablemente reducirá el impacto de esta complicación en los resultados.^{10,21,22}

A. Válvulas Expandibles con Balón vs. Auto-expandibles

Si bien los diseños de válvula aórtica transcáteter continúan evolucionando, los

dispositivos que cuentan con la mayor experiencia mundial se dividen en dos categorías generales: las desplegadas con expansión por balón y las que se expanden espontáneamente al liberarse el sistema de entrega, llamadas válvulas autoexpandibles. Dentro de estas categorías, las válvulas más utilizadas expandidas por balón han sido las Edwards SAPIEN™ mientras que dentro de las válvulas auto-expandibles están las Medtronic Corevalve®/Evolut™. Dentro de estas familias de válvulas, las mejoras en el diseño han reducido la incidencia y gravedad de la RPV. La construcción de estas válvulas ha sido revisada recientemente.²³ Aunque otras válvulas han recibido la marca CE (conformité Européenne) en Europa y se encuentran en fases variables de ensayos clínicos en América del Norte, no serán tenidas en cuenta para este documento.

B. Planificación Previa al Procedimiento para TAVR y Válvula-en-Válvula Quirúrgica

La planificación previa al procedimiento para el TAVR puede ser útil para predecir la RPV después del implante y permitir al heart team planificar el tratamiento adecuado de la RPV intraprocedimiento. Numerosos estudios han demostrado que la subvaloración significativa del tamaño de la válvula cardíaca transcáteter (VCT) dará como resultado mayores grados de RPV.^{12,24} Las mediciones basadas en reconstrucción del anillo aórtico por TCMD han demostrado reducir la incidencia de IA paravalvular mayor que leve en comparación con las mediciones realizadas por ETE 2D.²⁵ También se ha demostrado la precisión del ETE 3D para medir el tamaño anular y predecir la gravedad de la RPV.²⁶ La determinación por TCMD de la ubicación y cantidad de calcio es otro predictor importante de RPV.^{27,28} Para los procedimientos de válvula-en-válvula quirúrgica, el conocimiento del diámetro interno de la bioprótesis informado por el fabricante es esencial para determinar el tamaño adecuado. En ausencia de esta información, se puede usar el ETE o TCMD para determinar el diámetro interno de la válvula; sin embargo, la regurgitación después de este procedimiento rara vez es mayor que leve.²⁹

C. Técnica Habitual para el Implante de TAVR

Aunque no es necesario, para la válvula transcatéter expandible con balón, se puede predilatarse utilizando valvuloplastia aórtica con balón, con la intención de mejorar el proceso de posicionamiento, pero también puede disminuir el número de lesiones isquémicas cerebrales.³⁰ El sistema de entrega SAPIEN 3 tiene una marca intermedia y otras dos para facilitar el posicionamiento transanular antes de ser desplegada; debido al diseño del stent, la válvula se acorta desde el extremo ventricular y se adhiere rápidamente al tejido circundante en el proceso de despliegue. Después de obtener un plano adecuado, la válvula Edwards SAPIEN 3 se despliega utilizando estimulación ventricular rápida para reducir el movimiento de la válvula justo antes de la expansión del balón. Las válvulas Medtronic CoreValve, Evolut R y Evolut Pro tienen un sistema de entrega autoexpandible de liberación lenta y controlada. No requieren una estimulación rápida, aunque algunos intervencionistas pueden usarla para estabilizar la válvula durante el despliegue. La válvula también se puede reposicionar y volver a capturar hasta un punto en el proceso de desvenado. Además del tamaño adecuado del anillo, el posicionamiento preciso de todas las válvulas es esencial para reducir la RPV posterior al implante; así como la tasa de implante de marcapasos post-procedimiento.³¹ El posicionamiento de la válvula se puede visualizar mediante ETT, ETE, y fluoroscopia.^{23,32} La cantidad y la ubicación del calcio dentro de la zona de anclaje de la válvula también juega un papel importante en la incidencia y gravedad de la RPV después del TAVR.^{12,28,33}

D. ETT vs. ETE en la sala de Hemodinamia

La ecocardiografía sigue siendo la principal modalidad de imagen para evaluar la RPV inmediatamente después del TAVR. Inicialmente, el procedimiento se realizaba bajo anestesia general con monitoreo por ETE. Recientemente se ha informado la cada vez más frecuente realización de TAVR bajo anestesia local, con sedación consciente o con

anestesia monitoreada.³⁴⁻³⁶ Sin embargo, el enfoque de sedación consciente no es universal, y la conversión a anestesia general fue reportada en el 10-17% de los casos,^{37,38} con una tasa de conversión reciente más baja (5,9%) publicada en el National Cardiovascular Data Registry (NCDR).³⁹ El monitoreo con ETE se ha asociado con menor uso de contraste,⁴⁰ menor incidencia de RPV,⁴¹ y mayor éxito del procedimiento.³⁹ Un reciente estudio, realizado en un lugar con alto volumen de procedimientos que utilizó principalmente sedación consciente con monitoreo mediante ETT, mostró que hubo mayor incidencia de implante de una segunda válvula (7% frente a 2%; $P = 0,026$) y dilatación con balón post-TAVR intraprocedimiento (38% vs 17%; $p < 0,001$) en comparación con el monitoreo por ETE.⁴²

Los estudios que evaluaron el resultado clínico de los pacientes sometidos a TAVR con ETE/anestesia general o ETT/sedación moderada, no han mostrado resultados consistentes que favorezcan uno u otro enfoque. En el registro brasileño,⁴³ el uso del ETE para monitorear el procedimiento en comparación con el ETT estuvo asociado con una menor mortalidad por todas las causas (HR: 0,57) y menor mortalidad tardía (HR: 0,47). Estudios observacionales recientes apoyan la seguridad del enfoque anestésico "minimalista"^{36,44} y el European Society of Cardiology's Transcatheter Valve Treatment Registry (TCVT) encontró que la supervivencia a 1 año fue similar entre los grupos.^{35,42} Por último, el estudio observacional NCDR informó que, si bien el enfoque con sedación consciente presentó menor éxito del procedimiento, se asoció con una tasa reducida tanto de mortalidad hospitalaria (1,5% versus 2,4%, $p < 0,001$) como a 30 días después del TAVR (2,3% versus 4%, $p < 0,001$), lo que justificaría un estudio formal.³⁹ Esto es particularmente importante debido a que el TAVR comienza a abordar poblaciones de menor riesgo que también tienen menos riesgo de complicaciones durante la anestesia general, y cuyos resultados esperados son significativamente mejores que los pacientes tratados en estos registros.^{10,45}

Las ventajas y desventajas del ETT y ETE en lo que respecta a la evaluación de la regurgitación valvular después del TAVR se mencionan en la [Tabla 1](#). Utilizando el ETT, la

Tabla 1: Ventajas y desventajas del estudio ETT versus ETE para la evaluación de la regurgitación aórtica durante y después del RVAT

Parámetro	ETT	ETE
Ventajas Generales	<ul style="list-style-type: none"> • Ventana estándar para evaluar estructura y función valvular/cardiaca • Imágenes de la regurgitación paravalvular anterior con DCol • Fácil interrogación por DC del jet de IA • Fácil interrogación por DP del flujo en el TSVI • Puede brindar cuantificación volumétrica • Menos recursos intensivos 	<ul style="list-style-type: none"> • Alta resolución y alta tasa de cuadros (frame rate) para imágenes 2D y 3D, y para cuantificación del AVC • Imágenes de la regurgitación paravalvular posterior con DCol
Ventajas durante RVAT	<ul style="list-style-type: none"> • No requiere intubación ni anestesia general • Mejor visión de la regurgitación paravalvular anterior • Si es necesario, se puede cambiar al enfoque ETE 	<ul style="list-style-type: none"> • Imagen continua durante el procedimiento, independiente de la ruta de acceso del RVAT • La imagen intra-procedimiento puede ayudar a evitar complicaciones (p.e. la imagen durante valvuloplastia con balón para evaluar el riesgo de desplazamiento de calcio) • Diagnóstico inmediato de complicaciones intra-procedimiento • Menor uso de contraste para el procedimiento • Capacidad para sostener la respiración durante la anestesia general, para la mejor evaluación 3D de la RPV, y la medición del anillo aórtico (si es necesario)
Desventajas generales	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad de la imagen depende de factores del paciente (p.e. morfología del tórax, hiperinsuflado pulmonar, posición subóptima, sombra acústica por calcificación valvular) • Dificultad en imágenes de regurgitación paravalvular posterior con DCol • Menor resolución en imágenes 2D y 3D 	<ul style="list-style-type: none"> • La calidad de la imagen depende de factores del paciente (p.e. sombra acústica por calcificación valvular, posición cardiaca relativa al esófago y estómago) • Dificultad en imágenes de regurgitación paravalvular anterior con DCol en vistas esofágicas • Desafío en optimización del registro por DC del jet de IA y la imagen por DCol de la IA desde la vista transgástrica profunda.
Desventajas durante RVAT	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso del procedimiento durante la adquisición de las imágenes (para minimizar la exposición del imagenólogo a la radiación) • Imágenes no continuas durante el procedimiento pueden retrasar el diagnóstico de complicaciones (p.e. malposicionamiento valvular, ruptura anular, oclusión coronaria) • Ventanas de imágenes limitadas en rutas de acceso no transfemorales para RVAT • Dificultad para realizar cuantificación volumétrica 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere sedación consciente o cuidado anestésico monitoreado • Mayor recurso intensivo; puede prolongar hospitalización si requiere intubación y hay dificultad para extubar al paciente • Interferencia de la sonda con la imagen fluoroscópica (minimizada por articulación de la sonda)

obtención de imágenes desde la ventana paraesternal requiere de la colocación directa de la sonda dentro del campo de imagen fluoroscópica con alta exposición del ecografista a la radiación. La posición supina del paciente y la imposibilidad de evitar el campo estéril por parte del operador pueden obstaculizar la colocación óptima del transductor. También aplican las fuentes habituales de interferencia con el ultrasonido como deformidades de la pared torácica, enfisema, obesidad, etc. El ETT intraprocedimiento permite evaluar las causas de compromiso hemodinámico agudo como el derrame pericárdico, disfunción ventricular o reducción de la precarga, e insuficiencia valvular severa. La evaluación de la RPV puede ser todo un desafío cuando la ventana acústica no es la ideal. Por otro lado, una de las principales ventajas del monitoreo con ETE intraprocedimiento es la obtención de imágenes continuas durante todo el procedimiento del TAVR con diagnóstico rápido y preciso de las complicaciones, incluida la RPV.^{32,46,47} Estudios han demostrado que el monitoreo con ETE puede ser realizado en forma segura en el marco del monitoreo anestesiológico.⁴⁸ Dado que el Dcol es fundamental para ubicar y evaluar la gravedad de la RPV, es importante reconocer que la sombra de la válvula protésica puede afectar la detección de la regurgitación tanto por ETT como ETE (el ETT no puede mostrar correctamente la regurgitación paravalvular posterior, mientras que el ETE no puede hacerlo en los defectos localizados anteriormente; Figura 2). Es posible que se requiera una combinación de ambas técnicas en situaciones en las que se detecte un jet de IA en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) o en VI y el origen no pueda ser localizado por un solo método. El ETE debe incluir vistas estándar y transgástricas profundas para evaluar la hemodinámica valvular/TSVI y detectar la regurgitación paravalvular que se puede pasar por alto desde las vistas esofágicas (Figura 2). En general, los parámetros cualitativos y cuantitativos del eco-Doppler pueden obtenerse con ETT o ETE y aplicarse para

evaluar la gravedad de la RPV durante o después del procedimiento.

E. Evaluación de la Insuficiencia Valvular después del TAVR

La evaluación de la presencia y severidad de la IA después del TAVR es compleja, requiriendo imágenes y valoración por Doppler de la válvula y el anillo. La regurgitación central de la válvula es mucho menos común que la paravalvular. El examen y clasificación de la RPV no es sencillo debido a la complejidad de los jets de IA post implante valvular y a las diferencias en las características de los mismos de acuerdo a los diseños valvulares. Los chorros regurgitantes alrededor de una válvula con stent se deben a una mala aposición del stent con las estructuras circundantes nativas. Esta mala aposición puede ocurrir por varias razones: 1) expansión incompleta de la VCT (el marco plegable de la VCT tiene espacios entre las puntas metálicas); 2) los stents metálicos presentan una capacidad limitada de deformación, impidiendo el cierre completo de pequeños espacios irregulares por calcificación valvular, distrofia cálcica en el anillo o TSVI, o huecos comisurales triangulares; 3) posicionamiento incorrecto de la VCT (demasiado alto o bajo en el anillo); y 4) menor tamaño de la VCT para el tamaño anular nativo.

La evaluación de la RPV se basa fundamentalmente en las imágenes por Doppler color tanto durante el procedimiento como en el ámbito ambulatorio, ya que los parámetros doppler espectrales convencionales pueden tener limitaciones.²⁰ La evaluación por DCol proviene de resultados de 2 ensayos diferentes que utilizan 2 laboratorios centrales distintos.^{2,10} La evaluación con doppler espectral se ve particularmente obstaculizada en la evaluación de RPV durante el procedimiento de TAVR debido a las limitadas ventanas de interrogación del flujo, tanto por ETE o ETT. Por lo tanto, durante el contexto agudo, la hemodinamia y aortografía se utilizan con frecuencia para complementar las imágenes de DCol para una evaluación completa de la RPV residual (Figura 1). Por consiguiente, este

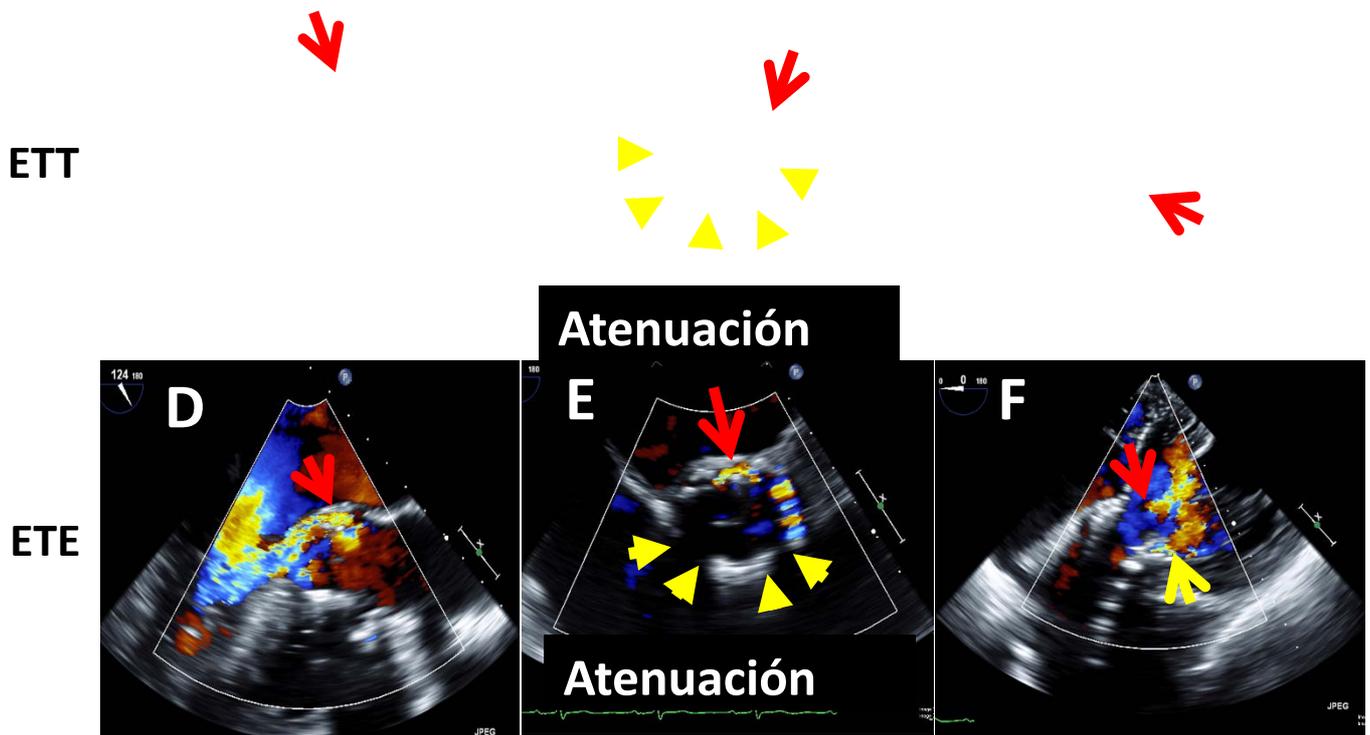


Figura 2. Demostración de fugas paravalvulares después de RVAT evaluadas por ETT y ETE en dos pacientes diferentes, demostrando la atenuación ultrasónica del anillo valvular y las estructuras adyacentes por la prótesis valvular y la importancia de la evaluación exhaustiva con imagen por Doppler color en las vistas apicales (apical en ETT y transgástricas en ETE). Panel A al C muestran una fuga paravalvular anterior que es identificada desde un eje paraesternal largo (A), vista de eje corto (B) y vista modificada apical de cinco cámaras (C). Existe atenuación posterior (flechas amarillas). Paneles D-F muestran fuga paravalvular posterior en vista mesoesofágica de 120° (D) y vista de eje corto (E); la vista transgástrica (F) muestra dos jets de regurgitación paravalvular, un jet es anterior y el otro posterior. Sin una interrogación cuidadosa y exhaustiva, la fuga anterior podría haberse perdido si se evalúa solo en vistas mesoesofágicas debido a la atenuación (flechas amarillas).

documento abordará los métodos de aortografía, evaluación hemodinámica y Doppler que se pueden usar en el ámbito intervencionista durante el TAVR (parámetros cualitativos/semicuantitativos) y detallará también otros métodos cuantitativos Doppler y RMC que se pueden aplicar fuera del laboratorio de intervención para una valoración más completa de la RPV con técnicas no invasivas.

1. Aortografía. Se puede usar cineangiografía convencional con inyección de contraste en la raíz aórtica para determinar la severidad de la IA intraprocedimiento.⁴⁹ Esto generalmente se realiza durante el procedimiento de TAVR en el

laboratorio de hemodinamia cuando el DCol detecta IA y su gravedad requiere de una evaluación adicional. Sin embargo, este enfoque rara vez se indica en el contexto crónico o para el seguimiento seriado. La clasificación angiográfica, si bien es útil en los casos extremos, carece de una buena correlación con la valoración cuantitativa de la severidad de la IA, y no puede diferenciar de manera confiable regurgitación central de paravalvular.^{20,50,51}

2. Evaluación hemodinámica en el laboratorio de cateterismo. Varios investigadores han intentado utilizar los trazados hemodinámicos obtenidos durante el

procedimiento de TAVR para evaluar la gravedad de la IA. Se han propuesto varios índices, la mayoría de los cuales utilizan una combinación de diferencias entre la presión aórtica y la presión diastólica del VI (Tabla 2).⁵²⁻⁵⁵ La premisa de estos índices es que la diferencia entre las presiones diastólica aórtica y del VI disminuye a medida que aumenta la severidad de la IA aguda (mayor presión diastólica del VI, menor presión diastólica aórtica o una combinación de las dos). A pesar de las múltiples limitaciones de estos índices, que incluyen la dependencia con la frecuencia cardíaca y la incapacidad para distinguir regurgitación valvular de paravalvular, siguen siendo una herramienta complementaria útil inmediatamente después del TAVR para evaluar la gravedad hemodinámica aguda de la IA y su impacto pronóstico.⁵²⁻⁵⁵

3. Evaluación ecocardiográfica doppler de IA post-TAVR. De manera similar a cualquier evaluación de regurgitación, el examen de la RPV debe ser un enfoque integrador que utilice parámetros cualitativos, semicuantitativos y cuantitativos. Estos parámetros Doppler son, en principio, similares a los utilizados en la evaluación de la IA valvular protésica o nativa.⁷ Sin embargo, existen consideraciones

particulares relacionadas con el TAVR y la población de TAVR que pueden condicionar el enfoque para obtener imágenes de RPV, así como la factibilidad, aplicabilidad y precisión de los parámetros Doppler estándar en la evaluación de la severidad de la regurgitación. La Tabla 3 menciona los parámetros ecocardiográficos que se pueden usar en la evaluación de la gravedad de la RPV post-TAVR y ofrece comentarios técnicos, de interpretación y advertencias. La Tabla 4 detalla la evaluación global completa de la insuficiencia aórtica después del implante valvular.

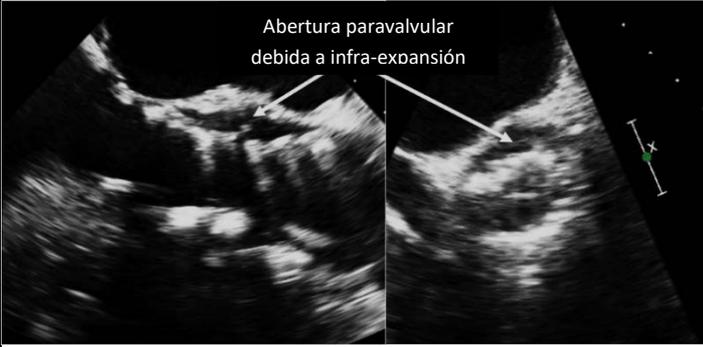
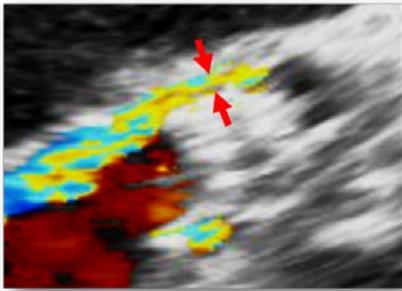
Se deben mencionar algunos aspectos acerca de la evaluación de la gravedad de la RPV después del TAVR (Tabla 3). Primero, la forma y posición del stent pueden apoyar los hallazgos Doppler de IA, pero carecen de sensibilidad y especificidad para la severidad de la regurgitación. Segundo, la RPV post-TAVR se origina frecuentemente en múltiples sitios del espacio paravalvular, con jets que tienen formas y trayectorias irregulares, por lo que es un gran desafío estimar la gravedad de la IA con los parámetros estándar de DCol. En tercer lugar, las limitaciones en la imagen de IA son similares a las observadas con prótesis quirúrgicas,⁶ como la sombra acústica del

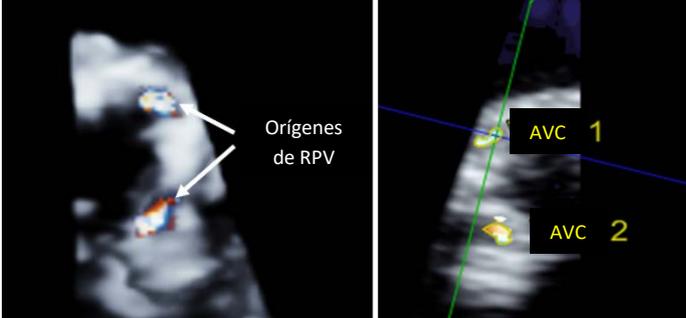
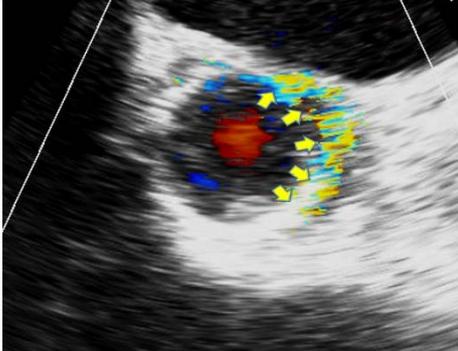
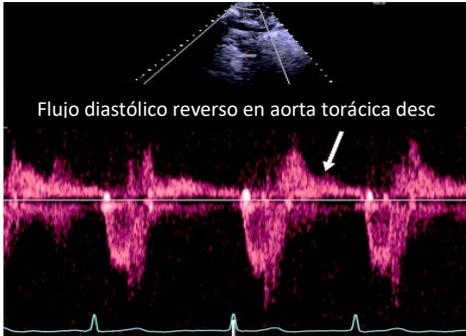
Tabla 2: Índices hemodinámicos invasivos para evaluación de la severidad de la IA inmediatamente después del RVAT

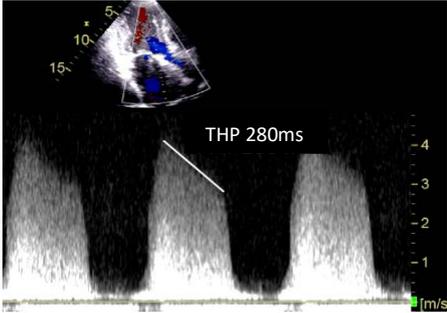
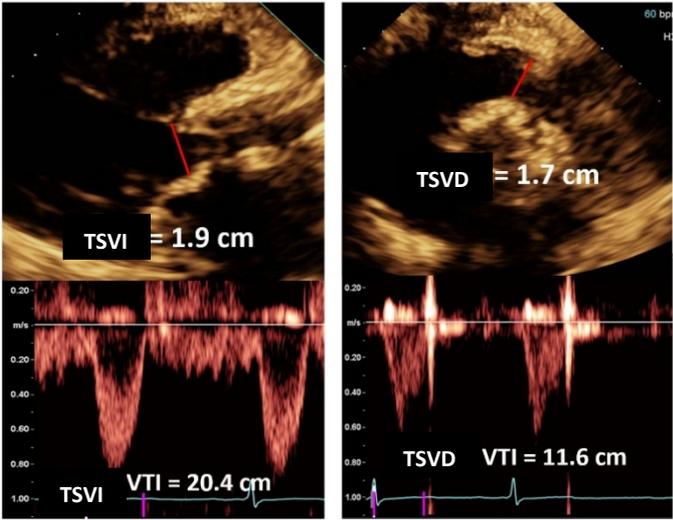
Autor	Índice	Fórmula	Valores de corte significativos
Sinning et al. [52]	Índice IA	$([PAD - PTDVI] \div PAS) \times 100$	Índice IA <25 predice alta mortalidad
Sinning et al. [54]	Radio IIA	Radio del índice IA post procedimiento al pre procedimiento	Radio IIA <0.60 mejora la predicción de mortalidad al año del índice IA post RVAT <25
Jilaihawi et al.[53]	Score CHAI	$([PAD - PTDVI] \div FC) \times 80$	<25 (indica RPV ≥ moderado), predice alta mortalidad
Bugan et al. [55]	Índice TIAR	$(Integral\ tiempo\ de\ presión\ diastólica\ VI - Ao) / (Integral\ tiempo\ de\ presión\ sistólica\ VI) \times 100$	Índice TIAR <80 se asoció con una sensibilidad de 86% y una especificidad de 83% para IA ≥ leve

IA = insuficiencia aórtica; IIA = Índice de IA; CHAI = Compuesto insuficiencia aórtica ecocardiográfica-hemodinámica, ajustada a frecuencia cardíaca; PAD = presión arterial diastólica; FC = frecuencia cardíaca; PTDVI= presión telediastólica del ventrículo izquierdo, PAS = presión arterial sistólica; TIAR = Insuficiencia aórtica tiempo integrado.

Tabla 3. Parámetros ecocardiográficos (ETT/ETE) y comentarios respectivos en la determinación de la severidad de IA post RVAT

Parámetros		Comentarios
Forma y posición del Stent		No es preciso al predecir presencia/severidad de IA
Doppler Color		
Número de jets, localización, dirección y excentricidad del jet		<ul style="list-style-type: none"> - Requiere escaneo meticuloso de toda la válvula para identificar los sitios de regurgitación, que son frecuentemente múltiples y excéntricos - Es esencial para identificar el origen de los jets, los cuales pueden no estar todos al mismo nivel - La imagen de eje corto por debajo de la válvula puede sobreestimar la severidad de la IA en jets excéntricos - La atenuación del ultrasonido por la prótesis en el campo lejano puede impedir la visualización de la regurgitación (anterior con ETE y posterior con ETT) - Las vistas transgástricas profundas durante ETE son esenciales para la evaluación de los jets regurgitantes (área y longitud del jet no son utilizados para evaluar la severidad de la regurgitación)
Ancho de Vena contracta (Ancho de VC)		Ancho de VC >0.6 cm es específico de IA severa; la severidad de múltiples jets pequeños es más difícil de evaluar

<p>Área de Vena contracta (AVC)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Puede permitir adición de múltiples jets - Propenso a artefactos radiantes - Precisión limitada por la resolución espacial en jets pequeños
<p>Extensión Circunferencial (%)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Extensión circunferencial continua de IA >30% indica IA severa - La extensión circunferencial de escasos jets pequeños o discretos es más difícil de evaluar
<p>Flujo de convergencia</p>		<p>Flujo de convergencia grande en aorta indica IA severa</p>
<p>Doppler espectral</p>		
<p>Flujo reverso en aorta descendente (DP)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Es útil si el flujo es nuevo (en relación con el basal) y holodiastólico compatible con IA moderada; flujos reversos aórticos menores no son diagnósticos - El flujo holodiastólico reverso en aorta abdominal es más específico de IA significativa

<p>Perfil del doppler continuo del jet de IA (densidad de la onda de velocidad, tiempo de hemipresión)</p>		<ul style="list-style-type: none"> - Densidad de la onda de velocidad consistente con IA mayor a leve - Tiempo de hemipresión en extremos (>500 o <200 ms) puede ser de gran ayuda; influenciado por compliance del VI y otros factores
<p>Parámetros Cuantitativos</p> <p>VoIR, FR, y AEOR</p>		<ul style="list-style-type: none"> - No factible durante el procedimiento de RVAT - Volumen latido por DP en el TSVI: se debe prestar atención particular al sitio de medición del diámetro del TSVI y la velocidad dependiendo del tipo de válvula RVAT - Se recomienda ecocardiografía 3D o eco con contraste para cuantificación volumétrica del volumen latido del VI para evitar infraestimación del VoIR y FR - El anillo valvular mitral tiene limitaciones para el cálculo del volumen latido sistémico en presencia de calcificación anular; se puede utilizar el sitio del TSVD en ausencia de insuficiencia pulmonar significativa - La determinación del AEOR ($VoIR/VTI_{IA}$) es raramente utilizada clínicamente

Abreviaturas: IA = insuficiencia aórtica; AEOR = área efectiva del orificio regurgitante; VI = ventrículo izquierdo; TSVI = tracto de salida del VI; FR = fracción regurgitante; VoIR = volumen regurgitante; TSVD = tracto de salida del VD; VTI = integral velocidad-tiempo

campo lejano (región paravalvular posterior para ETT y paravalvular anterior para ETE; [Figura 2](#)), que requieren una búsqueda extensa de jets mediante múltiples ventanas ([Figura 3](#)). Es esencial usar enfoques que no sólo eviten la sombra acústica, sino que también muestren los jets regurgitantes paralelos al haz de insonación: en general, ventanas apicales y subcostales para ETT, y medio esofágico y gástrica profunda para ETE. Ante jets muy excéntricos con dirección anterior o posterior, la ventana paraesternal

puede ser una ventaja para el ETT. Cuarto, la trayectoria del jet paravalvular así como la cantidad de los mismos se ven afectados significativamente por calcio y valvas nativas, y por la naturaleza discontinua del stent metálico. Esto es particularmente importante de entender cuando se evalúa la extensión circunferencial de la RPV. La longitud o área del jet no se debe usar para evaluar la gravedad, sino para confirmar la presencia y ubicación de los jets de IA.

Tabla 4: Evaluación de la severidad de la insuficiencia aórtica protésica post RVAT

Severidad de la RPV	Leve	Moderada	Severa
Aortografía	El contraste no llena todo el VI y se aclara con cada ciclo	Intermedio	El contraste llena el VI en el primer latido, finalizando con mayor densidad que en la aorta ascendente
Parámetros hemodinámicos invasivos			
Índice de IA*	≥25	<25	<25
Muesca dicrótica	Presente	Presente	Aclarada o ausente
Ecocardiografía: ETT y/o ETE			
Parámetros estructurales			
Posición de la prótesis	Usualmente normal	Variable	Frecuentemente anormal
Morfología valvular y del stent	Usualmente normal	Variable	Frecuentemente anormal
Parámetros Doppler			
Cualitativo			
Flujo de convergencia proximal (DCol)		Puede estar presente	Con frecuencia presente
Densidad de la onda de velocidad de la IA (DC)	Ligera	Densa	Densa
Flujo reverso diastólico (DP) en: -Aorta descendente proximal ^{¶¶} -Aorta abdominal	-Diastólico temprano, corto -Ausente	-Puede ser holodiastólico -Ausente	-Holodiastólico (Velocidad tele-diastólica ≥20 cm/s) -Presente
Semi-cuantitativo			
Ancho de vena contracta (cm) (DCol)	<0.3	0.3-0.6	>0.6
Área de vena contracta (cm ²) [‡] (2D/3D DCol) [‡]	<0.10	0.10-0.29	≥0.30
Extensión Circunferencial de la RPV (%) (DCol) ^{#∅}	<10	10-29	≥30
Pendiente de desaceleración del jet (THP ms) ^{¶¶} (DC)	Variable Usualmente >500	Variable 200-500	Empinado Usualmente <200**
Cuantitativo			
Volumen regurgitante (mL)	<30	30-59 [∅]	>60 [∅] (Puede ser menor en estados de bajo flujo)
Fracción regurgitante (%)	<30	30-49	≥50
AEOR (cm ²) [∅]	<0.10	0.10-0.29 [∅]	≥0.30 [∅]

* Uno de los parámetros hemodinámicos (Tabla 1) utilizado en el laboratorio de cateterismo después del RVAT.

**Puede no ser específico para insuficiencia aórtica severa en el contexto de compliance ventricular o aórtica anormal.

‡ El área de vena contracta es medido por planimetría de la vena contracta del jet(s) en imágenes por Doppler color 2D o 3D en la vista eje corto.

¶ Más específico en evaluación peri-procedimiento o post-procedimiento temprano. El flujo holodiastólico reverse puede no ser visto en bradicardia severa.

∅ Influenciado por la compliance aórtica y del VI, particularmente en esta población.

¶¶ Dependiente de la compliance aórtica; limita su utilidad en la población geronte; influenciada por la frecuencia cardíaca.

Medida como la suma de las longitudes circunferenciales de la vena contracta de cada jet regurgitante (sin incluir el espacio no regurgitante entre los jets separados) dividido por la circunferencia del borde externo de la válvula.

⊘ Es mejor no utilizar la extensión circunferencial de la RPV como único parámetro, pero sí en combinación con el ancho y/o área de vena contracta.

⊙ Puede ser funcionalmente importante con valores menores dependiendo de la agudeza de la RPV, y del tamaño y función del VI. Cuando el volumen latido total es calculado de los volúmenes del VI, se recomienda utilizar ecocardiografía 3D y preferiblemente ecocardiografía con contraste para evitar infraestimación de los volúmenes del VI, VoIR y FR.

⊚ El AEOR es raramente utilizado en IA. Se deriva del enfoque volumétrico, no por PISA.

Abreviaturas:

RPV = regurgitación paravalvular; IA = insuficiencia aórtica; ETT = ecocardiografía transtorácica; ETE = ecocardiografía transesofágica; 2D = bi-dimensional; 3D = tri-dimensional; DCol = Flujo Doppler color; DC = Doppler de onda continua; THP = tiempo de hemipresión; DP = Doppler onda pulsada, TSVI = tracto de salida del ventrículo izquierdo; AEOR = área efectiva del orificio regurgitante.

Detección de Regurgitación aórtica paravalvular post RVAT con Doppler Color

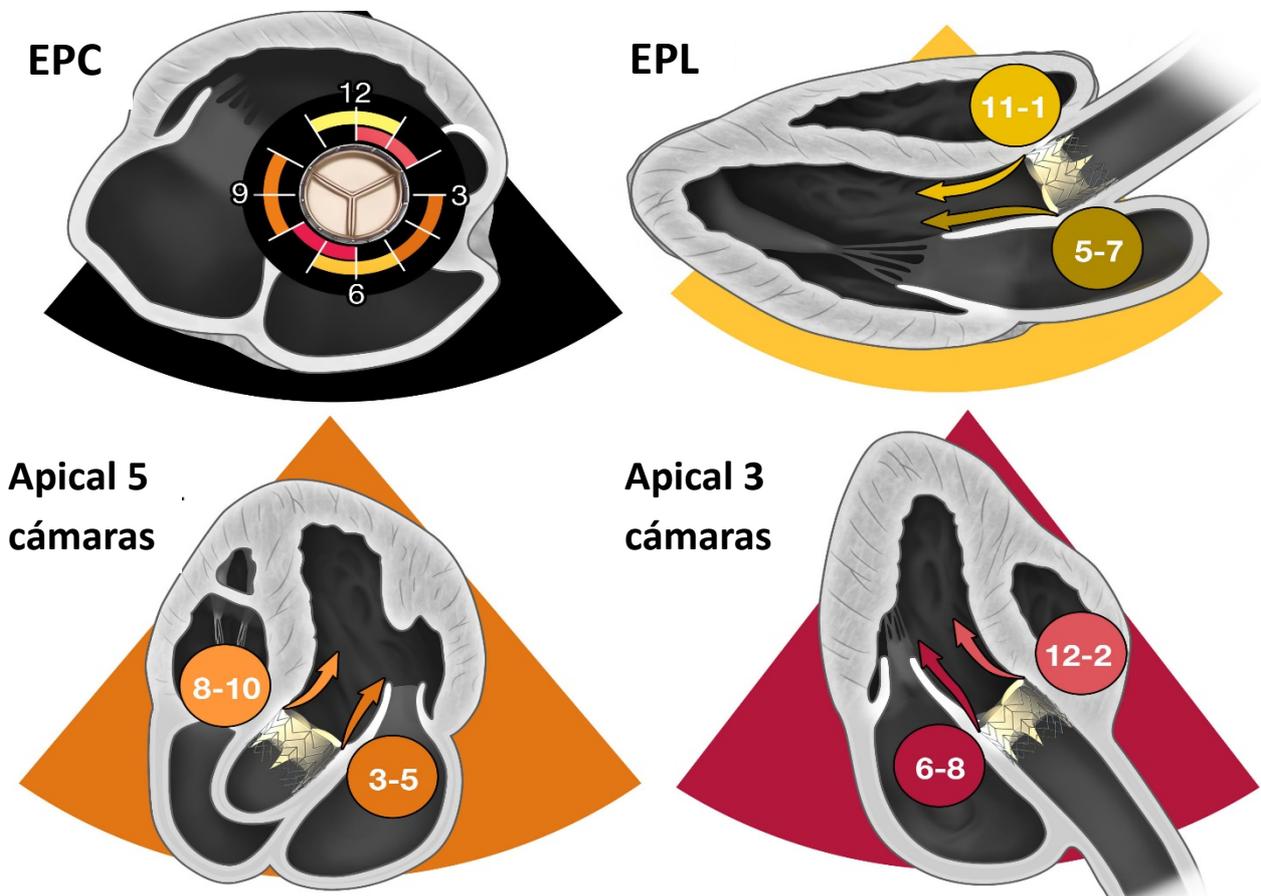


Figura 3. Vistas ecocardiográficas 2D estándar que representan la detección de regurgitación paravalvular relacionada a RVAT. El código de color delinea las regiones alrededor de la válvula protésica que puede ser visualizada en vistas paraesternal y apical. Con la rotación del plano ultrasónico, e inclinación hacia arriba o hacia los lados se obtiene una interrogación más completa de la válvula. Estos planos pueden acortar las estructuras cardiacas, pero son esenciales en la detección y localización de regurgitación residual. La importancia de las vistas apicales recae en el hecho de que algunos jets pueden no ser detectados en vistas paraesternales debido a la sombra de la prótesis en el eje paraesternal corto (EPC; superficie lateral, medial y posterior; ver Figura 2) o están localizados medial o lateralmente al no ser visibles en el eje paraesternal largo (EPL).

a. *Características del jet con Doppler color.* La evaluación de la RPV después del TAVR se basa en gran medida en el DCol. Es, por lejos, la modalidad fundamental durante la intervención de TAVR. Es importante evaluar una serie de características del jet: el ancho en su origen, el número, si hay flujo de convergencia proximal visible (generalmente un signo de RPV mayor que leve), trayectoria/dirección del jet y su extensión circunferencial. Si bien los jets de RPV pueden no ser tan anchos como en las válvulas quirúrgicas, un ancho de VC de un jet único en su origen >6 mm es específico para IA severa. Si se puede visualizar el trayecto del jet rodeando el stent valvular hacia el VI, generalmente hay una mala aposición significativa del stent y la RPV es más que leve.⁵⁶ Debido a que los jets de RPV pueden ser redirigidos por los depósitos de calcio, es importante tener en cuenta la dirección de la IA; ya que muchas veces estos jets son excéntricos, atravesando el plano del eje corto del tracto de salida del VI (Figura 4). La severidad de esta IA es propensa a una sobreestimación si se evalúa la extensión circunferencial del jet únicamente desde la vista de eje corto. Debido a que la cantidad de jets también refleja la gravedad, se debe realizar una búsqueda exhaustiva de todos los chorros, utilizando múltiples ventanas, imágenes biplanares y movimientos sutiles del transductor dentro de cada ventana.

La extensión circunferencial del jet es un parámetro útil en la valoración de la gravedad de la RPV; sin embargo, al igual que con todos los parámetros, no debe utilizarse de forma aislada (Figura 5). Los criterios actualizados del Valve Academic Research Consortium (VARC-2)⁵⁷ utilizados en el ensayo PARTNER I⁵⁸ recomiendan lo siguiente con respecto a la extensión circunferencial de la IA paravalvular en vista de eje corto: mínima (jet trivial), leve (<10%), moderada (10-30%), y severo (>30%). Estudios recientes que utilizan los criterios VARC-2, incluido este parámetro, han mostrado un aumento de la mortalidad asociada con una peor gravedad de la RPV.^{10,45,59}

Para evaluar la IA residual con DCol post-TAVR, se deben considerar las siguientes advertencias:

1. La totalidad de la válvula transcáteter debe ser escaneada, desde el extremo distal (aórtico) hasta el extremo proximal (ventricular), para identificar el número, ubicación(es) y dirección(es) del jet(s) de IA.
2. El eje corto completo de la válvula debe visualizarse en una única vista, si es posible, de modo que el nivel de la válvula sea el mismo en el campo lejano como en el cercano y en el lateral como en el medial.
3. Los jets centrales de IA protésicos se producirán a nivel de coaptación de las valvas, mientras que la RPV ocurrirá en el borde proximal (ventricular) de la válvula. Es importante destacar que para considerar una regurgitación verdadera el jet debe ingresar al VI, por lo que las imágenes inmediatamente por debajo del borde del stent confirmarán la presencia de una RPV verdadera; sin embargo, la vena contracta del jet debe medirse en su región más estrecha.
4. El flujo color alrededor de la válvula transcáteter dentro de los senos de Valsalva pero por encima de la cubierta anular de la válvula no debe confundirse con RPV. El flujo en los senos tiene una baja velocidad y no se conecta con el TSVI en diástole. El escaneo a través del eje largo de la válvula es útil para distinguir el flujo color en los senos de la RPV.
5. Los jets pequeños de regurgitación suelen estar aislados de los espacios abiertos del stent y no de los "nudos" de la estructura del mismo. Es importante no incluir la estructura del stent en la medición de la extensión circunferencial de la regurgitación, sino integrar sólo los chorros regurgitantes (Figura 5).
6. En contraste con la IA de válvula nativa, la relación entre el ancho del jet y el ancho del TSVI o el área de sección transversa del jet con la sección transversa de la válvula o TSVI no se debe usar para evaluar la gravedad de la IA, ya que estos jets frecuentemente son excéntricos, restringidos y arrastrados dentro del TSVI, lo que lleva a su rápido ensanchamiento (Figura 4).
7. El uso de un esquema de reloj para representar la vista del eje corto (colocar la válvula tricúspide en hora 9) puede ser útil para registrar la ubicación, número de jets y realizar comparaciones en el seguimiento (Figura 3).
8. La evaluación ecográfica del nivel de colocación de la válvula es importante para ayudar al médico implantador y permitir evaluar el mecanismo y la

potencial solución de una IA significativa (es decir, después de la dilatación, el reposicionamiento de la válvula, la colocación de una segunda válvula o

incluso la posible colocación de un dispositivo de cierre).

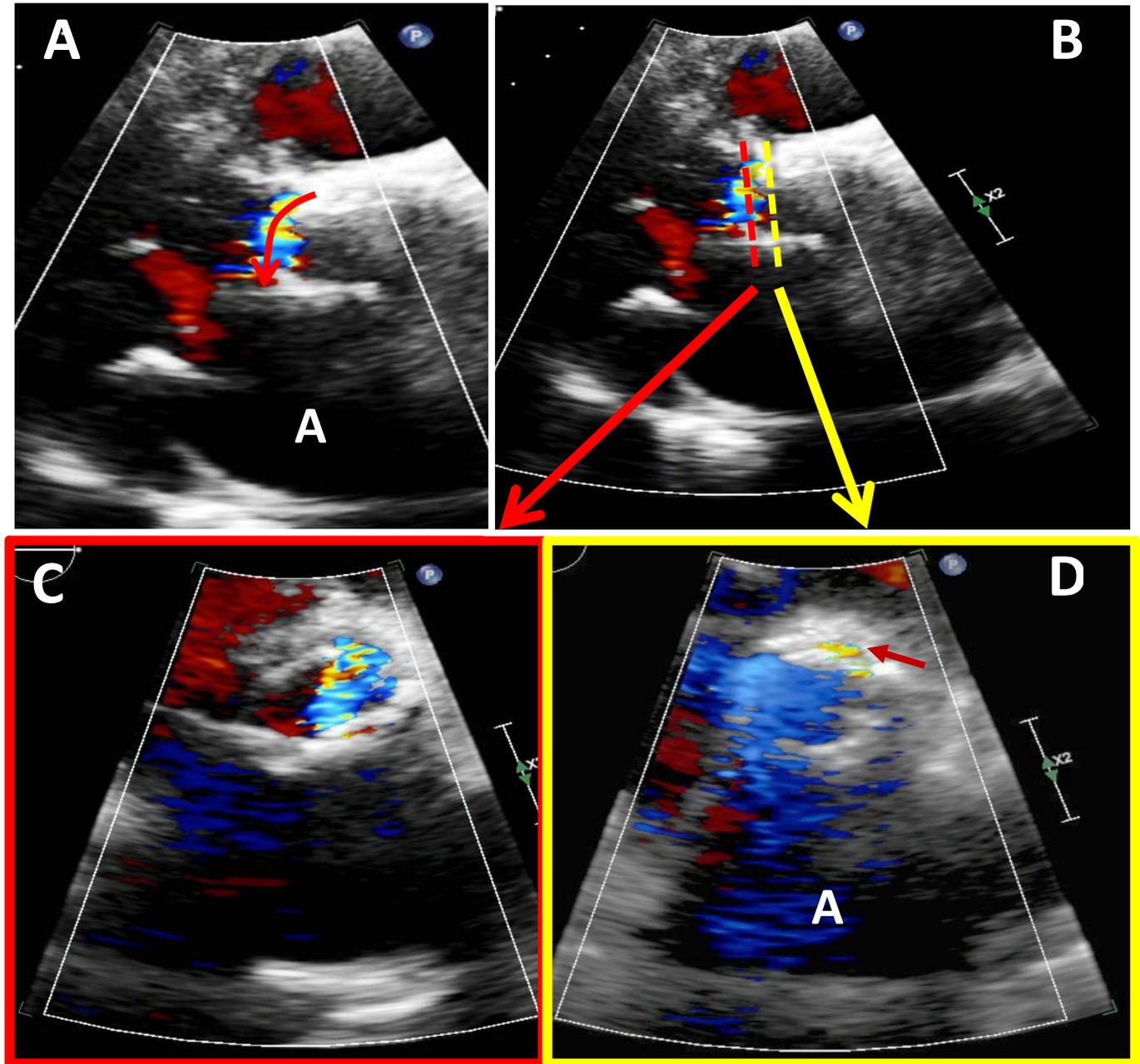


Figura 4. Efecto de la excentricidad del jet de IA en Doppler color para la evaluación de la severidad de RPV posterior a RVAT. Es necesario el escaneo de toda la extensión del stent valvular en eje corto para identificar la vena contracta de los jets. La selección adecuada del plano del eje corto es crítica. En el caso de un jet excéntrico en el TSVI (A; flecha curva), el plano por abajo del anillo valvular (B; rojo punteado) muestra un gran jet de color que se propaga en el TSVI (C) sobreestimando la severidad de IA. Al seleccionar el eje corto adecuado a nivel del anillo aórtico (D), el orificio regurgitante se representa mejor (flecha roja pequeña), más consistente con insuficiencia paravalvular leve. Del mismo modo, una vista alta del eje corto a nivel de la raíz aórtica (no mostrada) puede ser malinterpretada debido al flujo diastólico normal en los senos de Valsalva o las arterias coronarias; aunque los flujos en estas localizaciones tienen velocidades más bajas y no presentan saturación de escala de color.

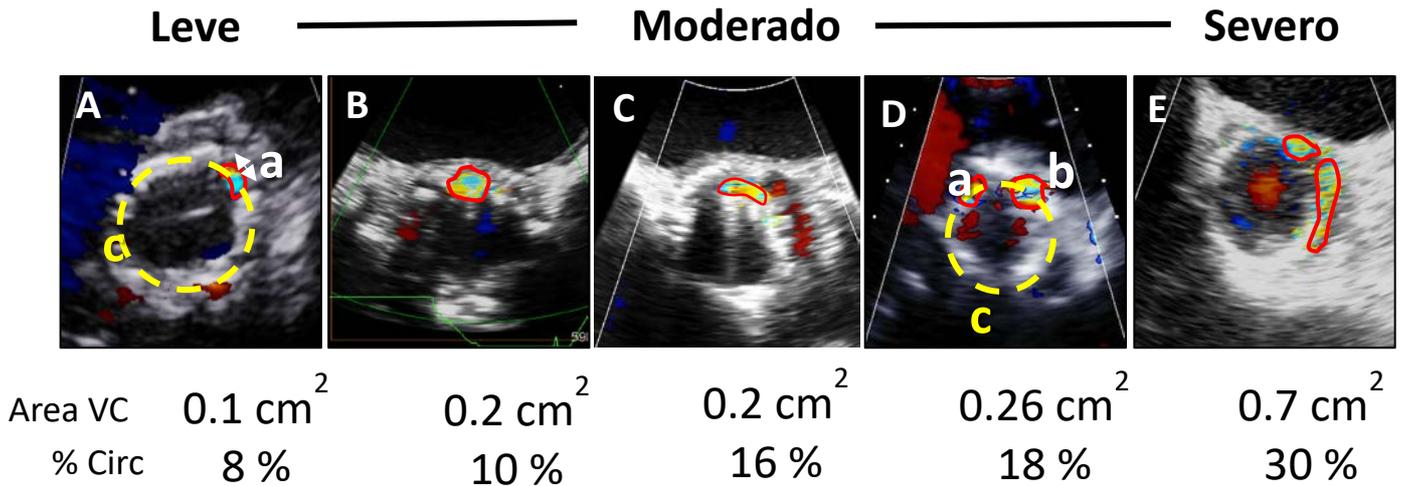


Figura 5. Ejemplos de insuficiencia paravalvular de diferentes grados de severidad usando Doppler color en eje corto utilizando dos criterios: área de vena contracta (AVC), y extensión circunferencial del jet en % (Circ) en relación a la circunferencia total del anillo de la válvula protésica. %Circ se calcula como la longitud del jet a lo largo de la curvatura de la válvula (“a” en Panel A) dividido por el perímetro total (“c” en panel A) como: $(a/c) \cdot 100$. En el caso de dos jets (D), %Circ sería $[(a + b)/c] \cdot 100$. A medida que aumenta el AVC y la extensión circunferencial del jet, la severidad de la IA es más significativa. Sin embargo, el AVC en RVAT se ve afectado tanto por la extensión circunferencial como por el grosor de la IPV, es decir, la separación de la válvula de la pared aórtica. Como se muestra en los Paneles A y B, la extensión circunferencial a veces puede ser similar a la de la regurgitación leve, pero el grosor de la IPV es grande, formando una AVC más grande (B). Del mismo modo, los paneles B y C muestran dos lesiones de severidad moderada por AVC pero diferente extensión circunferencial. Estas consideraciones son muy importantes en la evaluación de IA leve y moderada, así como en múltiples jets (A-D). Una vez que la extensión circunferencial supera el 30%, la IPV suele ser severa.

La ecocardiografía tridimensional con Doppler color se puede utilizar para realizar planimetría de la vena contracta, como estimación del área del orificio regurgitante.⁶⁰⁻⁶² Estudios han demostrado la factibilidad de medir el área de la vena contracta (ACV) 3D de la IA en válvulas nativas^{61,63-65} como post-TAVR.⁶² Los principales problemas de esta técnica actualmente son el bajo frame rates (baja repetición de fotogramas) y los artefactos en el color, que podrían resolverse con tecnología 3D más avanzada.

b. Doppler de onda pulsada y onda continua. Clásicamente, se han utilizado dos parámetros por DC en la evaluación de IA: la densidad de la forma de la onda de velocidad y la tasa de desaceleración (Tiempo de hemipresión). Estos pueden tener una aplicabilidad limitada en la población con TAVR. La presencia de múltiples jets en la RPV limita la utilidad de la

densidad espectral por DC de un solo jet; sin embargo, la obtención de una onda de velocidad muy densa puede indicar al menos que la IA es moderada. En la población actual de pacientes ancianos sometidos a TAVR, las anomalías de compliance ventricular y aórtico pueden limitar el uso del tiempo de hemipresión en la valoración de la gravedad de la RPV. Un reciente estudio de modelo computarizado confirmó que el aumento de la rigidez aórtica y/o VI conducen a un descenso más rápido del gradiente de presión transvalvular y, por lo tanto, a una mayor disminución de la velocidad del flujo diastólico a través de la válvula aórtica; en comparación con rigidez normal y con el mismo orificio regurgitante. Este descenso más rápido provoca un tiempo de hemipresión más corto (simulando mayor severidad de IA) y a una menor fracción regurgitante (representando una menor severidad de IA).⁶⁶

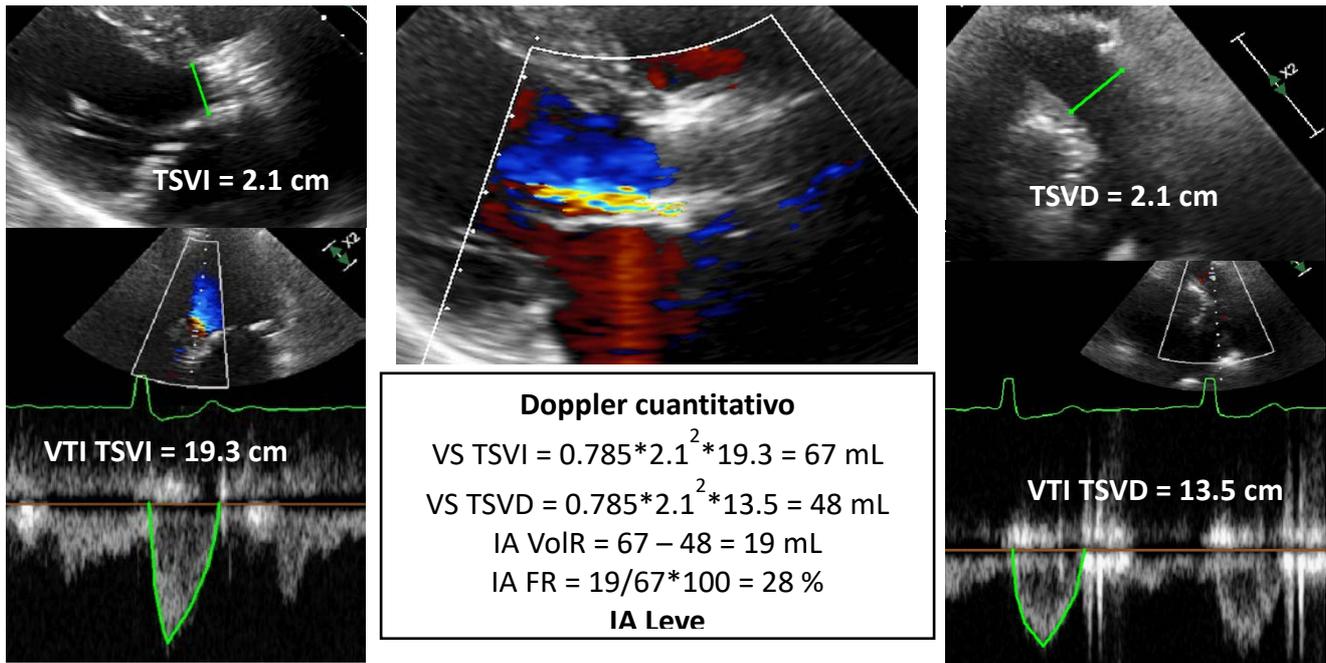


Figura 6. Evaluación cuantitativa del volumen regurgitante (VolR) y la fracción regurgitante (FR) por Doppler en un paciente con IA posterior a RVAT. El volumen latido (VL) se calcula en el TSVI y TSVD en este paciente con calcificación del anillo mitral. La cuantificación del flujo complementa la evaluación de la severidad de IA.

La inversión del flujo en aorta descendente registrada mediante Doppler de onda pulsada también puede tener un valor limitado en presencia de compliance aórtica o ventricular anormal. Varios estudios en pacientes con hipertensión arterial han mostrado cierta inversión del flujo en aorta descendente en ausencia de IA.^{67,68} Por lo tanto, para usar este parámetro en la valoración de la gravedad de la regurgitación post-TAVR, es esencial un examen del flujo en aorta descendente previo al TAVR. En ausencia de inversión del flujo basal, una nueva reversión holodiastólica en aorta torácica descendente es consistente con al menos IA moderada,⁵⁶ y probablemente severa si la velocidad diastólica final es >20 cm/s a una frecuencia cardíaca normal.⁶⁹ Ante bradicardia severa, la reversión del flujo holodiastólico puede no verse, a pesar de la presencia de IA severa. La inversión del flujo en aorta abdominal es un indicador más específico de regurgitación significativa.⁷⁰

c. *Evaluación Doppler cuantitativa de la gravedad de la RPV.* La cuantificación de la IA protésica involucra el cálculo del volumen

regurgitante (VolR), la fracción regurgitante (FR) y, con menos frecuencia, el área efectiva del orificio regurgitante (AEOR; [Figura 6](#)). Los métodos para calcular estos parámetros están bien detallados en guías previas.⁶ Sin embargo, es importante resaltar algunos problemas que pueden surgir en esta población con TAVR haciendo variar el enfoque de la cuantificación, la precisión de estos parámetros y sus implicancias clínicas en la evaluación de la RPV.

Metodología: en la regurgitación aórtica el VolR se calcula como el volumen latido total del VI menos el volumen latido sistémico. El volumen latido del VI se cuantifica con doppler de onda pulsada en el TSVI o con un enfoque volumétrico (diferencia entre los volúmenes de fin de diástole y fin de sístole del VI). No es fácil el cálculo del volumen latido del VI en el tracto de salida por DP en la población con TAVR. Esto se obtiene de la medición del diámetro del TSVI en presencia de una válvula protésica que sobresale en el TSVI (a diferencia de una válvula quirúrgica suturada en el anillo aórtico).

Cálculo del Volumen latido en el TSVI en RVAT

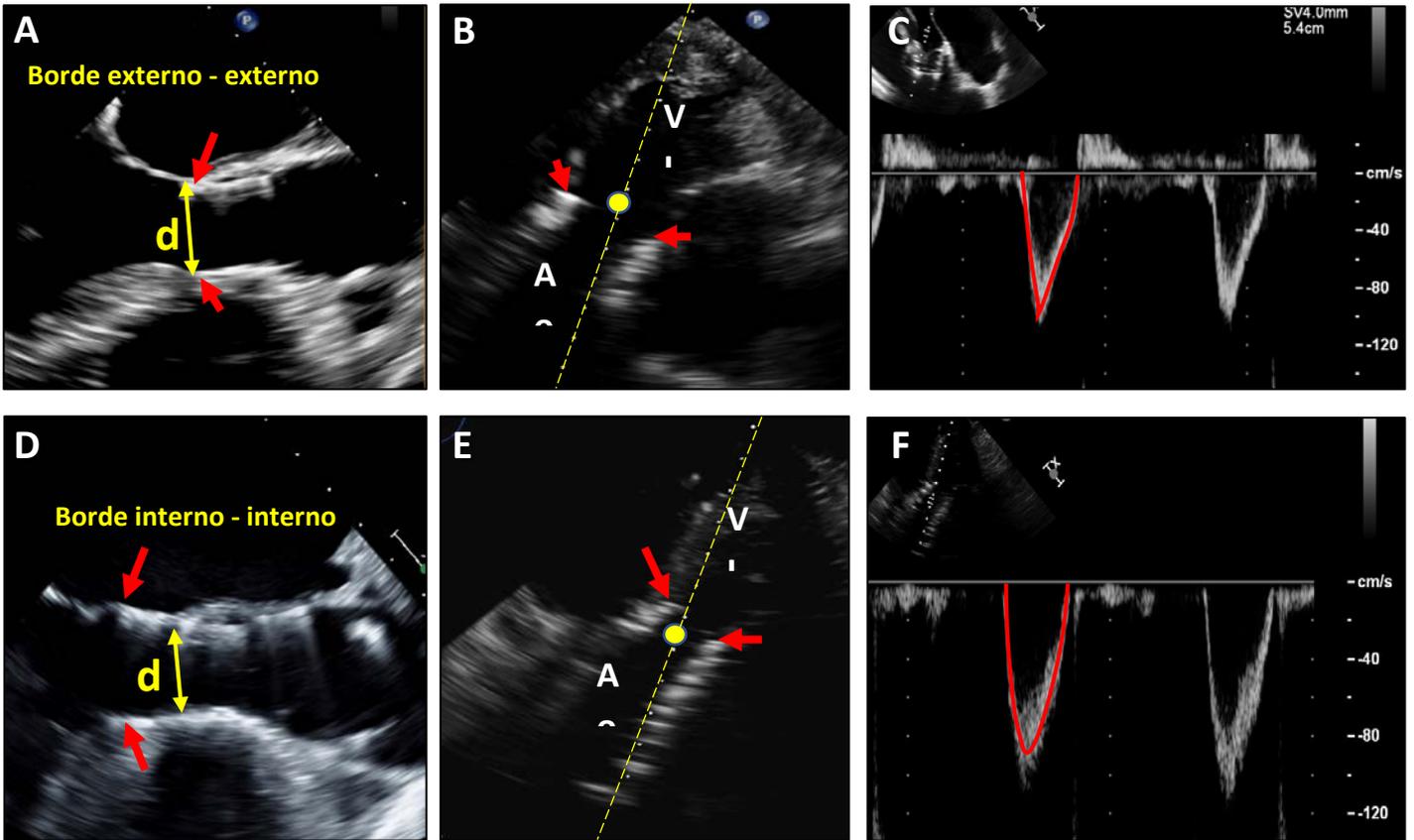


Figura 7. Cálculo del volumen latido en el TSVI en válvulas aórticas transcater. La evaluación predeterminada se realiza midiendo el diámetro del TSVI desde el borde exterior al borde exterior en el extremo inferior (ventricular) del stent de la válvula (**A**, flecha). El volumen muestra del Doppler de onda pulsada (DP) se coloca inmediatamente proximal al sitio de aceleración del flujo en la entrada al stent (**B**). El VL es calculado como de costumbre, suponiendo una geometría LVOT circular como: $0.785 \cdot d^2 \cdot \text{VTI}$. En los casos en que una válvula autoexpandible tiene un implante bajo en el VI, particularmente si el extremo inferior del stent no está muy cerca de la valva mitral anterior y el tabique interventricular, un enfoque alternativo es medir el diámetro del borde interno al borde interno del stent de la válvula inmediatamente proximal a las cúspides (**D**). El volumen muestra de DP debe colocarse justo dentro del stent pero próximo al sitio de aceleración del flujo en las cúspides (**E**). Tomar en cuenta que en las válvulas transcater hay una aceleración del flujo en la entrada al stent y nuevamente en las cúspides. Las flechas rojas apuntan al extremo inferior del stent. Los paneles C y F muestran las respectivas imágenes de DP en el TSVI.

Los métodos para calcular el volumen latido en el TSVI y el área de la válvula aórtica después del implante valvular tanto expandibles con balón como autoexpandible se han publicado recientemente. Es importante coincidir la ubicación del volumen de muestra del DP con el de la medición del diámetro de la VCT para que el cálculo del volumen latido sea preciso (Figura 7). Lo recomendado es medir el diámetro del TSVI desde el borde exterior a

borde exterior del stent valvular en su extremo ventricular, con el volumen de muestra del DP apical al stent valvular (Figura 7, paneles superiores). En los casos que la prótesis se coloque demasiado profundo en el TSVI, invadiendo la valva anterior de la válvula mitral, se realiza la medición del diámetro interno del stent en el nivel medio (nivel de las valvas), con el volumen de muestra del DP colocado en el stent pero proximal a la válvula (Figura 7,

paneles inferiores).⁷¹ Cuando exista dificultad técnica, se debe usar el método volumétrico del VI, siempre que no haya regurgitación mitral significativa.

Para calcular el volumen latido a partir de los volúmenes del VI, es fundamental evitar el acortamiento del VI. En general, se prefieren los volúmenes por 3D a los 2D. En los estudios con definición endocárdica subóptima, se recomienda el uso de ecocontraste para evitar la subestimación del tamaño ventricular y, por ende, del volumen latido, VoIR, y FR. Por último, para el cálculo del volumen latido, el sitio habitual es la válvula mitral (VM) utilizando DP para obtener el volumen de entrada mitral, lo que puede ser problemático en esta población, debido a que el anillo suele tener calcificación, que dificulta la medición correcta de su diámetro y por lo tanto la precisión del área del mismo. El sitio del anillo mitral también puede ser problemático en presencia de una regurgitación mitral más que leve. En estas circunstancias, un territorio alternativo es el anillo pulmonar para calcular el volumen latido (Figura 6).

Por último, el AEOR puede calcularse a partir de la relación del VoIR con la integral velocidad-tiempo del jet de IA, obtenida por DC, aunque rara vez se realiza. El AEOR que utiliza el método del área de superficie de isovelocidad proximal (PISA) generalmente no es factible debido a que la convergencia de flujo desde la ventana apical se ve obstaculizada por la sombra de la prótesis y su forma habitualmente no es hemisférica.

Gravedad de la RPV utilizando criterios cuantitativos: Si bien se recomiendan los esquemas de clasificación cuantitativos para evaluar la regurgitación de la válvula protésica, existen pocos datos que respalden el uso de estos parámetros en el contexto de la RPV aguda luego del TAVR. El estudio PARTNER IA informó un volumen latido promedio a nivel del TSVI en pacientes con IA igual o mayor a leve post TAVR de 68 ± 20 ml,¹⁴ que ha sido respaldado por estudios más grandes.⁷² El punto de corte habitual para la IA nativa crónica grave (VoIR >60 ml) parece inadecuado en el periodo precoz post-TAVR en esta población con VI hipertrófico, cavidad de menor tamaño y

compliance anormal. El efecto del VoIR relativamente pequeño en pacientes con compliance aortica y ventricular anormal podría explicar por qué incluso una leve regurgitación puede tener un impacto significativo en los resultados clínicos después del TAVR.^{12,19}

La fracción regurgitante puede ser el parámetro más importante desde el punto de vista fisiológico que se normaliza para los volúmenes latidos más bajos observados en esta población. De hecho, la clasificación de la RPV en RMC se basa en la FR y se explica a continuación. De acuerdo con las guías ASE, la IA leve tiene una FR <30%, la IA moderada una FR de 30-50% y la IA severa una FR >50%.^{6,7} Los datos en la población de TAVR que utilizan RMC para estimar la gravedad de la RPV mostraron una supervivencia reducida con una fracción de regurgitación del 30%,⁷³ lo que respalda el uso de este corte para IA moderada post-TAVR. El equilibrio de los esquemas de clasificación entre las modalidades de imágenes puede minimizar la discordancia entre las dos técnicas.

Se recomienda un seguimiento continuo de los pacientes post-TAVR, particularmente en el contexto de datos recientes que sugieren que la RPV puede mejorar con el tiempo^{74,75} y debido a que se desconoce la durabilidad a largo plazo de estas válvulas. Los pacientes con implantes de VCT no complicadas deben someterse a un ETT completo poco después del implante para establecer la función valvular inicial, y posteriormente a 1-3 meses y 1 año. También el ecocardiograma debe realizarse si se produce un deterioro clínico inesperado o ante la aparición de nuevos soplos. El ETT se utiliza para identificar las complicaciones del procedimiento, especialmente la RPV, cambios en la función del VI o VD, evaluar la estructura de la raíz aórtica y función valvular, y medir la presión arterial pulmonar. El ETT basal post-TAVR es fundamental para el seguimiento, ya que cambios en la hemodinamia (aumento del gradiente medio igual o mayor a 10 mmHg o 1 grado en la IA) son indicios de posible deterioro o complicación de la válvula.⁷⁶

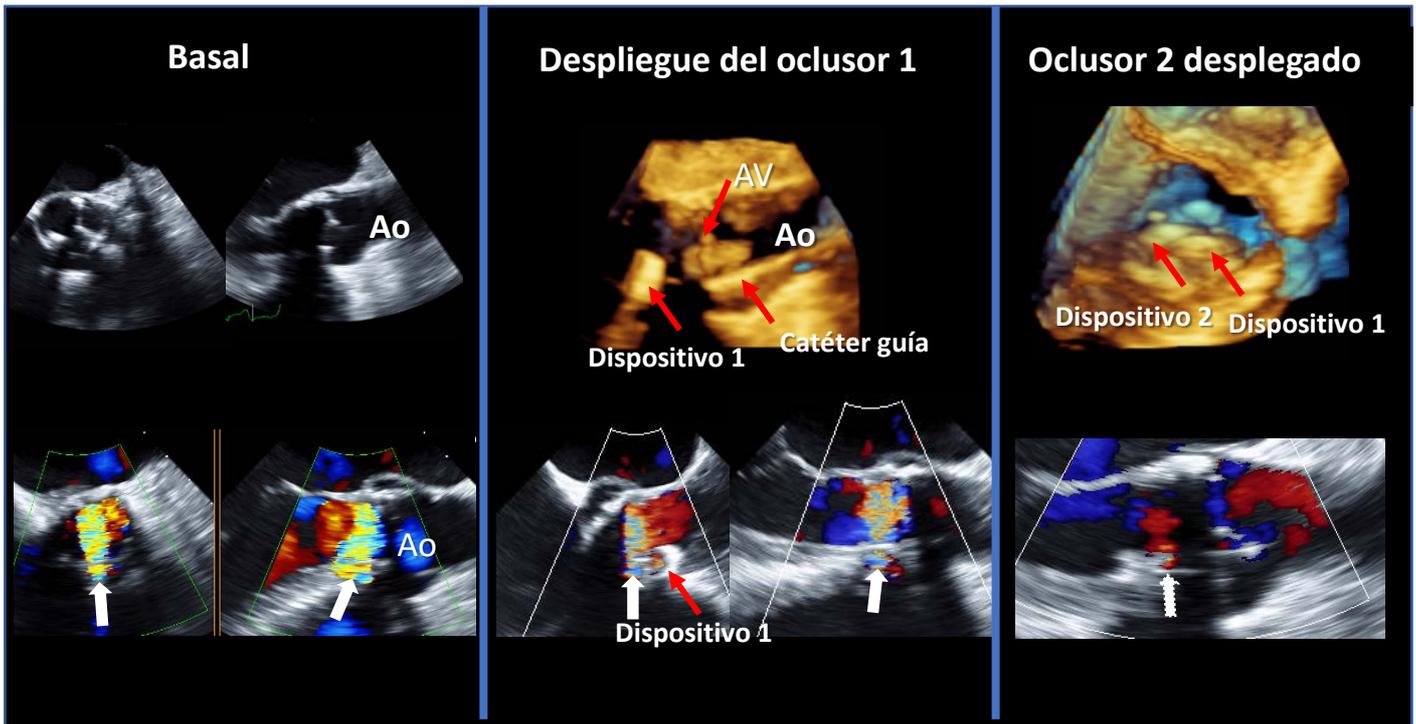


Figura 8. Reparación de regurgitación paravalvular aórtica bioprotésica. En la línea de base: Doppler en color 2D señala IA paravalvular muy excéntrica evidente en las vistas de eje corto (izquierda) y de eje largo (derecha) por ETE (flechas). Se despliega un dispositivo ocluser con reducción de la intensidad de Doppler color pero con una IPV residual significativa que se observa medial al dispositivo #1 (flechas blancas en la imagen central, abajo). El dispositivo ocluser #2 se desplegó medial al ocluser #1 con una reducción inmediata de la severidad de fuga paravalvular (flecha blanca).

F. Evaluación de la IA residual luego de la reparación percutánea de la regurgitación paravalvular protésica

La Declaración de expertos del Consorcio de Investigación Académica sobre Fuga Paravalvular recientemente publicada, revisa los aspectos técnicos del cierre de la RPV luego del SAVR o TAVR. El documento también define los puntos finales clínicos que reflejan la seguridad y eficacia de los dispositivos transcáteter, así como los puntos finales clínicos simples y compuestos para los ensayos clínicos. El objetivo terapéutico debe entenderse antes del procedimiento. Si el procedimiento se realiza para tratar la insuficiencia cardíaca, es útil cualquier reducción en el VolR. En cambio, si el procedimiento es tratar la hemólisis, entonces el objetivo será la obliteración casi total o total de la fuga. Al decidir cuándo y cómo abordar la RPV después del SAVR o TAVR, es importante que el médico especialista en imágenes comprenda el mecanismo subyacente de la

regurgitación paravalvular; esto debería guiar el enfoque del tratamiento y predecir si un dispositivo de cierre transcáteter tendrá éxito. La localización y clasificación de la IA residual después de la reparación se evalúa principalmente con ETE o ETT como se describió en la sección evaluación aguda de TAVR intraprocedimiento (Figura 8). Además de la estadificación de la regurgitación, la evaluación de los efectos de la misma a largo plazo debe incluir una valoración del cambio en el tamaño y función del VI, presiones en AP y el efecto de la hipertensión pulmonar en el tamaño y función del ventrículo derecho.

G. Enfoque Integral para la evaluación de la regurgitación aórtica

La evaluación de la IA por ecocardiografía doppler luego de la intervención percutánea debe ser un proceso integrador, basado en toda la información recopilada durante el examen, ya que cada uno de los parámetros utilizados tienen ventajas y limitaciones. En

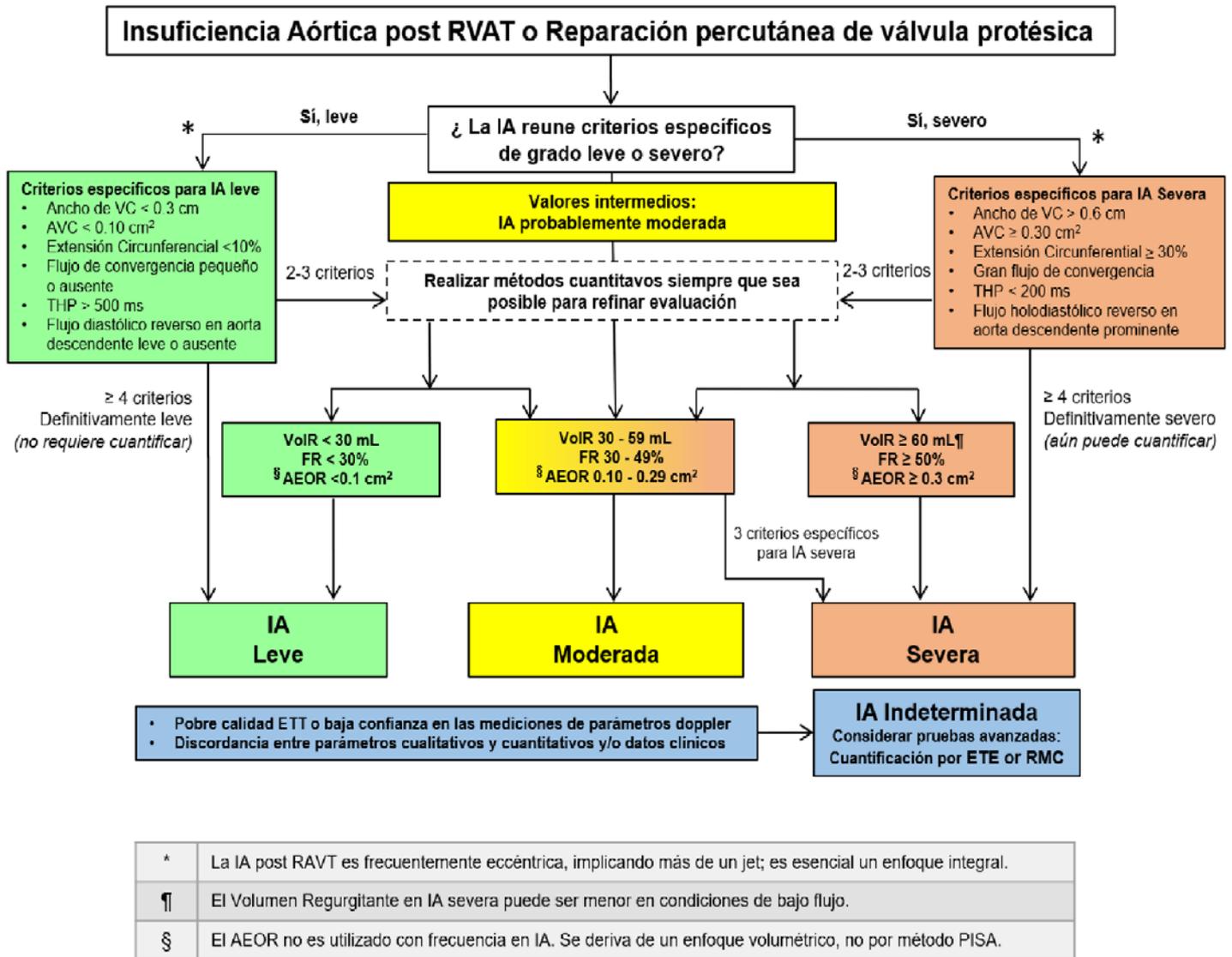


Figura 9. Algoritmo sugerido para guiar la implementación de la integración de múltiples parámetros de severidad de IA posterior a RVAT o reparación percutánea de válvula aórtica protésica. Se asume una imagen ecocardiográfica de buena calidad y adquisición de datos completa. Si la imagen es técnicamente difícil, considerar ETE o RMC. La gravedad de IA puede ser indeterminada debido a mala calidad de imagen, problemas técnicos con los datos, inconsistencia interna entre los hallazgos de eco, o discordancia con los hallazgos clínicos.

todos los casos, se debe realizar rutinariamente un barrido completo de la válvula implantada mediante ecocardiografía 2D y DCol, que incluye tamaño y función del VI, así como registros de las velocidades en el TSVI, anillos de válvula mitral y pulmonar, y en aorta descendente proximal y/o aorta abdominal. El Doppler continuo del jet de IA también debe registrarse de manera rutinaria, pero solo debe usarse si se obtiene una señal completa. Los registros con Doppler color y

Doppler pulsado de la IA protésica son más difíciles en comparación con la IA de válvula nativa, debido a la estructura de la válvula y al mecanismo de regurgitación residual después de la intervención valvular.

En base a los datos de la literatura y consenso de los miembros del comité, este grupo de redacción propone un esquema para la evaluación de pacientes con IA (Figura 9). Si bien presenta un formato similar al algoritmo recientemente propuesto para la IA de válvula

nativa, difiere en la incorporación del AVC y el porcentaje de la extensión circunferencial de la VC, y elimina la relación ancho del jet IA/ancho de TSVI debido a la excentricidad del chorro, así como el tamaño y función del VI.⁷ Al aplicar este algoritmo, los miembros del comité están de acuerdo en que el proceso de clasificación de la IA debe ser completo, utilizando una combinación de signos y mediciones obtenidas mediante ecocardiografía Doppler. Si la IA se determina definitivamente como leve o severa con estos signos específicos, no se requieren mediciones adicionales, especialmente para el grado leve.

Si sólo hay algunos parámetros compatibles con IA leve o severa, y la calidad de los datos permiten la cuantificación, es conveniente que ecocardiografistas experimentados evalúen cuantitativamente el grado de IA, incluidos VolR, FR y parámetros de sobrecarga de volumen. El área del orificio regurgitante efectivo, un marcador de gravedad de la lesión, se usa con menos frecuencia luego de las intervenciones sobre la válvula aórtica. Como ya se mencionó, la cuantificación del AORE mediante PISA presenta algunas limitaciones en el TAVR; por lo tanto, se recomienda la cuantificación por medio del enfoque volumétrico. La estratificación de la IA en esta población es más compleja que en la IA nativa y por esta razón y los posibles errores involucrados en la cuantificación, se propone un sistema de tres grados (leve, moderado y severo). Cuando la evidencia de los diferentes parámetros es congruente, es más fácil calificar la gravedad de la IA. Cuando los parámetros son contradictorios, hay que buscar cuidadosamente las razones técnicas y fisiológicas que puedan explicar estas discrepancias y confiar en los componentes que tienen la mejor calidad de datos y que son los más precisos teniendo en cuenta la condición clínica. En situaciones donde la evaluación es difícil o imposible de determinar, cuando los datos del eco Doppler son contradictorios o no coinciden con la presentación clínica, se recomienda realizar otras pruebas como ETE o RMC. EL ETE en este escenario puede proporcionar el mecanismo de la IA, cuantificar el área de la

VC y la extensión circunferencial mientras que la RMC permite cuantificar el VolR y FR (ver más abajo).

H. Rol de la resonancia magnética cardiaca en la evaluación de la IA

Algunos estudios han demostrado la utilidad de la RMC para evaluar la RPV después del TAVR.⁷⁸⁻⁸¹ Existen una serie de ventajas de la RMC para evaluar la RPV en este escenario, incluida la capacidad de medir el VolR independientemente de la morfología y número de jets de regurgitación,⁸² elevada reproducibilidad de las mediciones,⁸³ y capacidad de medir el VolR en presencia de múltiples valvulopatías.^{80,81,84} Los volúmenes y la función del VI también se pueden evaluar utilizando la secuencia cine. Si bien esta técnica presenta pocos errores, el costo, el acceso al escáner y la experiencia con enfermedades valvulares siguen siendo barreras para su uso rutinario.

La medición directa de los volúmenes de flujo anterógrado y retrogrado en la raíz aórtica facilita el cálculo de la FR aórtica en la evaluación de la RPV (Figura 10). La RPV se puede visualizar desde la vista de tres cámaras con secuencia cine utilizando la técnica de precesión libre en estado estacionario (SSFP). Debido al desfase del giro intra-voxel, el jet regurgitante provoca un cambio de señal que es brillante u oscuro dependiendo de la dirección de la codificación de fase. Sin embargo, debido a los artefactos de la estructura de la válvula, la identificación del flujo regurgitante algunas veces puede ser difícil (Figura 10).

Alternativamente, la imagen de contraste de fase en una vista de tres cámaras por resonancia que utiliza codificación de fase en el plano puede ser de utilidad para visualizar el jet de manera más confiable. Dada la naturaleza 2D de SSFP y la imagen de contraste de fase, los jets regurgitantes excéntricos pueden pasarse por alto. La principal ventaja de la RMC en la caracterización de la RPV es la capacidad de cuantificar el flujo regurgitante independientemente de la visualización del jet. Esto se logra a través de imágenes de

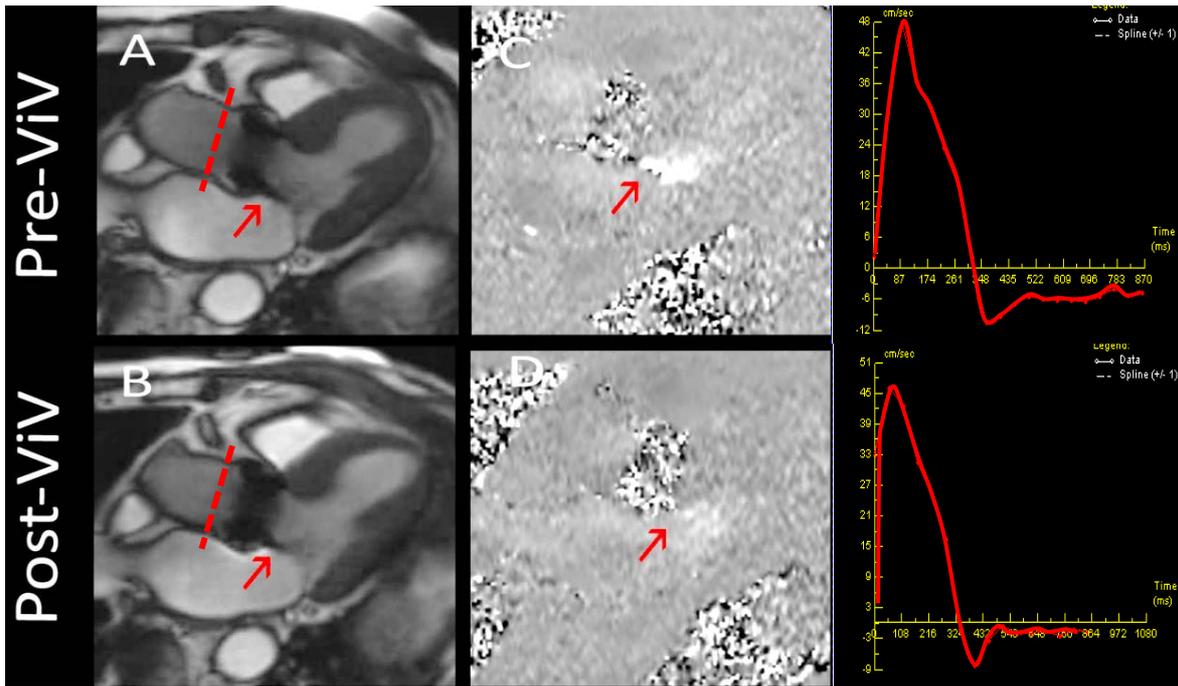


Figura 10. Evaluación por RMC de IA posterior a RVAT y subsecuente implante de válvula-en-válvula (ViV), para el tratamiento de IA residual. Vista de cine de tres cámaras que muestra el jet de IPV (flecha roja) después de RVAT **(A)**. **(B)** muestra la disminución en la severidad de RVP posterior a implante de ViV. Imágenes de contraste de fase del flujo a través de la válvula protésica **(C y D)** muestran el jet de RPV, que ha disminuido significativamente después de VeV. Los paneles de la derecha muestran las curvas de flujo-volumen a través de la válvula aórtica (plano de adquisición en **A & B**) antes y después del implante de ViV. Se observa flujo retrogrado significativo por regurgitación paravalvular con una FR de 36% (severidad moderada). Después de implante de ViV, la insuficiencia se redujo y la FR disminuyó a 12% (severidad leve).

contraste de fase adquiridas a través de la raíz aórtica inmediatamente por encima de la válvula cardíaca transcatóter. Esto permite la medición directa del volumen latido anterógrado y VolR, y el cálculo posterior de la fracción regurgitante (Figura 10). Al contrario del ETT, esta técnica no se ve afectada por la variabilidad en la forma del orificio regurgitante durante el ciclo cardíaco. Además, el enfoque cuantitativo por RMC tiene una variabilidad de observador menor en comparación con el ETE 2D o 3D.^{82,85,86}

Datos preliminares han demostrado que la clasificación de la gravedad de la IA paravalvular con ETT puede estar subestimada en comparación con la RMC.⁷⁹ Las limitaciones de la técnica de contraste de fase incluyen pérdida de señal debido al flujo complejo, opciones de codificación de la velocidad en la estenosis/regurgitación, resolución temporal y espacial, y el flujo reverso por resonancia que incluye al flujo coronario además de la IA,⁸⁷ lo

que explica parcialmente los puntos de corte variables para IA leve en estudios anteriores. Alternativamente, el método indirecto puede usarse para calcular el VolR y FR. Esto implica la comparación del volumen latido del VI derivado en la aorta con contraste de fase o mediante volúmenes del VI, con el volumen latido en la arteria pulmonar o ventrículo derecho (en ausencia de regurgitación tricuspídea o pulmonar significativa), que reflejan el volumen latido sistémico.⁷

Al igual que en la enfermedad valvular nativa, cuando la presentación clínica y los resultados del ETT no coinciden, se debe considerar la RMC en centros con experiencia para una evaluación adicional de la RPV, especialmente cuando se está considerando una intervención terapéutica.⁷ Las imágenes de contraste de fase basadas en resonancia proporcionan una cuantificación directa, precisa y reproducible de la regurgitación valvular.⁸⁸⁻⁹⁰ La cuantificación de la IA en la enfermedad

valvular nativa es más reproducible con RMC que con ecocardiografía.^{83,91,92} Hallazgos cuantitativos derivados de la RMC tienen valor pronóstico en IA nativa⁹³ como post-TAVR.⁷⁸ Se han utilizado varios puntos de corte distintos para definir la gravedad de la regurgitación aórtica después del TAVR, lo que genera confusión en la literatura. Los valores de corte de FR para IA severa post-TAVR en pequeñas poblaciones oscilaron entre >30% y >40%, y los valores de FR obtenidos por contraste de fase fueron inferiores a los obtenidos por ecocardiografía.^{94,95} Sin embargo, una fuerte evidencia a partir de recientes ensayos que utilizan la clasificación del ETT, sugieren que esto podría no ser así, y que el ETT puede evaluar con precisión la severidad.^{2,10} Gelfand et al.⁹⁵ ha demostrado que los límites de la RMC que optimizaron la correlación con los grados ecocardiográficos fueron similares a los recomendados tanto para IA nativa como protésica en las guías de la Sociedad Americana de Ecocardiografía: leve <30%, moderada 30-50% y severa >50%.^{6,7} El desarrollo de un esquema de clasificación unificado ayudaría a determinar las verdaderas diferencias entre las técnicas de imágenes, ya que con frecuencia no es posible realizar RMC de rutina en esta población anciana con alta prevalencia de marcapasos.

Puntos clave

Evaluación de la regurgitación paravalvular post intervención de la válvula aórtica

- La regurgitación paravalvular (RPV) es una complicación del reemplazo valvular aórtico transcáteter (TAVR). Recientes observaciones con nuevos diseños valvulares sugieren que la incidencia de RPV es baja (0-2%) y que el grado leve o menor no afecta los resultados.
- Las imágenes antes del TAVR (ecocardiografía y tomografía computarizada multidetector) y las imágenes intraoperatorias (ecocardiografía y fusión de imágenes)

pueden predecir y reducir el riesgo de RPV después del TAVR. Los predictores de RPV incluyen: Menor tamaño de la válvula cardíaca transcáteter (VCT), calcificación severa anular o valvular y colocación inadecuada de la válvula.

- *La ecocardiografía intraprocedimiento se puede realizar mediante imágenes transesofágicas (ETE) o transtorácicas (ETT); cada una con sus ventajas y limitaciones en la evaluación de los resultados del TAVR y la gravedad de la RPV. Debido a que las vistas ecocardiográficas y la disponibilidad de los parámetros doppler están limitados durante el procedimiento (Doppler color y patrón de flujo en la aorta descendente), se puede confirmar la gravedad de la RPV con aortografía y hemodinamia invasiva si la imagen ecocardiográfica no es diagnóstica.*
- *El Doppler color es el método de primera línea para detectar y evaluar la gravedad de la insuficiencia aórtica (IA) después del TAVR. Sin embargo, puede ser difícil debido a las limitaciones de la ecocardiografía como las características de los jets de RPV: 1) desde las vistas paraesternal o esofágica, existe una atenuación del ultrasonido desde la válvula hacia el campo lejano, lo que requiere el uso de múltiples ventanas para detectar todos los jets de IA, incluida la vista apical (para ETT) y vista transgástrica profunda (para ETE); 2) La IA post-TAVR surge frecuentemente de múltiples jets que a menudo son excéntricos; 3) Debido a la incapacidad de adaptación de la estructura del stent, valvas intactas calcificadas y espacios abiertos de la VCT, con frecuencia hay múltiples jets paravalvulares de regurgitación pequeños con direcciones atípicas; 4) La relación del ancho del jet de IA/ancho del TSVI no se puede utilizar para evaluar la gravedad de la IA debido a la excentricidad del jet.*
- *La valoración de la IA residual después del TAVR debe ser exhaustiva e incluir la evaluación de: 1) Forma y posición de la*

VCT; 2) Número y ubicación de los jets regurgitantes; 3) Área y ancho de vena contracta; 4) Extensión circunferencial de los jets regurgitantes (con especial atención en los jets no contiguos, pequeños y discretos); 4) Duración del flujo reverso diastólico por DP en aorta descendente y/o abdominal; 5) Densidad de la onda de velocidad por Doppler continuo y tiempo de hemipresión; 6) Métodos para cuantificar el volumen regurgitante, fracción regurgitante y, con menos frecuencia, el área del orificio regurgitante efectivo.

- Cuando se sospeche de una IA mayor a leve pero los datos son contrarios, se debe realizar RMC (en centros con adecuada experiencia) para cuantificar el volumen y la fracción regurgitante, así como los volúmenes del VI.

IV. INTERVENCIONES PERCUTANEAS DE LA VALVULA MITRAL

Hay 4 categorías principales de intervenciones percutáneas de la válvula mitral destinadas a reducir la IM: reparación de las valvas (clip de borde a borde y colocación de cuerdas artificiales), reemplazo de la válvula mitral transcatóter, anuloplastia mitral y cierre de leaks paravalvulares por catéter. Entre estos, la reparación de borde a borde es la única intervención sobre la válvula mitral basada en catéter aprobada por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (USFDA) para uso comercial y, por lo tanto, será la que se detalle en este documento. Cada intervención tiene sus problemas con respecto a la evaluación intra y post procedimiento de la IM residual. Sin embargo, los principios generales de la evaluación de la IM residual con ecocardiografía Doppler después de la intervención mitral percutánea son similares a los publicados recientemente en detalle para válvulas nativas y protésicas.⁷ El documento actual se centrará en las 4 categorías de intervenciones percutáneas en la VM con comentarios y advertencias para

valorar la IM residual durante el procedimiento, seguida de una evaluación general fuera del laboratorio de hemodinamia común a estas intervenciones. El ETE (2D y 3D) es la principal modalidad de imagen para guiar los procedimientos y evaluar su éxito inmediato, mientras que el ETT es la modalidad inicial más importante en el ámbito ambulatorio. Similar a todas las lesiones regurgitantes, es esencial un enfoque integrador que use varios parámetros para la valoración general de la gravedad de la IM residual.

A. Consideraciones generales en la evaluación de la IM residual durante las intervenciones de VM

A diferencia de la RPV post TAVR en la estenosis aórtica que representa una nueva lesión, la IM residual después de la mayoría de las intervenciones mitrales implica la evaluación de la reducción de la severidad de la IM basal, ya que la mayoría de las intervenciones actuales sobre VM están destinadas a reducir la IM. Una evaluación de los cambios en los parámetros hemodinámicos y ecocardiográficos Doppler es importante en la valoración general de los cambios agudos en la gravedad de la IM durante la reparación o reemplazo de la VM. La [Tabla 5](#) muestra los parámetros hemodinámicos y doppler que pueden evaluarse con ETE durante el procedimiento y su relación con la gravedad de la IM. El DCol es la principal modalidad Doppler para evaluar la IM (sitio, cantidad de jets, excentricidad, vena contracta y convergencia de flujo) antes y durante el procedimiento, con consideraciones y limitaciones especiales según el tipo de intervención (consulte el texto a continuación y la [Tabla 5](#)). El patrón de flujo de la vena pulmonar se usa con otros hallazgos de manera conjunta para evaluar la IM residual; debe ser interrogado meticulosamente en todos los pacientes antes y durante el procedimiento. Los pacientes con IM severa tienen un flujo sistólico romo o invertido en una o más venas pulmonares. La normalización del flujo de la vena pulmonar después de las intervenciones en la VM sugiere fuertemente que la IM se ha reducido a leve, con normalización de la presión auricular

Tabla 5. Parámetros ETT y hemodinámicos utilizados en la determinación de la severidad de la IM residual durante las intervenciones en la VM en el laboratorio de cateterismo

Parámetro	Evaluación de la severidad de la IM residual
Hemodinámico invasivo	Disminución de la onda v regurgitante, presión de AI, y presiones pulmonares son signos específicos de reducción de la severidad de la IM; Considerar los efectos de la anestesia general en la severidad de la IM
Hallazgos ecocardiográficos generales	
Eco contraste espontáneo en AI	Aparición de contraste espontáneo después de la intervención en VM sugiere reducción significativa de la severidad de la IM
FEVI	Disminución en la FEVI después de la intervención en MV sugiere reducción significativa de la IM en ausencia de otras causas (isquemia, relacionado al marcapaso, etc.)
Doppler Color	
Doppler Color del jet (tamaño, número, localización, excentricidad)	-Fácil de obtener con un enfoque sistemático, exhaustivo - Dificultad en la evaluación de jets múltiples y excéntricos - El área del jet se afecta por la excentricidad, factores técnicos y hemodinámicos (especialmente la velocidad de conducción)
Flujo de convergencia	-Un flujo de convergencia grande denota IM residual significativa mientras que un flujo pequeño o ausente sugiere IM leve -Difícil de utilizar en presencia de múltiples jets o jets muy excéntricos, o puede estar enmascarado por el dispositivo
Ancho de vena contracta	-Ancho de VC ≥ 0.7 cm es específico para IM severa - Difícil de utilizar en presencia de múltiples jets pequeños o jets muy excéntricos, para los que la forma del orificio no está bien delineada
Área de vena contracta (Planimetría 3D)	-Permite mejor delineación de la forma del orificio excéntrico y posiblemente la adición de AVC de múltiples jets -Propenso a artefactos brillantes
Doppler espectral	
Patrón del flujo de venas pulmonares	-Flujo sistólico reverso en >1 vena es específico para IM severa -El incremento en la velocidad sistólica anterógrada después de la intervención en VM ayuda a confirmar la reducción de la IM
Perfil del jet de IM por DC (contorno, densidad, velocidad pico)	-Patrón denso, triangular sugiere IM severa -Puede ser difícil alinearse correctamente con DC en valva flail o jet muy excéntrico después de la intervención
Patrón de llenado mitral	-En ritmo sinusal, un flujo mitral con onda A dominante excluye IM severa -Disminución en la velocidad E mitral y VTI sugiere reducción en la severidad de la IM
Doppler pulsado del TSVI (vista transgástrica profunda)	Incremento en la velocidad del TSVI y VTI después de la intervención sugiere reducción de la IM
Parámetros cuantitativos	
AEOR por PISA	-No recomendado después de la reparación Borde a Borde porque la suposición del flujo de convergencia proximal hemiesférico es alterada por el dispositivo -El método PISA con frecuencia infraestima la severidad de la IM en presencia de múltiples jets o jets marcadamente excéntricos -No es factible en RPV de prótesis mecánica VM o posiblemente RVMT (flujo enmascarado en VI por ETE)
Volumen regurgitante	-Dificultad para realizar la medición del VolR volumétrico con Doppler pulsado por ETE

DC = Doppler de onda continua; AEOR = Área efectiva del orificio regurgitante; Ancho de VC = Ancho de vena contracta; AVC = área de vena contracta; PISA = Área de superficie proximal de isovelocidad; ETE = ecocardiografía transesofágica; TSVI = tracto de salida del ventrículo izquierdo; VTI = Integral velocidad tiempo; AI = aurícula izquierda; FEVI = fracción de eyección del ventrículo izquierdo; RPV = regurgitación paravalvular; RVMT = reemplazo valvular mitral transcáteter.

izquierda (AI) (Tabla 5). El fracaso en la mejoría del patrón de velocidad de la vena pulmonar sugiere una reducción insuficiente de la IM. Recientemente, se ha demostrado que estos cambios intraprocedimiento en los patrones de flujo de la vena pulmonar predicen hospitalización y mortalidad post procedimiento.⁹⁶ La aparición de contraste espontáneo en AI después de la intervención sobre la VM también sugiere una reducción significativa en la severidad de la IM. El patrón de velocidad de entrada mitral [(disminución en la velocidad E e integral velocidad-tiempo (VTI))] puede ser útil para estimar la reducción de la IM, especialmente en aquellos procedimientos que no cambian la estructura de la VM (anuloplastía y reparación de la RPV). El cambio en el patrón de dominancia de onda E a uno de onda A sugiere IM residual leve. Además, la medición de la velocidad en el TSVI con ETE desde una vista transgástrica profunda, aunque no es fácil, puede ser de utilidad para demostrar un aumento en la velocidad y, por lo tanto, en el flujo sistémico. Por último, una disminución en la fracción de eyección del VI después de la intervención de la VM sugiere una reducción significativa de la IM debido al aumento en la poscarga, en ausencia de otras causas (isquemia, relacionada con marcapasos, etc.).

Desde el punto de vista hemodinámico, la resolución de la onda “v” regurgitante y la reducción de la presión pulmonar o AI proporcionan pistas importantes en la mejoría de la gravedad de la IM, lo que puede ser particularmente útil cuando la severidad de la IM residual es difícil de evaluar con Doppler color. También es común observar un aumento de 10-15 mmHg en la presión arterial sistólica inmediatamente después de una reducción exitosa de IM severa, lo que refleja un aumento en el volumen latido anterógrado. Por otro lado, es importante tener en cuenta que las intervenciones sobre la VM se realizan bajo anestesia general, que puede alterar la hemodinamia, y reducir la severidad de la IM. En consecuencia, la evaluación de la gravedad de la IM antes e inmediatamente después de la intervención mitral debería realizarse en condiciones de carga similares. Para ello se

puede administrar fenilefrina o expansión de volumen intravascular para ajustar la presión arterial sistólica o las presiones de llenado a niveles fisiológicos; antes de la valoración final de la gravedad de la IM durante el procedimiento.

B. Reparación de valva mitral

La reparación de borde a borde de las valvas es el único tratamiento percutáneo aprobado por USFDA y se analizará en detalle. Las cuerdas artificiales se encuentran en los primeros ensayos de viabilidad y no se tratarán por separado. Se espera que la evaluación de la IM residual después de este último procedimiento sea similar al de la reparación quirúrgica de la VM con técnicas de preservación valvular.

1. Reparación VM de borde a borde. El MitraClip (Abbott Vascular Structural Heart, Santa Clara, CA) es un dispositivo de cromo cobalto con dos brazos cubiertos de poliéster diseñados para agarrar ambas valvas mitrales, similar a la reparación quirúrgica de borde a borde. Un dispositivo similar (PASCAL, Edwards Lifesciences, Irvine, CA) se encuentra en los primeros ensayos de viabilidad.⁹⁷ Estos dispositivos se implantan a través de un sistema de entrega transcatóter que se inserta en AI por punción transeptal vía vena femoral. El ETE (2D y 3D) se utiliza para guiar la punción transeptal y dirigir el dispositivo al sitio adecuado. Una parte clave del procedimiento es visualizar la captura estable e inserción de ambas valvas en los brazos del clip. Una vez que se verifica la inserción de la valva anterior y posterior, el clip se cierra más completamente mientras se usa la imagen color por ETE para evaluar la reducción de la IM. Esto se hace normalmente en la vista de la comisura (esofágico medio entre 60 y 90 grados) porque permite obtener imágenes de los jets de IM a ambos lados del clip y en todo el plano de coaptación de la VM. Después de confirmar la inserción en la valva, de demostrar reducción de la IM y con un gradiente medio de presión mitral no significativo post implante del clip, éste se separa del sistema de entrega y se despliega permanentemente. Si es necesario,

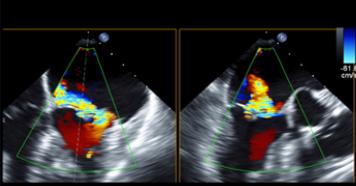
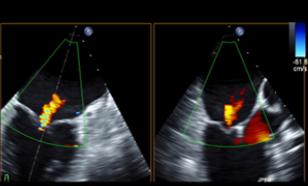
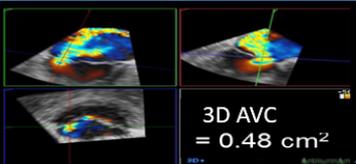
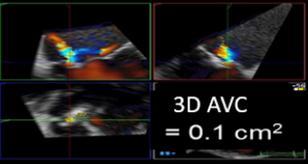
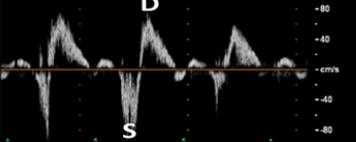
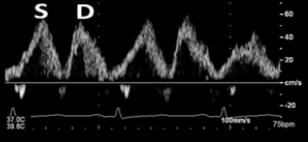
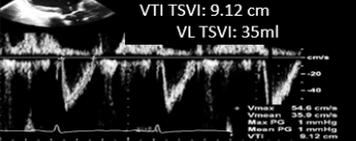
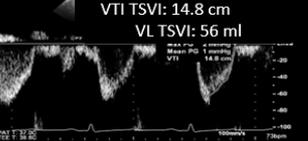
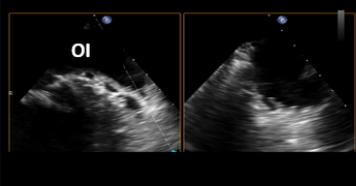
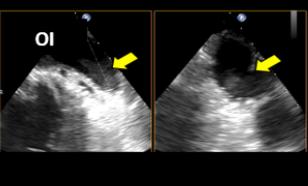
Hallazgos de IM residual \leq Leve	Basal	Post reparación Borde a Borde	Características específicas
Reducción significativa en la características del Doppler color del jet			<ul style="list-style-type: none"> Ancho de vena contracta pequeño (<0.3 cm) de los jets de IM individuales. Radio de flujo de convergencia pequeño (≤ 0.3 cm). Jet de IM central con pobre penetración en AI.
Reducción significativa en el AVC por Doppler color 3D	 3D AVC = 0.48 cm ²	 3D AVC = 0.1 cm ²	<ul style="list-style-type: none"> Más tedioso de realizar AVC <0.2 cm²
Mejora o normalización del flujo de venas pulmonares			<ul style="list-style-type: none"> Cambio de onda S reversa a flujo anterógrado Marcada reducción en la velocidad de onda D.
Mejora del volumen latido anterógrado (VTI TSVI en transgástrico profundo); con frecuencia con disminución en FEVI	 VTI TSVI: 9.12 cm VL TSVI: 35ml	 VTI TSVI: 14.8 cm VL TSVI: 56 ml	<ul style="list-style-type: none"> Marcado incremento en VTI TSVI por DP y volumen latido sistémico derivado Disminución "paradójica" de FEVI en 5 – 10%
Contraste espontáneo reciente dentro de AI o en orejuela izquierda			<ul style="list-style-type: none"> Se asocia con condiciones de bajo flujo incluyendo fibrilación auricular, y/o disfunción sistólica severa del VI El gradiente medio diastólico de VM puede no estar marcadamente elevado (p.e. <7mmHg)

Figura 11. Parámetros ecocardiográficos ilustrativos de la reducción de severidad de IM a leve posterior a reparación borde-a-borde de la válvula mitral.

se puede colocar un segundo clip, o con menos frecuencia, un tercer clip para mayor reducción de la IM. La decisión de proceder con un segundo clip es compleja y se basa en el grado de reducción de IM luego del primer clip, IM residual, gradiente medio mitral y área de la válvula, mejoría hemodinámica y la viabilidad técnica de colocar un segundo clip. Independientemente de si se despliegan 1 o más clips, la evaluación del grado de reducción de IM, la gravedad de la IM residual y el gradiente medio transmitral son componentes clave del proceso de toma de decisiones y se guían predominantemente por ETE intra-procedimiento. La [Tabla 5](#) y la [Figura 11](#) detallan los parámetros ecocardiográficos que se evalúan durante el despliegue de dispositivos de borde a borde para evaluar la gravedad de la IM residual. La evaluación por

DCol de la reparación de borde a borde se describe más adelante.

2. Evaluación de IM residual con DCol inmediatamente después de la reparación borde a borde. El DCol permite una rápida evaluación de la presencia o ausencia de IM. A pesar de sus limitaciones,⁷ es el pilar del ETE intra-procedimiento debido a su simplicidad. Es importante mantener el mismo seteo del ecógrafo antes y después del procedimiento. Los experimentos in vitro han demostrado que cuando hay dos o más jets de IM, estos tienden a fusionarse y sobreestimar la gravedad.⁹⁸ Luego del despliegue del clip, los jets de IM pueden ser múltiples, en diferentes planos, de diferente gravedad, entrecruzarse y fusionarse, agregando así mayor complejidad a la evaluación de la gravedad de la IM residual

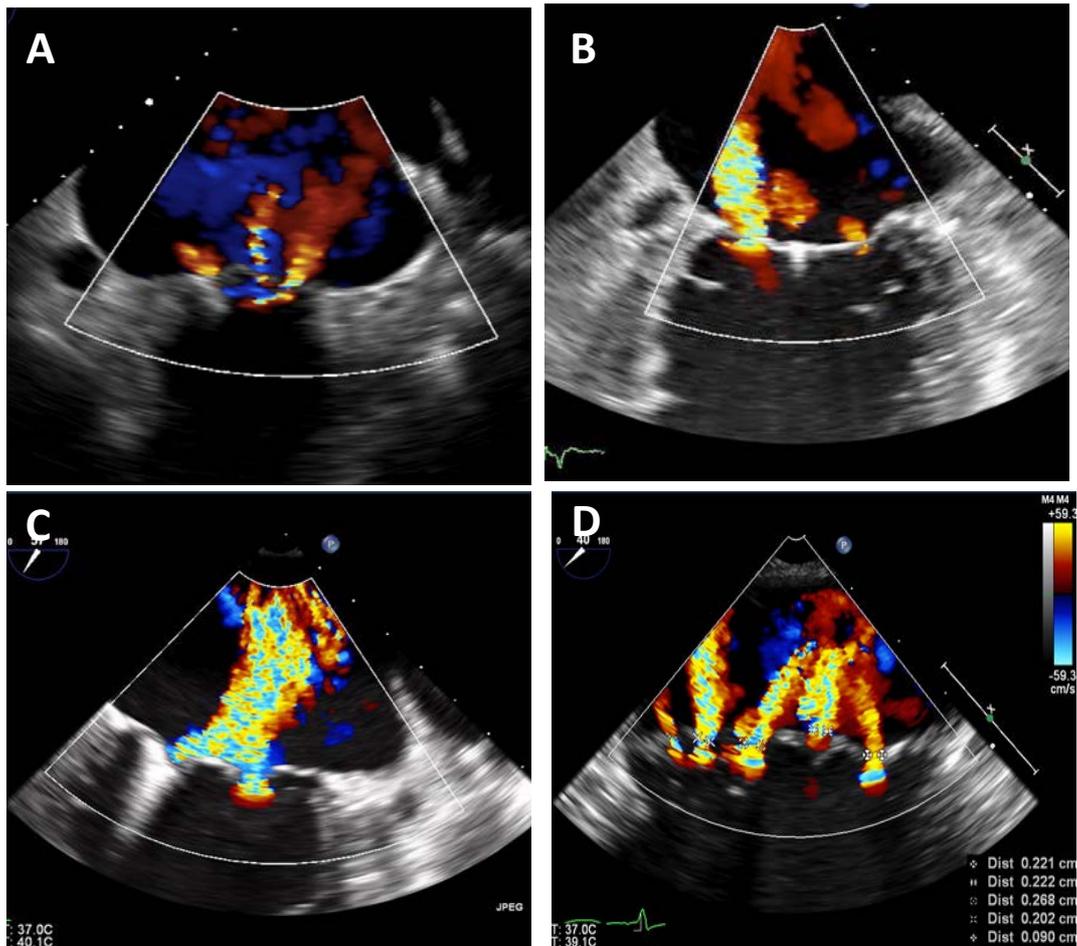


Figura 12. Desafíos de la IM de múltiples jets después de la reparación borde-a-borde de la válvula mitral. Imágenes de ETE a nivel mesoesofágico. **(A)** Se observan tres jets pequeños separados. **(B)** Un jet grande con orificio ancho se observa medial al dispositivo con un pequeño jet lateral. **(C)** Dos jets grandes separados, cruzados con confluencia cerca de la válvula. **(D)** Cinco diferentes jets residuales de severidad variable se observan después del implante de un solo clip.

(Figura 12). Dos o tres jets pequeños y delgados después del despliegue de un solo clip se parecen a los chorros de lavado de una válvula mitral mecánica bidisco y generalmente no son una IM más que leve. Los factores indicativos de una IM al menos moderada después de la reparación de borde a borde incluyen una vena contracta ancha o una zona de convergencia proximal prominente en el lado ventricular. Debido a que la convergencia proximal está limitada por la presencia del propio clip, se requerirá la corrección del ángulo para el cálculo del AEOR por PISA.⁷ Sin embargo, esta necesidad de corrección del ángulo y la presencia frecuente de 2 o más jets hacen que el PISA sea menos confiable y, por lo tanto, no se recomienda para la cuantificación de flujo y estimar el AEOR. Las

imágenes en 3D del área/s de la vena contracta del/de los jets de IM post-reparación de la válvula son prometedoras debido a su naturaleza cuantitativa y buena correlación con la RMC.⁹⁹⁻¹⁰¹ Cada jet que se considere significativo deberá analizarse por separado para el área de VC, ya que a menudo se encuentran en diferentes planos y orientaciones, y se suman las áreas de las VC (Figura 13). Se necesita más experiencia y validación con este enfoque. La multiplicación de la integral velocidad-tiempo del jet de IM por DC por el área total de VC proporciona, en principio, el VolR; sin embargo, esto no se ha validado.⁷ El color 3D puede ayudar a identificar, evaluar y localizar jets residuales de IM excéntricos o adosados a la pared no visualizados en imágenes color 2D.

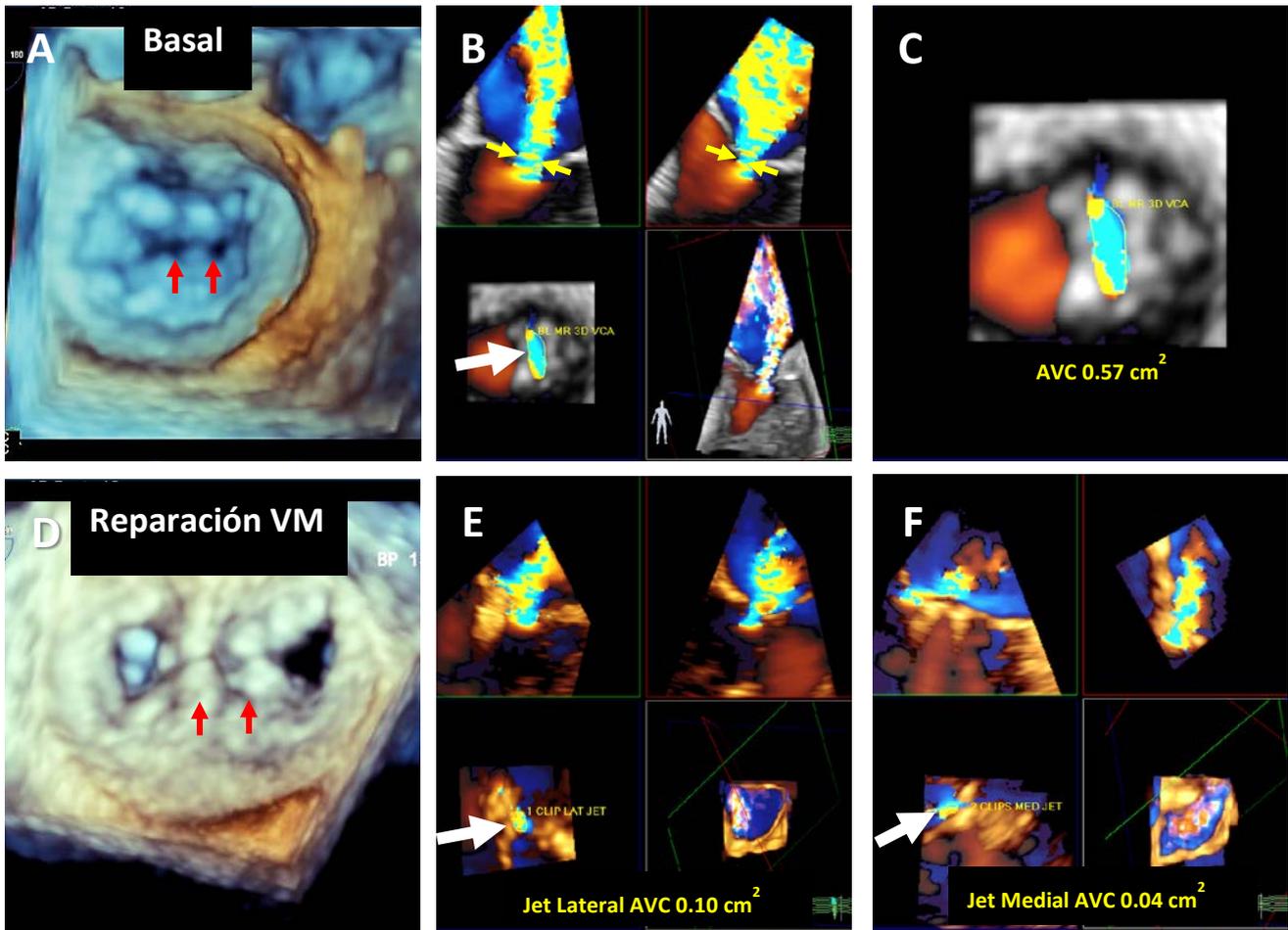


Figura 13. Mediciones de vena contracta 3D por ETE durante implante de MitraClip. **(A)** Vista 3D de frente desde la aurícula izquierda. Ambas valvas estaban restringidas con defectos de coaptación (flechas). **(B)** Imágenes en 3D que muestran el ancho de vena contracta (flechas amarillas) que es más amplia en vista bicomisural (superior izquierda) que en la vista de eje largo (superior derecha). El área 3D de vena contracta (VCA, inferior izquierda) es elíptica, observada en vista magnificada en **(C)**, mide 0.57cm^2 . **(D)** Vista 3D de frente desde la aurícula izquierda después del implante de dos MitraClips orientados con un plano de corte hacia el jet lateral con vena VCA de 0.10cm^2 . **(F)** Mediciones de vena contracta 3D en planos de corte con orientación al jet medial con VCA de 0.04cm^2 . La VCA combinada es 0.14cm^2 , que traduce IM leve.

3. Interacción del gradiente medio transvalvular y IM residual después de la reparación de borde a borde. La reparación de borde a borde de la válvula mitral provoca una reducción en el área de la VM (AVM). La reducción de la IM después de un primer clip puede reducir la velocidad E mitral, pero el estrechamiento del orificio de la VM puede tener un efecto contrario. En los ensayos EVEREST I y II, empíricamente se eligió el AVM máximo en protodiástole para garantizar que la colocación del clip no provocara estenosis mitral. Lubos et al.¹⁰² demostraron que un AVM basal menor o igual a 3cm^2 y un

gradiente medio mayor o igual a 4mmHg se asociaron con un alto riesgo de procedimiento suspendido debido a una posible estenosis mitral. Altiok et al.⁹⁹ encontraron que es improbable que se produzca una estenosis mitral si el AVM es de al menos $4,1\text{cm}^2$ por ETE 3D. Además, un gradiente medio luego del procedimiento igual o mayor a 5mmHg predice un gradiente medio elevado al momento del alta.¹⁰³ Por lo tanto, el gradiente de la VM siempre se mide después del implante del clip y debe considerarse junto con el grado de IM residual para determinar la necesidad y conveniencia de un segundo clip.

Por otro lado, la IM residual moderada o severa puede aumentar el gradiente diastólico a través de la VM cuando está presente un clip, lo que debe tenerse en cuenta al considerar la colocación de otro clip. En este contexto, un clip adicional puede reducir el gradiente diastólico transmitral si efectivamente se reduce la IM.

C. Reemplazo de la válvula mitral transcathéter

1. Implante TMVR. Se han desarrollado pocos diseños de TMVR con implante exitoso.¹⁰⁴⁻¹⁰⁸ Ninguna de estas válvulas está actualmente aprobada por la FDA de los Estados Unidos para uso comercial. Solo la Edwards SAPIEN 3 está aprobada en el contexto de válvula en válvula mitral bioprotésica. Las válvulas diseñadas específicamente para TMVR comparten requisitos comunes, que incluyen sellado adecuado en el anillo mitral, anclaje a estructuras nativas y evitar la obstrucción del TSVI. En los inicios, la colocación fue principalmente transapical. Sin embargo, la implantación transeptal transvenosa también se ha realizado con éxito y probablemente será el abordaje de elección en el futuro. Los planos de imagen fluoroscópica para la VM están bien definidos,¹⁰⁹ y por otro lado, estos planos se pueden determinar antes del procedimiento para TMVR mediante tomografía computada multidetector.^{110,111} La TCMD es particularmente útil para evaluar de manera integral toda la zona de aterrizaje de la VM, elegir el tamaño apropiado del dispositivo y evaluar el nuevo TSVI predicho post despliegue de la válvula.¹¹¹ Para el implante transapical, la ubicación de la punción apical se puede determinar antes del procedimiento por TCMD y revalidar durante el procedimiento por ETE. Cada dispositivo tiene aspectos únicos para su implante, pero todos requieren del apoyo mediante ETE para garantizar que el cable guía y el sistema de entrega del dispositivo estén ubicados en el espacio libre de cuerdas entre los segmentos centrales de la válvula (segmentos A2 y P2) para evitar la ruptura de cuerdas. Durante el procedimiento de TMVR, el dispositivo puede interferir con el

cierre de la valva anterior y crear IM severa aguda transitoria. El reconocimiento rápido de este problema mediante ETE y la redirección del sistema de entrega es importante. Después del despliegue del dispositivo, se utilizan imágenes 2D y 3D para confirmar la colocación, estabilidad, orientación y función apropiada del dispositivo (gradiente transvalvular y determinación de regurgitación central o paravalvular). La obstrucción del TSVI después del TMVR puede ocurrir debido a la propia prótesis o al desplazamiento de la valva mitral anterior hacia el TSVI. Además del TMVR per se, la colocación de válvulas aorticas transcathéter (TAVR) en posición mitral en pacientes con calcificación anular mitral nativa, anuloplastia completa con anillo o válvulas bioprotésicas previas han sido reportados en grandes registros.^{112,113} Se aplican los mismos principios para evaluar la gravedad de la IM después de tales procedimientos.

2. Evaluación de IM residual inmediatamente después de TMVR.

Dado que el orificio del TMVR es más pequeño que el de la válvula mitral nativa, los dispositivos generalmente se apoyan en cubiertas o rebordes para sellar las líneas de coaptación de la válvula nativa tanto para el flujo anterógrado competitivo como la RPV. Al igual que con todas las bioprótesis, existe un riesgo de IM central debido a mal funcionamiento de las valvas, que se identifica fácilmente mediante DCol. La regurgitación valvular central aguda es poco frecuente y puede ocurrir debido a un movimiento inadecuado inicial de la valva, teóricamente como resultado del colapso de la válvula o al daño de las valvas durante la entrega.

Los primeros ensayos de factibilidad indican que la RPV ocurre con poca frecuencia después de la TMVR.^{114,115} Sin embargo, la identificación y localización de la RPV post TMVR puede ser difícil, en contraste con la IM central (Tabla 5). El reborde de la válvula causa sombra acústica, lo que puede dificultar diferenciar si los jets color que se ven a través del plano anular están contenidos dentro del reborde o si ingresan en AI, causando IM. La

RPV puede ocurrir en cualquier punto a lo largo del perímetro de la válvula; por lo tanto, es esencial investigar sistemáticamente desde múltiples vistas y ángulos, y esto se realiza mejor con ETE 3D. La RPV después del TMVR puede ser debido a un tamaño subóptimo de la válvula que deja comisuras/líneas de coaptación con válvula nativa expuestas, que luego pueden interferir con la colocación de la válvula y el reborde. Esto también puede exacerbarse debido a calcificación del anillo o en válvula nativa. Incluso con un tamaño apropiado, puede haber una colocación inadecuada debido a la captura insuficiente de los elementos de la válvula nativa hacia los que la válvula protésica es anclada. Esto puede estar asociado con un movimiento sistólico excesivo de la válvula, que puede resultar en un desplazamiento permanente o intermitente del reborde valvular hacia AI. En casos extremos, la dislocación completa de la válvula dará como resultado una IM severa.

Debido a que la experiencia con TMVR es limitada, el enfoque para evaluar la gravedad de la IM se extrapola de las guías de prótesis mitrales quirúrgicas⁶ o IM nativa.⁷ El DCol se usa para identificar y localizar el/los jet/s. Si bien el tamaño del jet puede proporcionar información semicuantitativa en cuanto al grado de regurgitación, se debe tener en cuenta que no existe validación para el contexto de TMVR. Teóricamente, la medición de área y ancho de VC para jets discretos puede ser útil, pero carece de validación después de TMVR. La aplicación de un enfoque por PISA de RPV con ETE tiene limitaciones significativas, ya que la forma rara vez es hemisférica, generalmente están amputadas por paredes adyacentes y sombras de la válvula protésica (Tabla 5). Es posible que se encuentren jets de IM no holosistólicos que generalmente no están asociados con regurgitación severa después del TMVR. Por lo tanto, es importante verificar la duración del jet de IM con DC y/o modo M color.

3. Otras consideraciones en TMVR. Muchas de las prótesis actuales para TMVR poseen elementos estructurales que pueden proyectarse hacia el tabique interventricular y

predisponer a obstrucción del TSVI. La orientación de los elementos valvulares en relación con el tabique debe evaluarse cuidadosamente y los gradientes de presión a nivel del TSVI deben registrarse desde vista transgástrica durante el ETE. Si bien la relación entre los gradientes del TSVI y la IM es incierta, existe una posibilidad teórica de que la interacción de la válvula con el septum pueda interferir con la estabilidad del implante.

D. Anuloplastia mitral percutánea.

1. Dispositivos para anuloplastia de válvula mitral percutánea. La anuloplastia mitral es un componente crítico en la mayoría de las reparaciones quirúrgicas de la VM tanto en IM primaria como secundaria con dilatación anular. En consecuencia, hay un interés significativo en el desarrollo de la anuloplastia mitral percutánea. La anuloplastia indirecta se refiere al despliegue de un dispositivo dentro del seno coronario, aprovechando la cercanía del seno con el anillo mitral posterior y lateral.^{116,117} Ninguno de los dispositivos que se nombran a continuación están aprobados para uso clínico en los Estados Unidos. El dispositivo Carillon (Cardiac Dimensions Inc., Kirkland, WA) está actualmente aprobado en Europa y funciona juntando el seno coronario distal y proximal para reducir el área del orificio de la válvula mitral.^{118,119} La función de la ecocardiografía intraoperatoria es evaluar la gravedad de la IM antes y después del despliegue, y detectar complicaciones tales como derrame pericárdico (debido a laceración o perforación del seno coronario) o isquemia de la pared lateral del VI por compresión aguda de la arteria coronaria circunfleja izquierda. La anuloplastia directa consiste en el remodelado del anillo mitral mediante tensores por diferentes mecanismos que aproximan el propio anillo en lugar del seno coronario. Mitralign (Mitralign Inc., Tewksbury, MA) consta de 2 pares de almohadillas desplegadas en el anillo posterior.¹²⁰ Cada almohadilla se implanta mediante la perforación del anillo con cables de radiofrecuencia desde el VI hacia la AI. Una vez colocadas, se ajustan y bloquean

reduciendo el área anular. Dado que este procedimiento se realiza en los segmentos P1 (lateral) y P3 (medial), se reduce el área en sentido antero-posterior, lo que mejora la coaptación valvar. Este procedimiento requiere de guía con ETE para el correcto posicionamiento de los catéteres cerca de las comisuras y posterior cruce seguro de los cables de radiofrecuencia hacia la AI. El sistema Cardioband (Edwards Lifesciences, Irvine, CA) utiliza guía por ETE y fluoroscópica para anclar una banda directamente al anillo desde los triángulos laterales a los mediales.^{121,122} La banda se ajusta con el corazón latiendo para tensar el anillo hasta obtener la máxima reducción de la IM. El ETE 3D ha demostrado una reducción rápida en las dimensiones anulares asociada a la reducción de la IM.¹²³

2. Evaluación de la IM post anuloplastia percutánea. La evaluación de la IM después de cualquiera de los procedimientos de anuloplastia es la menos desafiante de todas las intervenciones percutáneas sobre la VM, ya que la VM sigue constando de un único orificio, con una anatomía predeciblemente similar a una válvula nativa. La evaluación de la gravedad de la IM se debe realizar de acuerdo con las recomendaciones recientes de la ASE para IM nativa.⁷ Es importante destacar que todas las mediciones doppler previas a la intervención son útiles para comparar con las mediciones post-procedimiento (DCol, DP, DC) para una valoración integral de los cambios en la severidad de la IM. Si los anclajes se separan, puede alterarse la forma del anillo, lo que conduce a una localización inusual del jet de IM posterior al dispositivo de anuloplastia, lo que posiblemente resulte en una mayor severidad de la IM. En general, el resultado esperado de todos estos procedimientos de anuloplastia es que las dimensiones del anillo mitral y el área de tenting disminuyan, y la superficie de coaptación aumente, dando como resultado una disminución de la gravedad de la IM, por ende, en las dimensiones y volúmenes del VI a largo plazo.

E. Reparación transcatóter de la IM paravalvular protésica

1. Reparación de IM Paravalvular. El ETE 3D y DCol es la técnica de imagen elegida para la localización y análisis anatómico de la IM paravalvular protésica, además de servir como guía durante el procedimiento (Figura 14). Sin embargo, existe un interés creciente en la integración de imágenes por TCMD con fluoroscopia en tiempo real en el laboratorio de hemodinamia. Se deberían localizar y mostrar los jets de RPV para facilitar la comunicación entre el ecocardiografista e intervencionista. El enfoque estándar es usar la "vista del cirujano" desde AI, donde la válvula aórtica está en la parte superior (12 hs en punto), la comisura/anillo medial está a la derecha (3 hs en punto) y la comisura/anillo lateral y orejuela izquierda están a la izquierda (9 hs en punto). La mayoría de los defectos de IM paraprotésicos se encuentran en posición anteromedial o posterolateral. La evaluación del tamaño y forma del defecto/s es importante para la planificación del procedimiento. En los raros casos de reparación de RPV post TMVR, las cubiertas/rebordes de la prótesis plantean desafíos para la reparación transcatóter, que no se encuentran con el reemplazo quirúrgico de la VM; las imágenes por ETE 3D son un componente esencial en la planificación previa al procedimiento y monitoreo intraprocedimiento.

El conocimiento del aspecto ecocardiográfico 2D del dispositivo ocluyente expandido es importante para el correcto posicionamiento, estabilidad y el potencial para impactar en la función de la válvula protésica y el movimiento de los velos. La ecocardiografía 3D de la VM desde la AI proporciona una excelente visualización del dispositivo ocluyente, grado de superposición (si existe) y necesidad de reposicionar o desplegar ocluyentes adicionales para eliminar con éxito el defecto. La evaluación debe realizarse tanto desde una perspectiva desde el VI como de AI. El DCol se utiliza para identificar y confirmar defectos y diferenciarlos de artefacto secundario a la sombra acústica de la prótesis mitral. Se debe

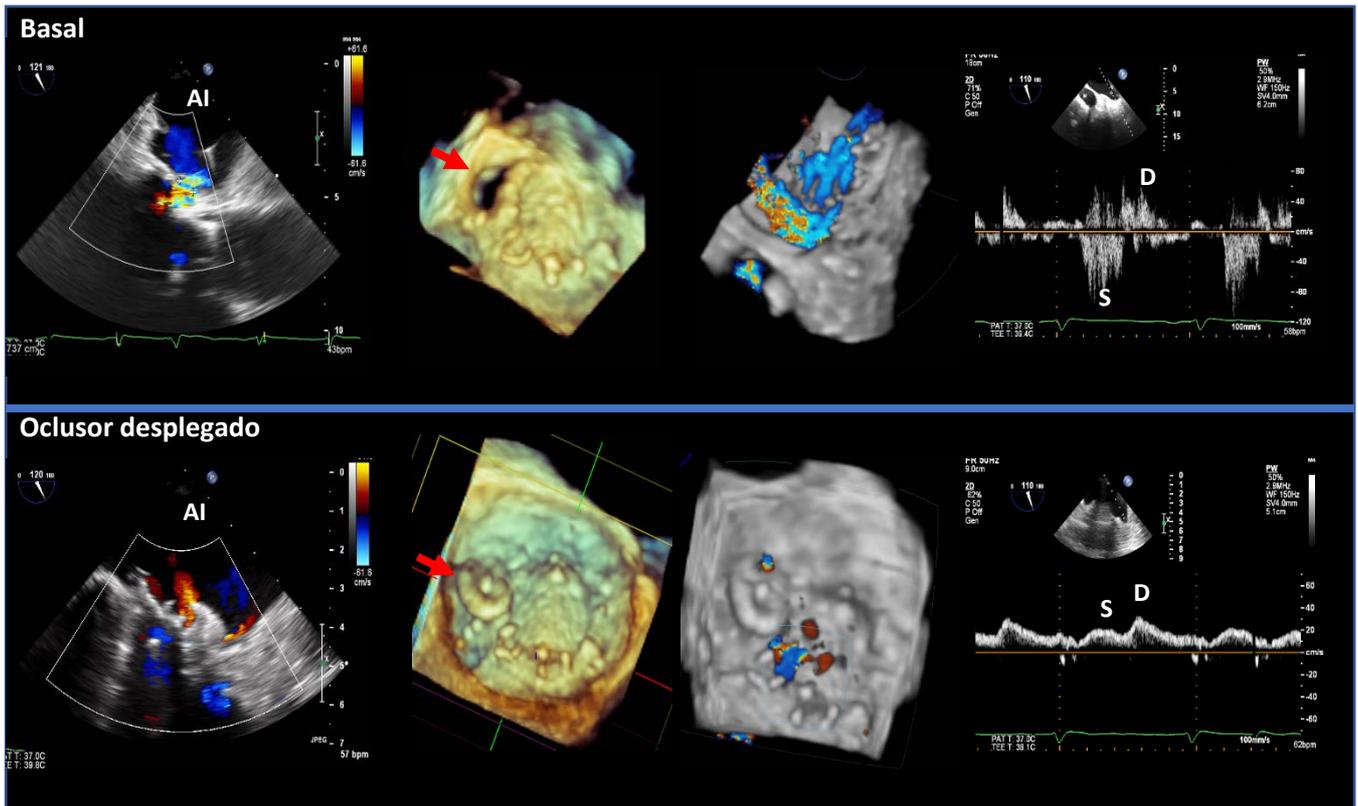


Figura 14. Reparación con oclusor para fuga paravalvular mitral (FPM). De base: Doppler color 2D muestra FPM con un diámetro de vena contracta de 7mm. Un defecto paravalvular se observa en la localización a las 10 del reloj (flecha). El Doppler color 3D muestra un gran jet paravalvular de IM. La vena pulmonar superior izquierda (VPSI) muestra flujo sistólico reverso (S). Después del implante de un oclusor: El Doppler color 2D representa dos jets de IM muy pequeños en cada lado del dispositivo. El dispositivo está desplegado adecuadamente en el defecto paravalvular (flecha). El Doppler color 3D muestra un pequeño jet de IM paravalvular residual en el margen superior del dispositivo oclusor. El flujo de VPSI demuestra atenuación sistólica pero sin flujo reverso.

realizar la evaluación Doppler del flujo mitral anterógrado y calcular el gradiente medio de presión de la válvula mitral para detectar una posible obstrucción. Los dispositivos oclusores también pueden interferir con las valvas de la válvula protésica durante la sístole, impidiendo el cierre adecuado. Esta complicación suele ser difícil de reconocer, y con frecuencia el único signo es un aumento abrupto en la regurgitación valvular, que es mayor que el volumen de cierre normal.¹²⁴ Otras complicaciones potenciales incluyen la embolización desde el dispositivo, formación de trombos y compromiso de la arteria coronaria circunfleja (típicamente con defecto posterolateral) que se manifiesta como un nuevo trastorno de motilidad parietal regional lateral.

2. Evaluación de la IM residual post reparación de IM paravalvular. Al evaluar con ETE la IM residual, un defecto remanente frente a una pérdida de eco alrededor del/los oclusor/es debe ser confirmado por la presencia de un jet de RPV. Las imágenes por ETE multiplanar con DCol (a menudo con vistas fuera de eje) se utilizan para visualizar el defecto de RPV. El DCol se utiliza para localizar el jet de RPV y evaluar su gravedad. La visualización del chorro de RPV residual posterior a la reparación y su área en la cámara que lo recibe puede proporcionar un rastreo rápido de la presencia y dirección del jet y una evaluación semicuantitativa de su gravedad (Figura 14). El área del jet más grande representa una RPV residual más significativa. Sin embargo, los chorros excéntricos que chocan contra la pared parecen más pequeños

que los dirigidos centralmente de similar gravedad hemodinámica, lo que lleva a una subestimación de la RPV mediante DCol.

presión transmitral, área de la válvula mitral y la posible obstrucción del TSVI.

Puntos Clave

Guía para intervenciones sobre la válvula mitral por ETE

- *La mayoría de las intervenciones sobre la válvula mitral están destinadas a reducir la gravedad de la IM, por lo que la comparación de las mediciones basales con las peri-intervención es muy importante.*
- *Cada dispositivo tiene características únicas que requieren protocolos de imágenes específicos para una implementación segura y exitosa, así como para evaluar la gravedad residual de la IM.*
- *El doppler color es un método de primera línea para detectar la presencia de IM residual, determinar el número, ubicación y dirección de los jets de IM y para estimar la severidad de la regurgitación utilizando las características del jet como flujo de convergencia, vena contracta y área del mismo. Sin embargo, la determinación de la gravedad de la IM utilizando únicamente Doppler color puede ser engañosa, por lo que es necesario la integración con otros parámetros.*
- *Un cambio en el patrón de flujo sistólico reverso en más de una vena pulmonar a un patrón normal sugiere fuertemente que la IM residual es leve.*
- *Un cambio de patrón de onda E dominante en flujo de entrada mitral a uno con onda A dominante es consistente con IM residual leve.*
- *La medición con ETE 3D del área de la vena contracta de la IM puede ser útil para determinar la severidad de la IM residual, pero requiere aun de validación.*
- *La integración de las mediciones por eco/doppler con los de hemodinamia invasiva puede ayudar a determinar la severidad de la IM residual.*
- *Además de estimar la severidad de la IM residual, se debe evaluar el gradiente de*

F. Evaluación de la IM residual fuera del laboratorio de hemodinamia después de los procedimientos sobre la VM.

La evaluación ecocardiográfica en el seguimiento luego de las intervenciones sobre la VM debe ser exhaustiva incluyendo análisis cualitativo, semicuantitativo y cuantitativo, cuando sea posible, utilizando doppler espectral y color. Los pacientes que se han sometido a una intervención transcatóter de la VM, generalmente deben recibir un ETT al primer día, 30 días y 6-12 meses después del procedimiento. Se deben realizar estudios adicionales con ETT antes de estos plazos si clínicamente están indicados. Los ecocardiogramas en los días 1 y 30 son fundamentalmente para evaluar los resultados y complicaciones precoces. El estudio a los 6-12 meses es para determinar la efectividad primaria del dispositivo, incluyendo el remodelado inverso de VI y AI (importantes indicadores de reducción en la IM), y de la posible disminución de la presión arterial pulmonar elevada. El ETT posterior al procedimiento es más útil si los ecocardiogramas exhaustivos se realizan antes, durante e inmediatamente después del procedimiento y están disponibles para ser comparados. En el seguimiento con ETT, es importante documentar cualquier cambio en el tratamiento médico o condición clínica, medir la presión arterial y frecuencia cardíaca y evaluar el ritmo cardíaco para determinar si los estudios previos y posteriores al procedimiento se realizaron bajo condiciones clínicas y hemodinámicas similares. Después de la reducción de la IM, no está claro el momento preciso en que aparece la remodelación inversa del VI, pero pareciera ser que ocurre a los 6 meses, la evaluación con ETT es razonable para determinar si hubo reducción en el tamaño del VI; los cambios en el tamaño de AI son menos pronunciados.^{125,126}

Hay más datos disponibles respecto a la evaluación de IM después de la reparación de

Tabla 6. Parámetros ecocardiográficos y comentarios relacionados en la evaluación de la severidad de la IM con ETT después de las intervenciones transcatóter en la VM

Parámetro	Valorando IM residual después de las intervenciones en MV
Doppler color	
Doppler color del jet(s) de IM	<ul style="list-style-type: none"> Múltiples jets pueden conducir a sobreestimación de la severidad de la IM Los artefactos/sombras del dispositivo VM pueden enmascarar el jet de IM (ETT) o el flujo de convergencia (ETE) La RPV con frecuencia es difícil de identificar, localizar y cuantificar por ETT; con frecuencia se requiere ETE Los jets excéntricos son de difícil evaluación y detección (imágenes fuera del plano)
Flujo de convergencia	<ul style="list-style-type: none"> Pequeño, sugiere IM leve; grande sugiere IM significativa
Ancho de vena contracta	<ul style="list-style-type: none"> Con frecuencia mejor definido con ETE No válido para múltiples jets o varias intervenciones
Área de vena contracta (3D)	<ul style="list-style-type: none"> Mejor definido con ETE Puede ser utilizado luego de la reparación Borde a Borde; probablemente el método preferido para cuantificación por Doppler color pero con limitados estudios disponibles
Doppler espectral	
Doppler de onda continua del jet de IM	<ul style="list-style-type: none"> Contorno parabólico y densidad ligera sugieren IM leve Onda de velocidad densa y triangular sugiere IM significativa
Patrón de flujo de vena pulmonar	<ul style="list-style-type: none"> El flujo sistólico reverso es específico para IM severa Patrón de flujo influenciado por múltiples factores: presión de AI, presión de llenado VI, fibrilación auricular Difícil registro con válvula mitral protésica
Patrón de llenado mitral	<ul style="list-style-type: none"> Dominancia de la onda E mitral afectada por múltiples factores: incremento de severidad de IM, presión de llenado VI, y obstrucción relativa de la VM por el dispositivo implantado Dominancia de onda A mitral sugiere IM leve
Parámetros cuantitativos	
AEOR y VoIR por PISA	<ul style="list-style-type: none"> No recomendado en presencia de dispositivos en VM, incluyendo reparación Borde a Borde (no válido para jets múltiples, doble orificio VM, o jets excéntricos)
VoIR volumétrico y FR	<ul style="list-style-type: none"> Requiere excelente definición endocárdica del VI para cuantificar el volumen latido VI; mejor utilizado con eco 3D o eco contraste para no infraestimar el volumen latido VI y por lo tanto el VoIR/FR No se puede utilizar el sitio del anillo mitral para el flujo debido al dispositivo VM (excepto en anuloplastia MV) Múltiples medidas pueden agravar errores No es preciso si existiera insuficiencia aórtica > leve o DSV

DSV= defecto septal ventricular. Otras abreviaturas como se señala anteriormente

borde a borde que para los otros procedimientos sobre la VM. Debido a la poca información sobre la evaluación de la gravedad de la IM post-TMVR, la mayoría de los investigadores asumen que la evaluación de la IM residual debería ser similar a la utilizada para las prótesis mitrales quirúrgicas.⁶ Son pocos los datos que validan la valoración de la IM luego de cualquier intervención de anuloplastia. Sin embargo, como estos procedimientos dan como resultado una válvula similar a la válvula nativa con anuloplastia quirúrgica, la evaluación de la IM debería seguir los mismos lineamientos que para IM nativa.⁷ Por último, la evaluación de la IM residual post cierre de RPV presenta la misma complejidad y limitaciones que post TMVR, por la interferencia de la prótesis y la sombra acústica sobre la señal Doppler. La definición de la RPV con frecuencia requiere de ETE, especialmente si los orificios regurgitantes son pequeños o excéntricos. Por lo tanto, ante la sospecha de RPV por la presencia de soplo sistólico, hemolisis, insuficiencia cardíaca, debería realizarse un ETE, en lo posible 3D. A continuación, se detallan todos los parámetros ecocardiográficos utilizados en la evaluación de la severidad de IM residual luego de procedimientos sobre la VM con ETT (Tabla 6). La Tabla 7 resume todos los parámetros ecocardiográficos y Doppler usados en la valoración de la severidad de la IM residual tanto con ETT como ETE, y como se complementan para evaluar la IM post procedimiento.

1. Imagen Doppler Color. Consideración

General: El DCol es esencial para identificar IM residual después de las intervenciones en la VM así como conocer varias características de la regurgitación (número de jets, sitio, dirección, y excentricidad). Es importante identificar los tres componentes del jet de IM (convergencia de flujo, vena contracta y área del jet en AI), utilizando las vistas tradicionales paraesternal eje largo, apical y fuera de eje; las vistas de eje corto paraesternal a nivel de la válvula pueden identificar el número de jets residuales. A pesar de todas estas maniobras,

los 3 componentes pueden no verse en el mismo plano. También es importante reconocer tres áreas desafiantes por el DCol en la evaluación de la severidad de la IM luego de la intervención sobre la VM:

- 1) Con frecuencia hay más de un jet de IM;
- 2) Los jets de IM habitualmente son excéntricos y se pegan a la pared, incluso pueden entrecruzarse;
- 3) Existe un grado variable de sombras en los jets de IM, dependiendo del procedimiento/estructura de la VM, que es peor en presencia de una VM protésica (por ejemplo, TMVR y reparación de RPV), y en menor medida con la anuloplastia de la VM.

Pese a esto, el DCol es útil como enfoque de primera línea para identificar y localizar el sitio u origen de los jets de IM. En general, los chorros pequeños y delgados con poco o ningún flujo de convergencia denotan una IM leve (Figura 15); mientras que los jets grandes o excéntricos que se desplazan por la pared de la AI hasta las venas pulmonares con una gran vena contracta o flujo de convergencia proximal indican IM severa. El DCol siempre debe integrarse con parámetros de Doppler continuo y pulsado, especialmente cuando el DCol presenta limitaciones (Figura 16).⁷ Si existe sospecha de IM residual significativa, se necesita una evaluación adicional con otros parámetros y/o ETE con capacidad 3D. La utilidad del DCol 3D para valorar la severidad de la IM ha sido reportada pero aún no está completamente validada.⁹⁹

Vena contracta: existen pocos datos sobre el ancho y área de vena contracta en la evaluación de la gravedad de la IM residual después de las intervenciones sobre esta válvula. No se recomienda el ancho de VC a menos que se limite a un solo jet dentro de la válvula nativa después de la anuloplastia, siempre que el origen esté bien identificado en una vista ampliada y preferiblemente en un plano con buena resolución axial, optimizando así el resultado de la medición.⁶ Existe controversia sobre si sumar los ancho de VC cuando existen múltiples chorros o ignorar los muy pequeños (ancho VC menor a igual a 0,2 cm). La IM es grave en presencia de un solo jet con un ancho de VC mayor a 0,7 cm, así como dos o más jets moderados (ancho de VC 0,4-0,6 cm).

Tabla 7. Parámetros Ecocardiográficos y Doppler para clasificar la Severidad de la IM por ETE o ETT después de intervenciones transcatóter en la VM. ††

Parámetro	Leve	Moderado	Severo
Estructural			
Morfología	Dispositivo correctamente posicionado/esperado o movimiento valvular normal	Sin criterio específico	Posición anormal del dispositivo/válvula flail (separación de un solo velo, dehiscencia, expansión incompleta RVMT, etc)
Volúmenes AI y VI	Reducción en tamaño desde el basal o normalización	Cambio mínimo	Incrementados sin cambio/empeoramiento desde el basal, particularmente en IM primaria
Cualitativo			
Doppler color del jet (tamaño, número, excentricidad)	1 o 2 jets pequeños, estrechos	Mayor a leve pero no reúne criterios para severa	Jet grande central/jets múltiples/jet(s) excéntrico de cualquier tamaño envolviendo la AI
Tamaño del flujo de convergencia [†]	Ninguno o pequeño	Intermedio	Grande
Patrón de llenado mitral	Onda A dominante	Sin criterio específico	Sin criterio específico
Patrón de flujo de venas pulmonares [‡]	Normal	Flujo sistólico atenuado	Flujo sistólico reverso
DC del jet de IM (densidad, contorno)	Contorno parabólico, débil	Sin criterio específico	Contorno triangular, denso
Semi-cuantitativo			
Ancho de vena contracta (cm)	Único jet con Ancho de VC ≤ 0.3	Único jet con Ancho de VC 0.4-0.6	Cualquier jet con Ancho de VC ≥ 0.7 o ≥ 2 jets moderados
Cuantitativo			
Área de vena contracta por planimetría 3D (cm ²) [§]	Único jet con AVC < 0.2	Único jet con AVC 0.2-0.39	Cualquier jet con AVC ≥ 0.4 o ≥ 2 jets moderados
AEOR por PISA (cm ²)	< 0.2 No recomendado después de la reparación Borde a Borde o en RPV	0.2-0.39 No recomendado después de la reparación Borde a Borde o en RPV	≥ 0.4 No recomendado después de la reparación Borde a Borde o en RPV
Volumen regurgitante (mL)	< 30	30-59 [¶]	≥ 60 [¶] (Puede ser menor en estados de bajo flujo)
Fración regurgitante (%)	$< 30\%$	30-49	$\geq 50\%$

DC = Doppler de onda continua; AEOR = Área efectiva del orificio regurgitante; AI = aurícula izquierda; VI = ventrículo izquierdo; IM = insuficiencia mitral; PISA = área de superficie proximal de isovelocidad; RPV = regurgitación paravalvular; RVMT = reemplazo valvular mitral transcatóter; AVC = área de vena contracta; Ancho de VC = ancho de vena contracta.

†† Todos los parámetros tienen limitaciones y en un enfoque integrador deben utilizarse para pesar la fuerza de cada medición ecocardiográfica. Todos los signos y mediciones deberían ser interpretados de manera individualizada contando con el tamaño corporal, hemodinámica y otras características del paciente.

‡ Influenciado por muchos otros factores (Función diastólica del VI, fibrilación auricular, presión de AI).

† Flujo de convergencia es usualmente pequeño con un radio PISA ≤ 0.3 cm y largo con radio ≥ 1 cm a un límite Nyquist entre 30-40 cm/s.

§ por Doppler color; se requiere mayor validación.

¶ Volumen latido total (inclusive del VolR) es calculado desde los volúmenes del VI. El uso de ecocardiografía 3D y preferiblemente ecocardiografía con contraste se recomienda para evitar la infraestimación de los volúmenes del VI, VolR y FR.

El ETE 3D permite la medición del área de VC, aunque aún hay pocos datos al respecto. Altiok et al.⁹⁹ midieron el área de VC con ETE 3D después de la colocación de MitraClip y encontraron que los pacientes con mejoría en la clase funcional (NYHA) a los 6 meses tenían una mayor reducción del área de VC en comparación con los pacientes sin mejoría. Además, encontraron que la reducción en los volúmenes de aurícula y ventrículo izquierdo fue significativamente mayor en aquellos pacientes que tuvieron una reducción superior al 50% en el área de VC post reparación. El ETE 3D tiene la ventaja única de permitir el análisis de la gravedad de la IM desde cada orificio en la válvula mitral con doble orificio después de la reparación de borde a borde. Hay menos experiencia con el área de VC en otras condiciones de IM residual, pero se espera que dichas mediciones también sean aplicables, dada la buena calidad de adquisición de datos. Los umbrales propuestos para la gravedad de IM utilizando área de VC se detallan en la [Tabla 7](#); con una experiencia cada vez mayor en intervenciones mitral y ETE 3D, se ofrecerá una mayor validación y refinamiento.

Flujo de convergencia: el PISA se ha utilizado tradicionalmente para evaluar la gravedad de la IM nativa o protésica con ETT y ETE. En principio, estos mismos parámetros también deben aplicarse a otros procedimientos de la VM. Para jets centrales y con un límite de Nyquist de 30-40 cm/s, la IM leve se asocia con un radio en convergencia de flujo menor o igual a 0,3 cm, mientras que la IM severa presenta un radio de convergencia de flujo mayor o igual a 1 cm. Después del implante del dispositivo de borde a borde, la convergencia de flujo se puede usar cualitativamente, sin embargo, el PISA no es adecuado para cuantificar la regurgitación debido a la presencia de múltiples jets de IM o porque el clip puede entorpecer la zona de convergencia de flujo o seccionarla, lo que hace que la corrección del ángulo sea necesaria y difícil. Es posible que existan limitaciones similares con los otros dispositivos de reparación/reemplazo de VM

protésica, existiendo poca información sobre los dispositivos más nuevos.

2. Doppler Continuo del Jet de IM. La densidad de la señal espectral del jet de IM se relaciona con la severidad. Una onda parabólica tenue es consistente con IM leve ([Figura 15](#)). Sin embargo, una onda muy densa se asocia con mayor severidad, pero no puede diferenciar la IM moderada de severa ([Figura 16](#)). Una onda de forma triangular con pico precoz refleja una elevada presión regurgitante en AI y una IM significativa. Si el pico precoz del jet de IM está presente antes del procedimiento, el contorno de la onda de velocidad de IM cambia a parabólico, con reducción de la gravedad de la IM. En ocasiones, se observa un patrón de flujo de IM bimodal, con pico sistólico precoz y tardío. Cuando la IM severa persiste después del procedimiento, la señal espectral del Doppler continuo es holosistólica e intensa, con una densidad similar a la señal del flujo de entrada mitral.

3. Gradiente de Presión y Patrón de Flujo de Entrada Mitral. Después de la reparación de la VM de borde a borde, TMVR, inserción de anillo o cierre de leak paravalvular mediante catéter, se evalúa el patrón de velocidad de flujo de entrada mitral utilizando DC para determinar la velocidad máxima de la onda E, velocidad de desaceleración y gradiente medio de presión mitral. Debe registrarse la frecuencia cardíaca. La evaluación anatómica de la apertura de la válvula mitral después de la reparación de borde a borde o las fugas paravalvulares residuales se evalúa mejor con ETE 3D.¹²⁴ Después de la reparación de borde a borde, se considera aceptable un gradiente medio de la válvula mitral <5 mmHg a una frecuencia cardíaca normal. Un gradiente de presión elevado en presencia de apertura conservada puede ser una pista importante para sospechar IM significativa. Un cambio de patrón de entrada mitral con onda E dominante preprocedimiento, a uno con predominancia de onda A post intervención es indicativo de reducción significativa en la IM y que la IM residual no es severa, siempre que el paciente

IM leve posterior a reparación VM Borde a Borde

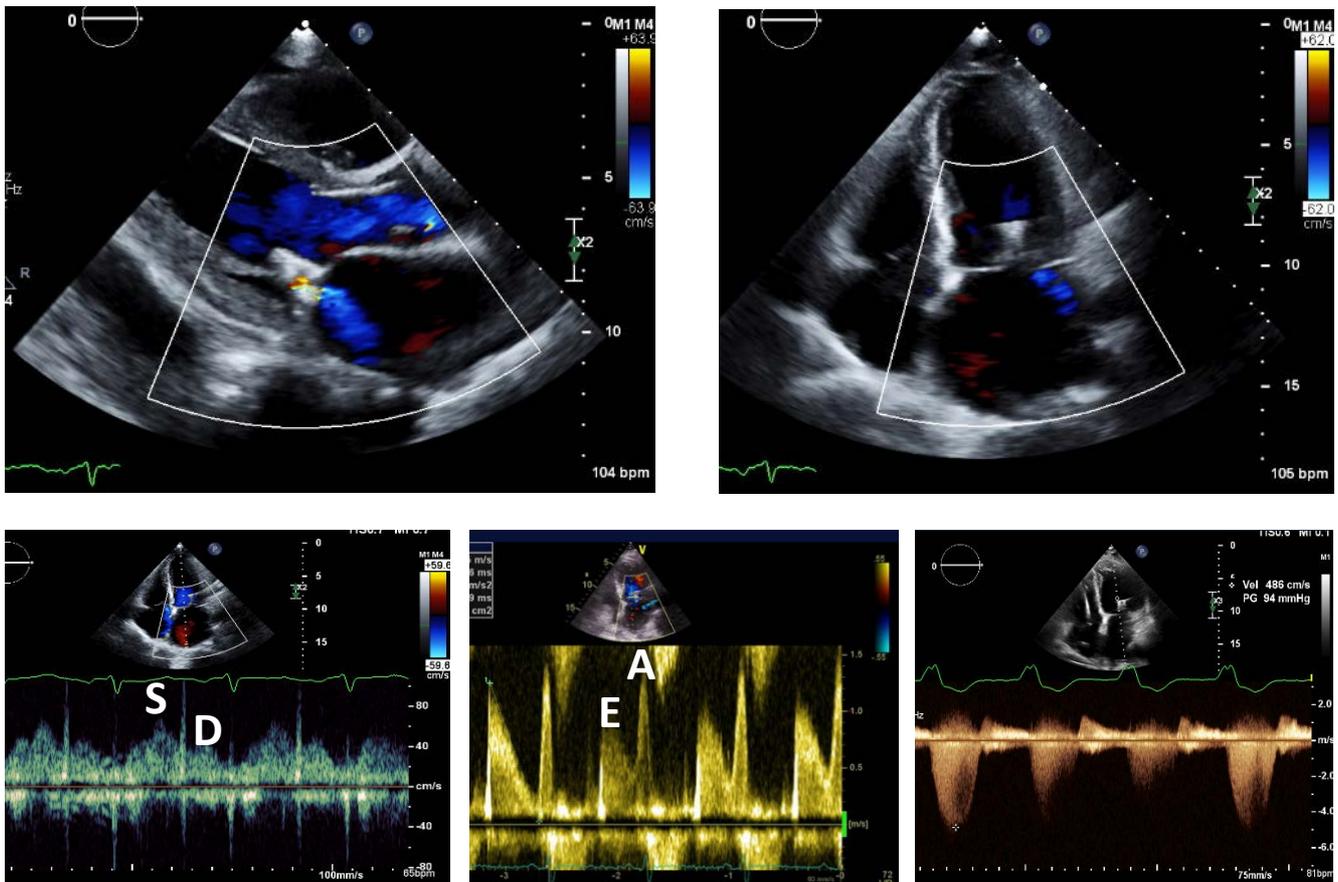


Figura 15. Características ecocardiográficas de IM residual leve posterior a reparación mitral de borde-a-borde. El jet de IM es delgado, pequeño y de baja velocidad (saturación mínima), con una VC pequeña y sin flujo de convergencia. El flujo venoso pulmonar muestra una dominancia sistólica normal. Existe dominancia de la onda A del flujo transmitral y el trazo de DC del jet de IM tiene un espectro incompleto con un perfil parabólico.

se encuentre en ritmo sinusal. En contraste, un patrón de entrada mitral con E dominante no es diagnóstico de IM significativa, ya que está influenciado por muchos factores, incluidos la nueva estenosis relativa de la válvula después de la intervención y las presiones de llenado del VI (Figuras 15 y 16). Por otro lado, un aumento en la integral velocidad-tiempo y velocidad E mitral con disminución de la velocidad en el TSVI a lo largo del tiempo puede indicar un empeoramiento de la gravedad de la IM.

4. Patrón de Flujo de Vena Pulmonar. Las velocidades del flujo venoso pulmonar pueden ser un indicador útil de la presión en AI y gravedad de la IM. La mejora o normalización

del flujo sistólico de la vena pulmonar sugiere fuertemente que la IM ha disminuido (Figuras 11 y 14). La dominancia diastólica puede persistir si la IM aún es significativa, o en presencia de presión diastólica del ventrículo izquierdo elevada o fibrilación auricular.¹²⁷ Con el empeoramiento de la IM, puede producirse una reversión del flujo sistólico de la vena pulmonar.

5. Presión Sistólica en Arteria Pulmonar. La presión sistólica de la arteria pulmonar (PSAP) es una medida complementaria porque puede ser normal o alta en reposo en pacientes con IM moderada a severa; una PSAP elevada también puede deberse a enfermedad vascular pulmonar intrínseca en lugar de IM. En un

IM ≥ Moderada después de reparación Borde a Borde

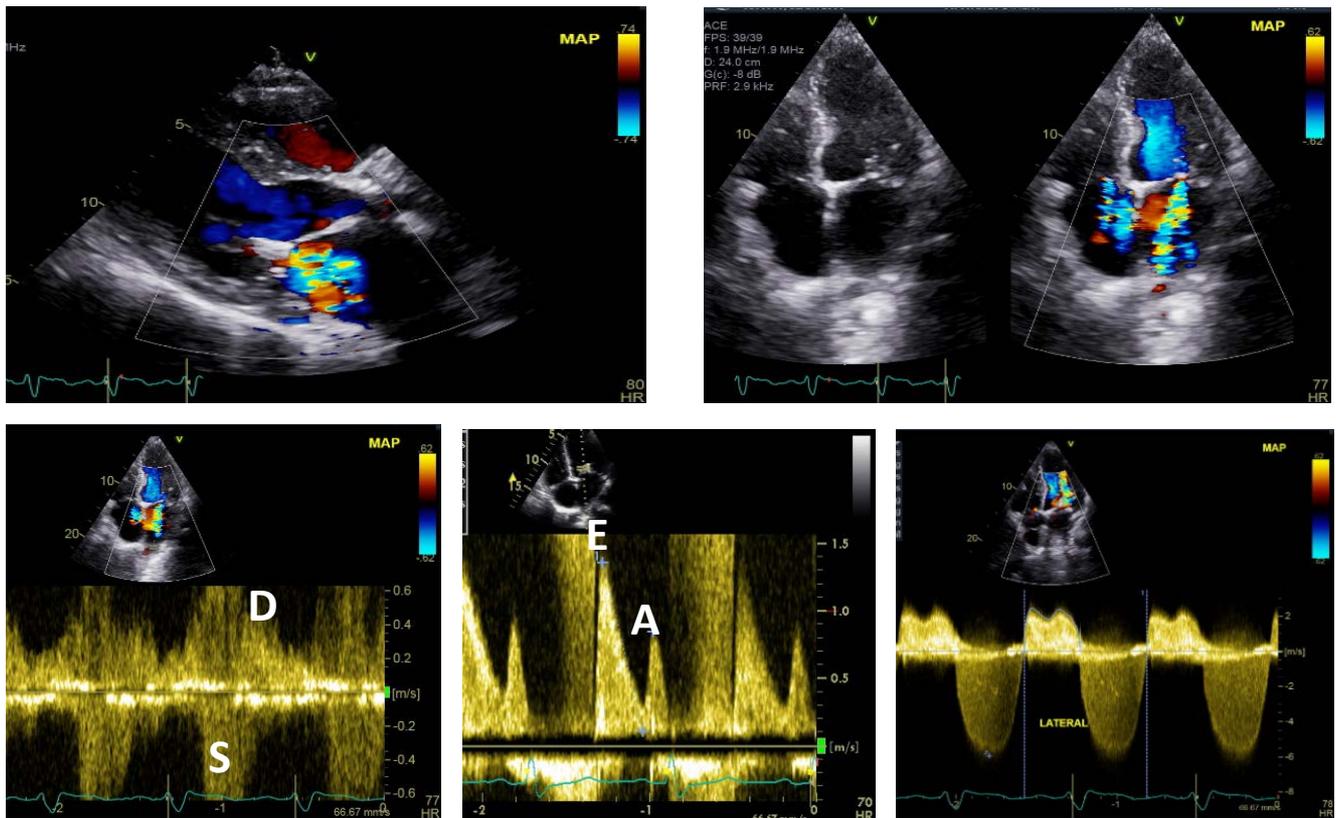


Figura 16. Un ejemplo de IM residual significativa después de reparación valvular mitral borde-a-borde. La severidad de las vistas superiores parece moderada pero requiere ser evaluada de forma cuantitativa por volúmenes VI/Doppler (ver ejemplo en figura 17), ETE o RMC. El jet por Doppler color está saturado y grande en la aurícula izquierda; sin embargo, el flujo de convergencia no es prominente. Existe saturación del flujo reverso sistólico en la vena pulmonar pero podría estar contaminado con el jet de IM que se dirige hacia la vena pulmonar interrogada. La dominancia de onda E mitral es sensible pero no específica para IM severa ya que es dependiente de carga y también se relaciona al área valvular residual posterior a la reparación. La forma de onda de la velocidad por DC es de moderada densidad y permanece parabólica.

estudio, la PSAP se redujo de 36 ± 4 a 29 ± 7 mmHg después de la colocación de MitraClip.¹²⁸ La caída en la PSAP se observó principalmente en pacientes con valores elevados al inicio del estudio.¹²³

6. Volumen y Fracción Regurgitante. La valoración del VoR y FR por ecodoppler es un método útil para evaluar la IM posterior a la intervención. Esto es factible a menos que exista IA mayor que leve o un defecto septal ventricular significativo. Debido a que la anatomía de la VM suele ser anormal después de las intervenciones percutáneas sobre esta válvula (reparación de borde a borde, válvula

protésica), no es posible determinar el volumen latido con DOP a nivel del anillo. Por lo tanto, el volumen latido del VI se determina a partir de la diferencia entre los volúmenes de fin de diástole y fin de sístole desde vista apical por ETT. Es preferible utilizar el eco 3D o medios de contraste para no subestimar los volúmenes del VI y, por lo tanto, el volumen latido y VoR (Figura 17).⁶ El volumen latido sistémico se estima con mayor frecuencia mediante DOP en el TSVI.⁶ Foster et al.¹²⁷ analizaron el VoR y FR antes y después de la colocación de MitraClip y demostraron que el VoR cayó de $50,3 \pm 21,5$ mL al inicio del estudio a $27,5 \pm 18,6$ mL ($P < 0,0001$). La FR también disminuyó de

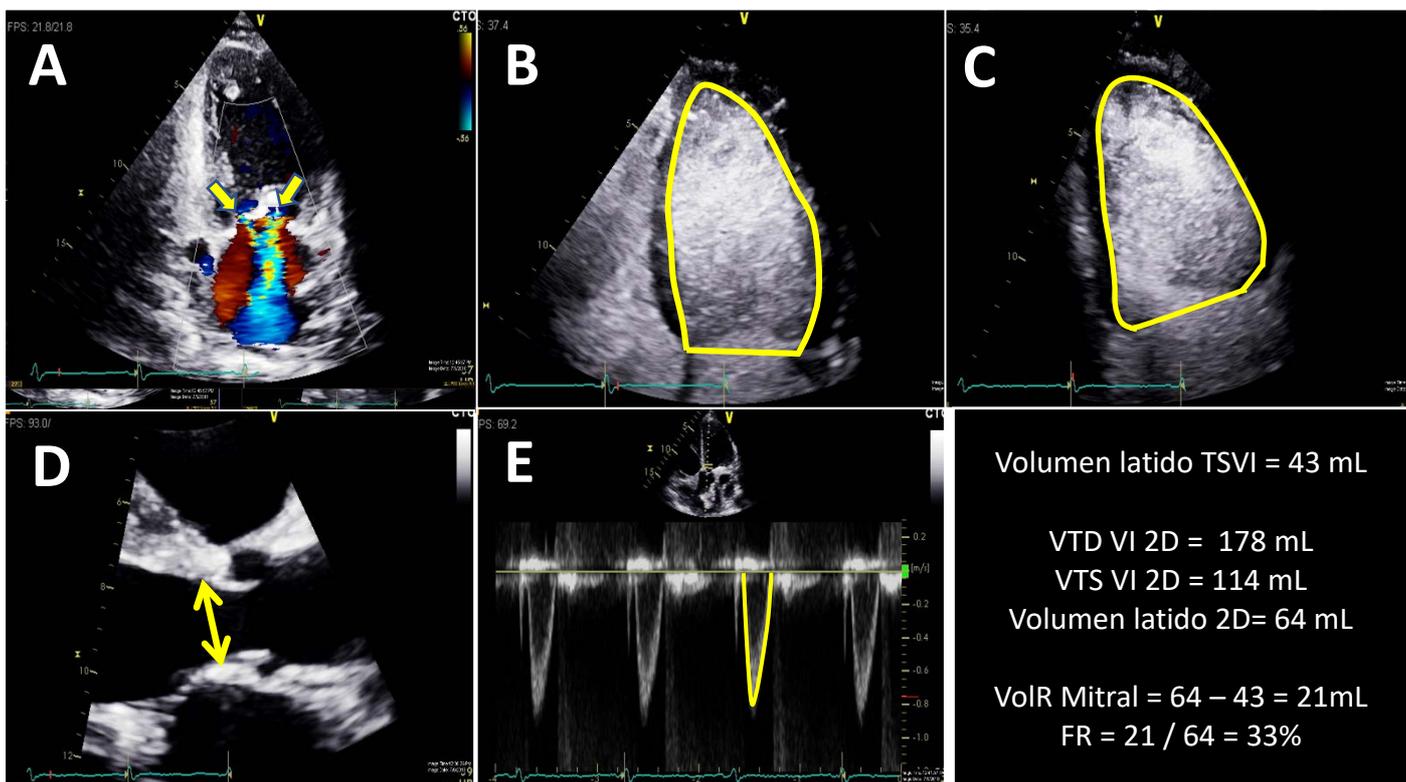


Figura 17. Cuantificación de insuficiencia mitral usando una combinación del volumen latido total del VI (mediciones volumétricas realizadas con contraste del VI en biplano) y el volumen latido del TSVI (mediciones de diámetro y velocidad). **(A)** Vistas de apical de 2 cámaras muestran dos jets de IM y el MitraClip; **(B)** Imagen realizada con contraste de vista apical de cuatro cámaras; **(C)** Imagen realizada con contraste de vista apical de dos cámaras; **(D)** medición del TSVI, **(E)** forma de onda de velocidad por DP del TSVI.

44,6±13,6% a 28,9±15,3% (P <0,0001) a los 6 meses. Hamilton-Craig et al.¹²⁹ compararon la severidad de la IM por ecocardiografía doppler y RMC en pacientes después de la colocación de MitraClip. La cuantificación de la FR por Doppler mostró una reproducibilidad significativamente mejor que la evaluación subjetiva por operadores expertos. La cuantificación por RMC demostró una excelente reproducibilidad. Altiok et al.⁹⁹ demostraron que, durante el ETE, la cuantificación por 3D del VoIR mitral antes y después de la colocación de MitraClip tiene una menor variabilidad intra e interobservador en comparación con las técnicas 2D.

Por último, la relación entre la integral velocidad-tiempo del flujo de entrada mitral y flujo de salida del VI (VTI VM/VTI TSVI) se ha utilizado en válvulas protésicas mitral para evaluar la función de la prótesis y detectar IM.⁶ Una relación VTI VM/VTI TSVI elevada (>2,2 en válvulas mecánicas bidisco; >2,3 en

bioprótesis de pericardio; >2,6 en válvulas porcinas) sugiere IM significativa en presencia de un tiempo de hemipresión normal.^{6,130} Conceptualmente, esta relación podría usarse después de TMVR y cierre por catéter de RPV en válvula mitral protésica. Sin embargo, no se ha validado un valor de corte para TMVR y requiere más estudio.

7. Enfoque integrador en la evaluación de la IM Residual. Similar al resto de las regurgitaciones valvulares, se necesita un enfoque integrador en la evaluación general de la IM residual post intervención en la VM. La [Tabla 7](#) enumera los distintos parámetros que pueden ser útiles en esta valoración y la [Figura 18](#) proporciona un algoritmo que utiliza estos parámetros para facilitar la estimación general de la IM residual. Estas sugerencias se basan en opiniones de expertos, datos disponibles y consenso de los miembros del Grupo de redacción. Se debe registrar en todos los

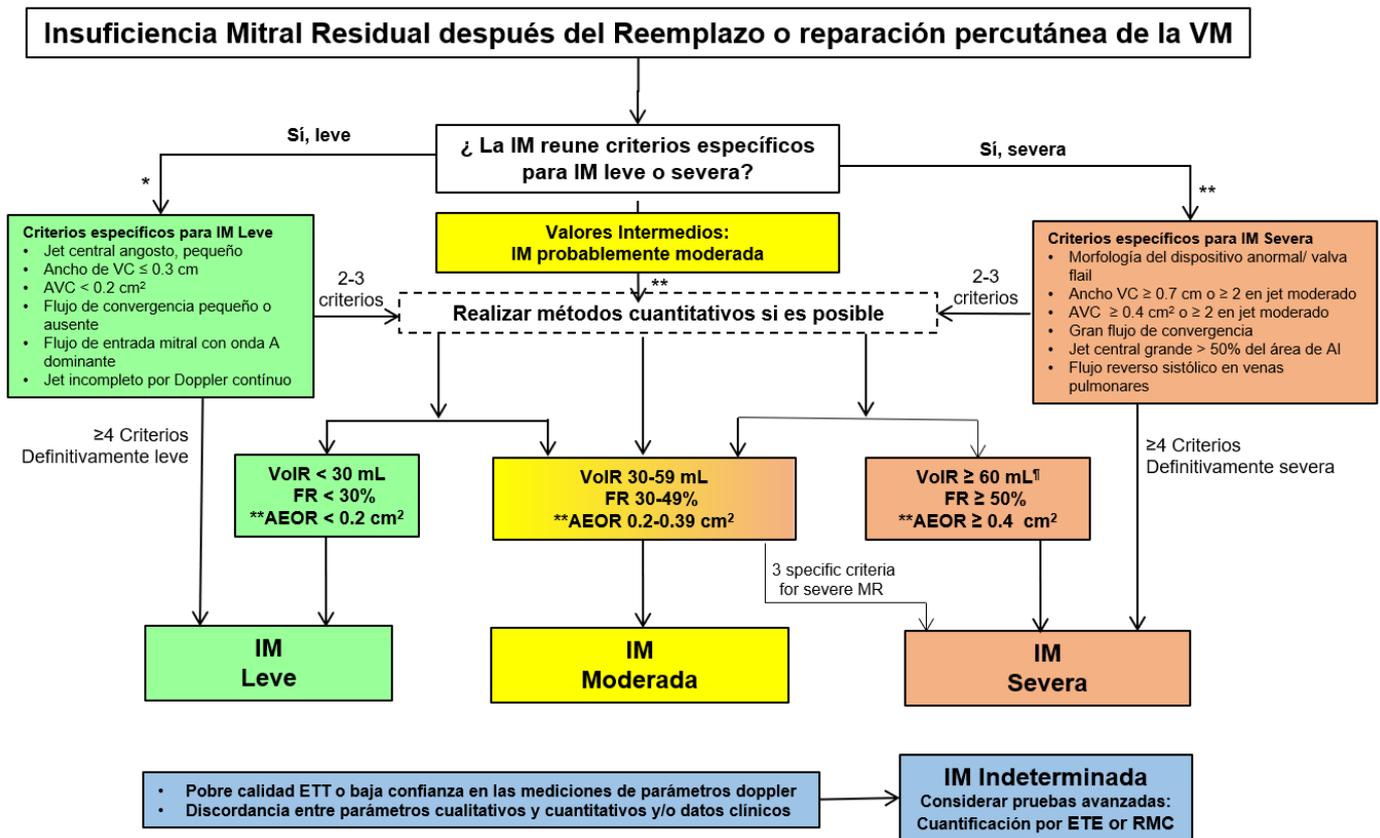


Figura 18. Algoritmo sugerido para guiar la implementación de la integración de múltiples parámetros de severidad de IM posterior a intervenciones percutáneas de válvula mitral. Se asume una imagen ecocardiográfica de buena calidad y adquisición de datos completa. Si la imagen es técnicamente difícil, considerar ETE o RMC. La severidad de IM puede ser indeterminada debido a la mala calidad de imagen, problemas técnicos con los datos, inconsistencia interna entre los hallazgos de eco, o discordancia con los hallazgos clínicos.

pacientes al momento del estudio la presión arterial, ritmo y frecuencia cardíaca, y los medicamentos (por ejemplo, vasopresores, inotrópicos, vasodilatadores), ya que estos pueden influir en la severidad de la IM. Esto se fundamenta predominantemente en la última guía de regurgitación de la válvula nativa,⁷ aunque con varias modificaciones. Estas recomendaciones no han sido completamente validadas y se requieren de estudios adicionales para probar y refinar estos criterios de forma individual y combinados. Como se mencionó, la clasificación de la IM puede ser difícil debido a la complejidad de sus mecanismos después de la reparación o reemplazo de la VM, frecuentes jets excéntricos de tamaño variable, sombra acústica desde el dispositivo, calcio anular mitral o condiciones hemodinámicas que

pueden afectar algunos de estos parámetros. Por estas razones y debido a los errores involucrados en la cuantificación, se propone un sistema de tres grados (leve, moderado y grave). Sin embargo, si la mayoría de los datos concuerdan en que la regurgitación es leve o severa, lo más probable es que esa valoración será precisa y no se requieran de cuantificaciones adicionales, al menos para las lesiones leves. Sin embargo, si los datos son de calidad subóptima y no coinciden, se recomienda la cuantificación; y en caso de no ser posible, se debe realizar una evaluación adicional con ETE o RMC.

8. Rol de la RMC en la Evaluación de la IM Residual luego de Intervención Percutánea de la VM. La RMC puede evaluar y cuantificar la IM residual o paravalvular después de las

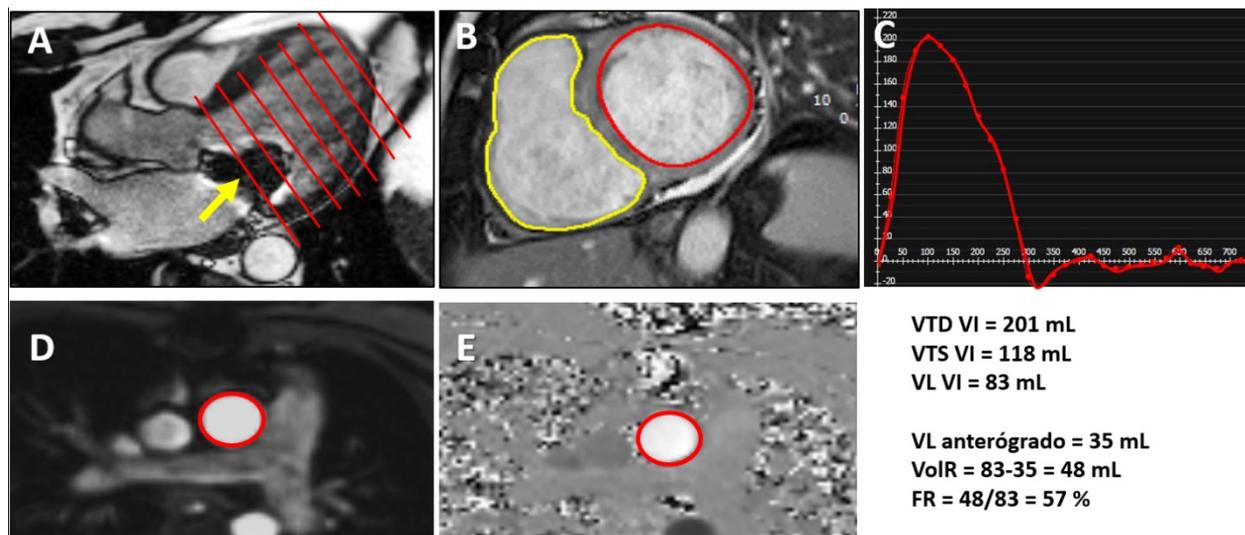


Figura 19. Cuantificación del volumen de insuficiencia mitral y fracción regurgitante con RMC en un paciente después de reparación borde-a-borde de válvula mitral. Se utilizó el método “indirecto”: el volumen latido total del VI se calcula desde el volumen telediastólico (VTD) y telesistólico (VTS) usando una serie de imágenes del eje corto del VI (A y B). El artefacto de susceptibilidad del MitraClip se muestra en la flecha del panel A. El volumen latido hacia adelante se calcula del flujo de contraste de fase a través de la válvula aórtica (C: curva de flujo; D y E señalan en rojo las regiones anatómicas y de flujo de contraste de fase en la aorta, respectivamente)

intervenciones sobre la VM. Sin embargo, dado que actualmente no hay datos publicados sobre el uso de RMC en este contexto, los enfoques potenciales se extrapolan de la literatura de IM nativa o prótesis quirúrgica.^{131,132} Además, es esencial asegurarse primero de que el dispositivo implantado sea apto para RMC.

a. Evaluación de IM residual.— La evaluación cualitativa de la regurgitación basada en imágenes de cine SSFP puede no ser confiable en presencia de válvulas, clips o colocación de anillos debido a artefactos del marco valvular, anillo o el mismo clip (Figura 19). Además, los patrones regurgitantes atípicos debidos a que el reborde de la válvula de TMVR puede dificultar la evaluación visual de la regurgitación. El uso de imágenes de contraste de fase con codificación de fase puede proporcionar una mejor visualización de la regurgitación que las imágenes de cine SSFP; aunque esto queda por estudiar.

La evaluación cuantitativa del VolR y FR mitral residual¹³³⁻¹⁴¹ puede ser útil en el contexto de las intervenciones percutáneas sobre VM.¹²⁹ Las técnicas de RMC disponibles pueden dividirse en métodos directos e indirectos, que

ya se han analizado en detalle.⁷ El método directo utiliza imágenes de contraste de fase en eje corto con codificación de velocidad para medir directamente el VolR.¹³³ El uso de esta técnica directa es menos factible en casos de anuloplastia con implante de anillo percutáneo y reparación de borde a borde,¹²⁹ y está limitado en el contexto de TMVR o posterior al cierre de leak paravalvular, debido a artefactos significativos. Las técnicas indirectas son probablemente más apropiadas para cuantificar la IM. Esto incluye el cálculo del VolR usando: (1) la diferencia entre el volumen latido del VI mediante planimetría en imágenes cine de eje corto y el volumen latido aórtico obtenido por imágenes de contraste de fase (Figura 19)¹³⁵⁻¹³⁷; y (2) la diferencia entre el volumen latido ventricular izquierdo y derecho mediante delineación endocárdica en imágenes cine.^{133,138-140} La fracción regurgitante se puede calcular dividiendo el VolR con el volumen latido del VI. Es importante tener especial cuidado en el corte basal del VI, ya que es fundamental para el cálculo de los volúmenes, debido a que es probable que este corte se vea afectado por artefactos provenientes del dispositivo implantado (Figura 19). Si el artefacto afecta

significativamente la delimitación de los bordes endocárdicos, entonces las mediciones del volumen del VI, VoIR y FR serán menos confiables, y esto debe consignarse en el informe.

Actualmente no hay datos publicados que validen puntos de corte en VoIR o FR por RMC para clasificar a los pacientes en grados de severidad de la IM en el contexto de la intervención percutánea sobre la VM. Los datos anteriores sugirieron la clasificación usando los siguientes valores de FR: leve menor o igual a 15%, moderada 16-25%, moderada a severa 26-48% y severa mayor a 48%; el resultado clínico⁹⁵ se diferenciaba a un valor de corte de 40%.¹⁴² Más recientemente, los valores de corte utilizados en ecocardiografía se sugirieron como umbrales apropiados en RMC para valorar la severidad de la IM.¹⁴³ Existe consenso en este Grupo de Redacción de que estos puntos de corte para evaluar la severidad de la IM deben usarse tanto en ecocardiografía como RMC después de intervenciones percutáneas sobre la VM, hasta que se dispongan de datos más específicos para esta población (Tabla 7).

b. Remodelado inverso de AI y VI.– La RMC también puede desempeñar un papel en la evaluación de la remodelación inversa de AI y VI después de las intervenciones percutáneas en la VM.^{144,145} Los volúmenes y función del VI se miden utilizando una sucesión de imágenes cine SSFP en eje corto basadas en las recomendaciones existentes.^{146,147} Como se indicó anteriormente, es muy importante prestar especial cuidado en los cortes basales donde los artefactos afectarían las mediciones correctas de volúmenes y fracción de eyección del VI. Todas las mediciones deben indexarse al área de superficie corporal.^{143,148-151} De igual manera, la medición precisa del volumen de AI requiere de la adquisición de múltiples planos en cine a través de la aurícula, permitiendo la cuantificación sin supuestos geométricos.¹⁵² La adquisición de estas imágenes adicionales y su análisis insumen bastante tiempo. El área y la dimensión de la aurícula izquierda basadas en imágenes cine en dos y cuatro cámaras estándar indexadas al área de superficie

corporal, también se pueden usar para valorar la remodelación auricular.^{151,152}

c. ¿Cuándo está indicada la RMC?.– La indicación primaria para RMC en la evaluación de la IM residual o paravalvular después de la intervención percutánea sobre la VM es cuando la evaluación ecocardiográfica doppler no es satisfactoria o no concuerda con los hallazgos clínicos. Otro posible rol es determinar las consecuencias fisiológicas de la IM sobre AI y VI, con mediciones más precisas y reproducibles de los volúmenes y fracción de eyección. Las principales limitaciones de la RMC para cuantificar la regurgitación incluyen: 1) compatibilidad de los dispositivos implantados con el resonador magnético, 2) artefactos, 3) arritmia subyacente en pacientes sometidos a estos procedimientos y, 4) falta de valores de corte específicos en RMC para estadificar la regurgitación. Es importante remarcar que, si bien el uso de contraste con gadolinio está contraindicado en pacientes con disfunción renal significativa, la cuantificación de la regurgitación valvular todavía se puede realizar en estos pacientes con imágenes cine SSFP y contraste de fase que no necesitan administración de gadolinio.

Puntos Clave

Evaluación de la IM residual después de las intervenciones percutáneas sobre VM

- *Las imágenes después de las intervenciones sobre VM incluyen una evaluación cuidadosa de la integridad del dispositivo, posición, estabilidad e interacción con las estructuras adyacentes.*
- *El Doppler color es el método de primera línea para evaluar la IM residual con ETT. Es confiable para excluir o detectar IM leve. Para lesiones más severas, la evaluación mediante Doppler color con ETT es un reto debido a la interacción del dispositivo o estructuras adyacentes con los jets de regurgitación, presencia frecuente de múltiples jets que a menudo están en diferentes planos y se entrecruzan.*

- *La evaluación de la IM residual requiere de la integración cuidadosa de múltiples parámetros, ya que ninguno por sí solo es lo suficientemente preciso para evaluar la severidad. Estos parámetros incluyen la valoración de los componentes del jet de IM con Doppler color (convergencia de flujo, VC, área y dirección del jet), volumen regurgitante por métodos volumétricos, patrón de flujo de entrada mitral, patrón de flujo de vena pulmonar, densidad y contorno del jet con DC y volumen latido anterógrado [(TSVI o tracto de salida del ventrículo derecho (TSVD))]. El método de PISA para la cuantificación de IM no se recomienda después de la reparación de la VM de borde a borde o en la regurgitación paravalvular.*
- *Es importante comparar los parámetros posteriores al procedimiento con los previos al mismo, para evaluar el cambio en la severidad de la IM y la remodelación inversa de AI y VI.*
- *Cuando se sospecha de una IM más que leve, pero los datos sean discordantes, se debe comunicar para que se amplíen imágenes con ETE o RMC.*
- *La RMC tiene la ventaja de cuantificar el volumen y la fracción regurgitante mitral, al comparar el volumen latido total del ventrículo izquierdo con el volumen latido sistémico en aorta por contraste de fase o derivado del corazón derecho. Dependiendo del dispositivo en la VM, existen una cantidad variable de artefactos alrededor del dispositivo.*

V. REEMPLAZO PERCUTANEO DE LA VALVULA PULMONAR

La reparación inicial de la tetralogía de Fallot a menudo produce una alteración quirúrgica de la válvula pulmonar con la consiguiente insuficiencia pulmonar (IP). Además de los pacientes con tetralogía, en muchas otras formas de cardiopatías congénitas se requiere la colocación de un conducto entre ventrículo derecho y arteria pulmonar (VD-AP) para

establecer un flujo sanguíneo pulmonar confiable, como el tronco arterioso, atresia pulmonar con defecto ventricular septal y algunas formas de ventrículo derecho con doble salida (VD). Con el tiempo, la disfunción del TSVD nativo o conducto VD-AP lleva a diversos grados de estenosis y regurgitación. Se ha demostrado que la insuficiencia pulmonar progresiva con la consiguiente dilatación y disfunción del VD conduce a una disminución de la tolerancia al ejercicio, mayor carga arrítmica y muerte súbita cardíaca.^{153,154} En estos pacientes, criterios específicos de reintervención se utilizan para guiar la colocación de una válvula pulmonar competente, incluida la regurgitación moderada a grave de válvula nativa o conducto VD-AP en combinación con síntomas clínicos, dilatación severa del VD y función deprimida del mismo.¹⁵⁵⁻¹⁶⁰ Tradicionalmente, se realizó el reemplazo quirúrgico de la válvula pulmonar, pero en los últimos 15 años, las técnicas transcatóter se encuentran ampliamente disponibles.

La válvula Melody (Medtronic Inc., Minneapolis, MN) y la válvula Edwards SAPIEN XT (Edwards Lifesciences, Irvine, CA) son las únicas aprobadas por la FDA para el reemplazo de válvula pulmonar transcatóter (TPVR) en Estados Unidos.¹⁶¹⁻¹⁶³ Hasta la fecha, más de 6000 pacientes en todo el mundo han recibido TPVR por diversas anomalías cardíacas congénitas.¹⁶⁴ En la actualidad, el TPVR solo está aprobado por FDA en EEUU para la colocación de una válvula competente dentro de un conducto VD-AP, aunque se están realizando ensayos para evaluar dispositivos diseñados para el tracto de salida nativo en estos pacientes.^{165,166} Como complemento de esta terapia, algunos centros también realizan la colocación de un stent metálico descubierto en el tracto de salida nativo para servir como conducto, y luego implantan la válvula pulmonar transcatóter dentro del stent.¹⁶⁷

A. Descripción del TPVR y Evaluación de los Resultados Precoces

Antes del implante, las imágenes por RMC o TCMD permiten la reconstrucción multiplanar

3D y proporcionar una descripción precisa de la anatomía, tamaño y geometría del TSVD y arterias pulmonares (en presencia o no de conducto VD-AP o válvula bioprotésica).¹⁶⁸ Esta información es crucial en la evaluación previa al procedimiento de TPVR, ya que se deben cumplir ciertos criterios anatómicos para el implante valvular.^{162,163,169} Es esencial confirmar que el tracto de salida/conducto sea del tamaño adecuado para aceptar una válvula transcater (ni demasiado pequeño ni demasiado grande) y que exista una adecuada "zona de aterrizaje" para asentar la válvula. La delineación del trayecto de la arteria coronaria también es fundamental antes de cualquier intervención en el TSVD, ya que un subgrupo de estos pacientes tiene una rama coronaria que cruza el TSVD, y puede complicar las intervenciones.¹⁷⁰⁻¹⁷³ Además, en algunos pacientes, la arteria coronaria descendente anterior izquierda y las ramas conales nacen normalmente, pero se localizan en la parte posterior/inferior del TSVD, directamente en la zona de despliegue de la válvula. En estos casos, la compresión coronaria por la expansión valvular es una complicación rara, pero potencialmente catastrófica.

El TPVR se lleva a cabo por acceso venoso femoral o yugular. Las plataformas de válvulas disponibles en la actualidad requieren sistemas de entrega grande (hasta 22 French de tamaño), relativamente rígidos, que hace que la navegación a través de las cámaras cardíacas derechas sea complicado desafiante, especialmente en niños pequeños. Actualmente, hay dos plataformas disponibles que se pueden usar para TPVR en Estados Unidos. Además de la válvula Melody, la válvula Edwards SAPIEN se ha utilizado con éxito en posición pulmonar durante el ensayo multicéntrico COMPASSION,¹⁷⁴ y también recibió la aprobación de la FDA. A diferencia de las intervenciones sobre válvula aórtica y mitral, el TPVR se guía principalmente por fluoroscopia en lugar de ecocardiografía. Dada la ubicación anterior de la válvula pulmonar, tanto la guía por ETE como ETT han demostrado ser menos útiles que en TAVR. Recientemente, la angiografía rotacional con adquisición de imágenes volumétricas 3D tipo

TCMD o la fusión con imágenes de TCMD preexistentes; está ganando popularidad para la orientación intraprocedimiento e incluso puede mejorar la exactitud en el tamaño y posicionamiento. El funcionamiento precoz de la válvula se evalúa principalmente mediante medición de gradientes de presión por catéter y angiografía pulmonar, aunque algunos operadores también utilizan ecocardiografía intracardíaca.^{175,176}

B. Evaluación de la Regurgitación Residual fuera de la Sala de Hemodinamia

Hasta la fecha, el TPVR ha demostrado ser muy útil para reducir la regurgitación pulmonar de forma precoz y en el mediano plazo. En la última actualización del US Melody Valve Investigational Device Exemption Trial, entre los 113 pacientes que estaban vivos y libres de reintervención en el seguimiento a mediano plazo (promedio de 4,5 años), 97 no tenían RP o era mínima, 15 tenían grado leve, y solo 1 tenía RP moderada.¹⁶¹

1. Evaluación de la Regurgitación Pulmonar con Ecocardiografía después de TPVR.

En comparación con la evaluación de las intervenciones percutáneas aórtica y mitral, existen escasas recomendaciones y consenso respecto a la evaluación ecocardiográfica de los pacientes después del TPVR.¹²⁶ La evaluación de la RP por ETT más comúnmente utiliza una combinación de técnicas, que incluyen el doppler color y espectral del TSVD/conducto y arteria pulmonar principal y sus ramas, extrapolando datos de la evaluación tradicional de RP en válvulas nativas.^{7,177} En el US Melody Valve Investigational Device Exemption Trial,¹⁷⁸ la RP se estadificó mediante una escala compuesta según el ancho del jet de regurgitación por DCol en relación con el conducto o diámetro del anillo pulmonar (**Figura 20**), así como la extensión del flujo diastólico reverso en la arteria pulmonar (**Tabla 8**). En este trial, tanto a los estudios anteriores como posteriores al TPVR se les asignó un valor de RP correspondiente al mayor valor entre el ancho del jet RP y el grado de inversión de flujo diastólico. Sin embargo, esta técnica

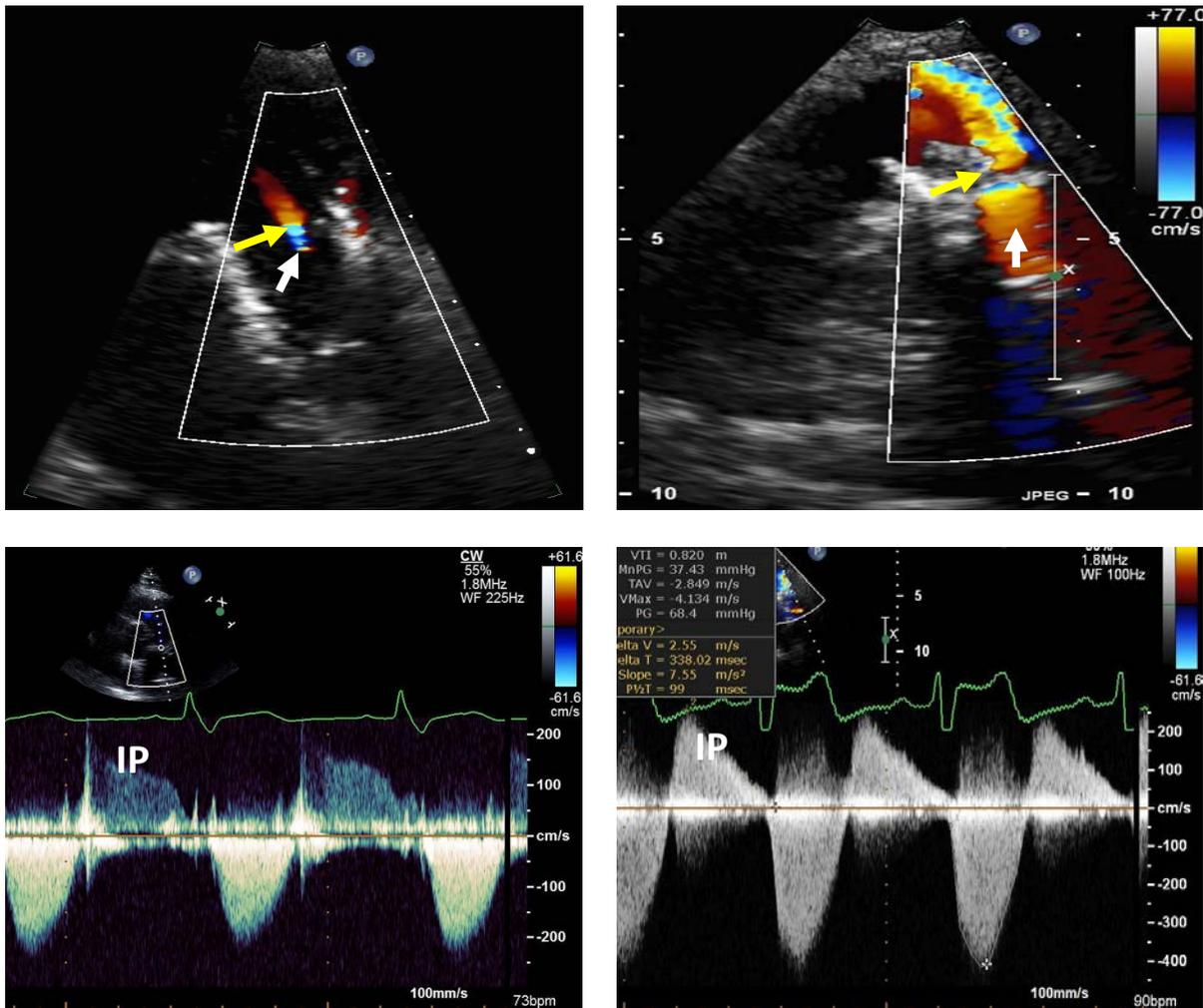


Figura 20. Se muestran ejemplos de pacientes con insuficiencia pulmonar (IP) leve (paneles izquierdos) y severa (paneles derecho) después de RVPT. El ancho del jet de color se muestra con flechas amarillas. Note también la diferencia en el flujo de convergencia (flechas blancas). Los paneles inferiores muestran ejemplos de espectro de DC de IP leve y severa. La densidad del espectro Doppler (leve vs. denso, particularmente en relación al flujo sistólico) y la velocidad de pendiente de desaceleración en diástole (tiempo de hemipresión largo vs corto) son evidentes.

mostró una correlación modesta con FR pulmonar calculada con RMC,¹⁷⁸ lo que sugiere que la evaluación de la RP por ETT en esta población sigue siendo un desafío. Es importante tener en cuenta que en la RP severa con presiones normales de la arteria pulmonar, el jet color puede ser difícil de detectar debido a que las velocidades son bajas y de corta duración por el rápido equilibrio de las presiones diastólica pulmonar y VD. Aunque no se ha validado en pacientes sometidos a TPVR, se han informado índices Doppler adicionales para evaluar la gravedad de la RP. Se ha demostrado que la rápida desaceleración de la velocidad de RP con doppler continuo con un tiempo de hemipresión

<100 ms, tiene buena sensibilidad y especificidad para predecir RP severa (Figura 20).^{179,180} Sin embargo, el tiempo de hemipresión también está influenciado por la presión diastólica de arteria pulmonar como del VD, de manera que un VD no complaciente con fisiología restrictiva mostrará un tiempo de hemipresión más corto. De manera similar, un período en telediástole sin regurgitación indica un rápido equilibrio de las presiones diastólicas del VD y AP, y en los casos con RP severa y pobre compliance de VD, incluso puede haber un flujo anterógrado en la diástole tardía hacia la AP principal.¹⁸¹ La densidad de la señal con DC se relaciona con la severidad de la regurgitación, pero no diferencia entre

Tabla 8. Parámetros Ecocardiográficos y Doppler utilizados en la clasificación de la Severidad de la Insuficiencia Pulmonar después del RVPT

Parámetro	Leve	Moderado	Severo
Ancho del jet en relación con el anillo pulmonar o conducto (DCol) [§]	<20%	20-40%	>40%
Sitio del flujo reverso diastólico en AP/conducto (DP)	Mitad proximal del Tronco de la AP/conducto	Distal al Tronco de AP/conducto	Se extiende dentro de las ramas de la AP
Densidad y contorno de la velocidad de onda de la IP (DC)	Ligera	Densa; terminación precoz del flujo diastólico posible (dependiendo de la compliance del VD)	Densa; terminación precoz del flujo diastólico
Tiempo de hemipresión de la IP (DC)			<100 ms ^ª
Fracción regurgitante [#]	<20%	20-40%	>40%

^ªNo es confiable en presencia de presión de fin de diástole del VD elevada

[§]A un límite Nyquist de 50-60 cm/s.

[#]Los datos de fracción regurgitante sobre todo derivados de RMC con aplicación limitada por ecocardiografía.

DCol = Doppler color; DC = Doppler de onda continua; AP = arteria pulmonar; IP = insuficiencia pulmonar; DP = Doppler de onda pulsada; VD = ventrículo derecho.

moderada y severa (Figura 20). Finalmente, los métodos cuantitativos de convergencia de flujo, como el PISA, aunque teóricamente son aplicables a la evaluación de la válvula pulmonar, son difíciles de registrar en presencia de material protésico y hasta la fecha no se han validado para válvulas pulmonares nativas o transcatéter.¹⁸² Sin embargo, la convergencia de flujo puede ser usado cualitativamente en la evaluación de RP (Figura 20). El uso del ETE en pacientes con TPVR no se emplea de rutina para evaluar la gravedad de la RP, ya que la visualización del TSVD y válvula pulmonar reemplazada es limitada.

2. Papel de la Tomografía Computarizada en la Regurgitación Pulmonar después del TPVR. La TCMD ofrece una excelente resolución espacial y adquisición en corto tiempo. Sin embargo, la falta de datos limita su utilidad en la evaluación de insuficiencia residual de la válvula en pacientes que han sido sometidos a TPVR. La TCMD puede proporcionar una excelente evaluación de la fractura del stent, así como mostrar la orientación de la válvula y el índice de excentricidad, que puede ser útil para predecir

la disfunción valvular (Figura 21), ya que se ha demostrado que la distorsión del stent y la válvula afectan la función valvular.¹⁸³⁻¹⁸⁵ Estos factores pueden ser importantes en el TPVR, particularmente en pacientes con deformidades torácicas en postoperatorio, ya que la posición del TSVD a menudo se encuentra directamente posterior al esternón. Además, con el gatillado electrocardiográfico retrospectivo, las imágenes de TCMD en múltiples fases pueden proporcionar imágenes funcionales para calcular los volúmenes ventriculares. En ausencia de otra regurgitación valvular concomitante, la comparación de los volúmenes latido de ambos ventrículos puede proporcionar una estimación del VoIR y FR pulmonar con una correlación razonable con los valores obtenidos por RMC.¹⁸⁶ Sin embargo, esto conlleva una mayor exposición a radiación y sólo debería indicarse en el contexto de ecocardiografía no diagnóstica y contraindicación para RMC.

3. Papel de la RMC en la Regurgitación Pulmonar después del TPVR. La RMC permite la cuantificación de la RP y la evaluación de sus efectos hemodinámicos. Los

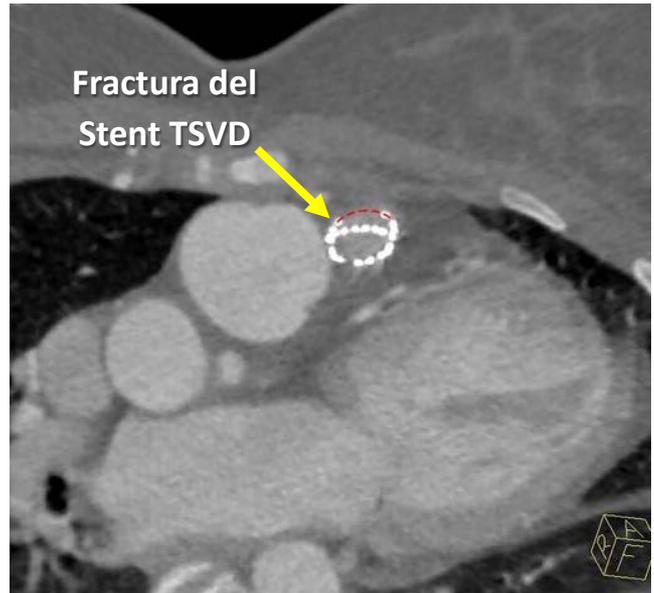
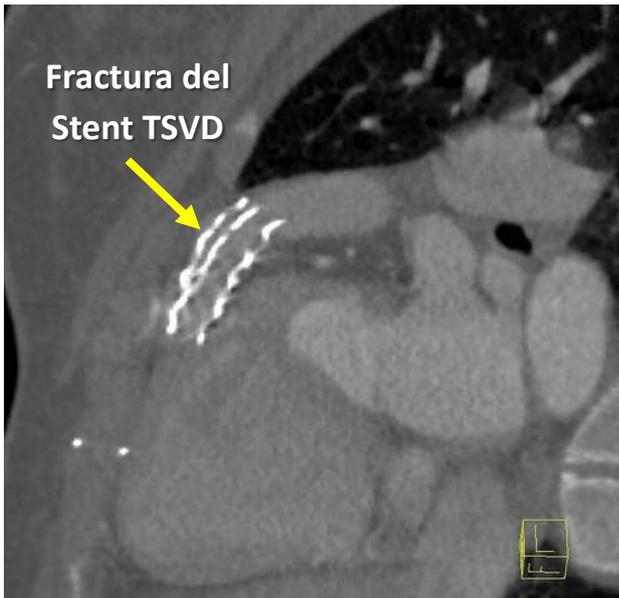


Figura 21. Valor de angiotomografía en la evaluación del mecanismo de IP significativa después de RVPT. Se muestran imágenes longitudinales y transversales del stent fracturado en el TSVD, mostrando discontinuidad de la circunferencia del stent (línea punteada roja) y colapso del stent fracturado en la luz del vaso.

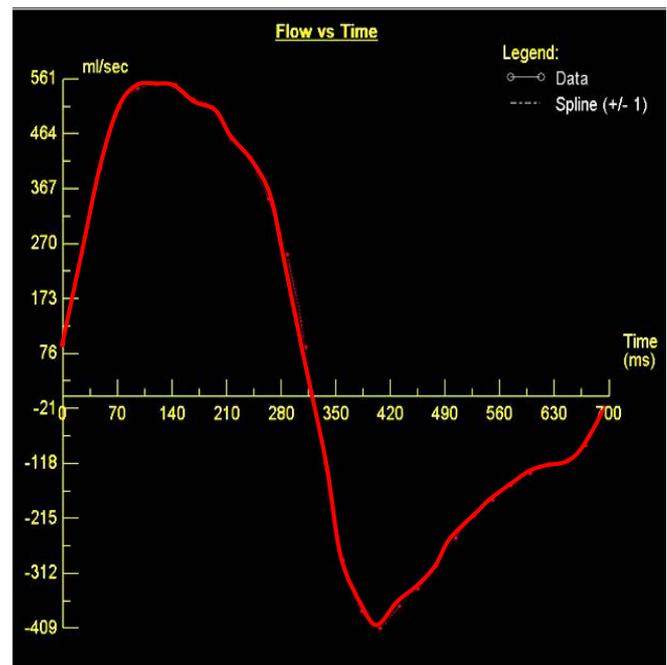
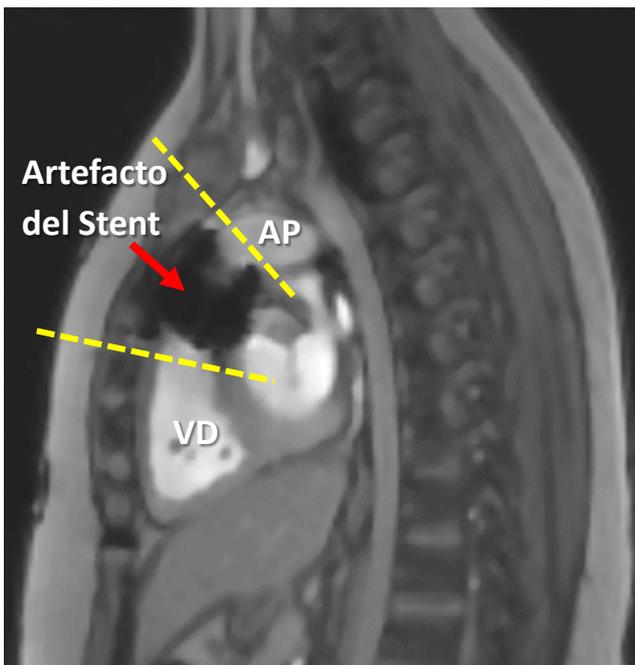


Figura 22. Análisis por RMC de contraste de fase de un paciente con IP severa, como se demuestra en la curva de flujo. La cuantificación muestra una fracción regurgitante de 63%. El panel de la izquierda muestra el artefacto del stent visto por RMC. Las líneas punteadas señalan el plano de donde se obtienen los datos de contraste de fase para la cuantificación del flujo, con la finalidad de evitar el artefacto.

métodos se han explicado en detalle para las válvulas nativas.⁷ Para los pacientes sometido a TPVR, esto se puede hacer de manera similar, ya sea directamente a través de la

cuantificación del flujo en la AP principal (Figura 22) o indirectamente por varios métodos, incluido el cálculo de la diferencia entre el volumen latido del VI con VD, como se

describió anteriormente y para RP nativa.¹⁸⁷ En la RP aislada (suponiendo que no hay otra regurgitación valvular ni shunts intracardíacos), la diferencia en los volúmenes latido entre los ventrículos refleja el VoIR.

Como en el caso de otros reemplazos de válvulas, un desafío importante en esta población son los artefactos de imagen impuestos al colocar el conducto VD-AP antes de la inserción de la válvula. Estos stents crean artefactos a lo largo de su longitud, lo que limita la capacidad de la RMC para visualizar completamente el TSVD y medir el volumen latido por contraste de fase dentro del propio conducto (Figura 22). En el ensayo COMPASSION, solo el 50% de la cohorte inicial tenía volúmenes ventriculares completos interpretables y datos por contraste de fase en la RMC posterior a la intervención,¹⁷⁴ aunque otros centros han informado resultados más consistentes con la colocación del plano de imagen de contraste de fase más distal (o proximal) al artefacto del stent (Figura 22).¹⁸⁷ En el contexto de los artefactos del stent, las técnicas indirectas pueden ser de mayor valor para cuantificar la regurgitación.

C. Enfoque Integrador para Evaluar la Regurgitación Pulmonar residual después del TPVR

El ETT es la modalidad de imagen de primera línea después del TPVR para evaluar la función de la válvula protésica, presencia y gravedad de cualquier RP residual, cambios en el tamaño y función del corazón derecho y medir la presión de AP. Si el doppler espectral y color no muestran evidencia de RP o es leve, no se necesitan más imágenes. Si se sospecha que la RP es moderada, grave o indeterminada, está indicada la RMC para una mayor cuantificación de la regurgitación, tamaño y función del corazón derecho. La TCMD, ETE y cateterismo se reservan para situaciones específicas para evaluar el mecanismo de la disfunción de la válvula y/o la hemodinamia asociada.

Actualmente no existe consenso para el tiempo de seguimiento de rutina de los pacientes después del TPVR. Los ensayos realizados hasta la fecha han realizado evaluaciones con

ETT al momento del alta, 1 mes, 3 o 6 meses, 1 año y luego cada año, con una RMC a los 6 meses.¹⁷⁴ En la práctica clínica, muchos centros siguen estas recomendaciones, pero con frecuencia saltean el ETT de 3 meses y realizan una RMC post-implante ya sea 6 meses o un año después. El seguimiento después del 1º año post implante se basa predominantemente en ETT, pero la mayoría de los centros aplican las pautas de imagen multimodalidad para la tetralogía de Fallot,¹⁵⁵⁻¹⁶⁰ que abarca a la mayoría de los pacientes con TPVR, para el seguimiento a mediano y largo plazo. El seguimiento de rutina para los pacientes asintomáticos generalmente incluye ETT cada 1-2 años y RMC cada 3 años.

Puntos Clave

Evaluación de la RP residual tras intervenciones en válvula pulmonar

- *La regurgitación pulmonar (RP), cuando es más que leve, ocurre con mayor frecuencia en pacientes con cardiopatía congénita paliativa o reparada.*
- *La experiencia con la clasificación y, en particular, con la cuantificación de la RP después del reemplazo de válvula pulmonar transcáteter (TPVR) es limitada.*
- *Al igual que las recomendaciones para RP nativa, se necesita una combinación de parámetros ecocardiográficos Doppler y 2D para calificar la severidad de la RP. Cuando varios parámetros concuerdan, el grado de RP se puede determinar con un alto grado de certeza (que ocurre con mayor frecuencia en regurgitación leve o severa).*
- *El ancho del jet, la extensión de la inversión del flujo diastólico, el tiempo de hemipresión, la duración de la RP y la densidad de la onda de velocidad regurgitante permiten comprender la gravedad de la regurgitación.*
- *La remodelación inversa del volumen del VD después de la intervención debe considerarse a lo largo del tiempo, ya que no se produce inmediatamente después del TPVR.*

- La TCMD desempeña un papel particular en la evaluación de la posición y orientación de la válvula, así como en la valoración de la fractura del stent. La TC cardíaca se puede utilizar para cuantificar la insuficiencia pulmonar mediante la comparación de los volúmenes latidos ventriculares con gatillado retrospectivo; a expensas de una mayor exposición a radiación.
- La RMC proporciona una buena cuantificación del VolR y FR. Sin embargo, este grupo de pacientes presenta artefactos por el TPVR, así como por cualquier stent metálico descubierto que pueda haber en el tracto de salida del ventrículo derecho.

VI. INTERVENCIONES PERCUTANEAS DE LA VALVULA TRICUSPIDE

El interés en la válvula tricúspide (VT) ha aumentado en los últimos años debido al reconocimiento del impacto negativo de la RT secundaria.¹⁸⁸⁻¹⁹¹ Varios enfoques y dispositivos para tratar la RT severa sintomática se encuentran en las primeras etapas de ensayo y desarrollo.¹⁹² Sin embargo, hasta la fecha, ninguno ha sido aprobado por la FDA para esta indicación clínica. Los dispositivos de reparación tricúspide actualmente bajo investigación, se pueden dividir en aquellos que tienen como objetivo la coaptación de las valvas con reparación de borde a borde y en los que tratan la dilatación anular. Los procedimientos individualizados de válvula en válvula y válvula en anillo también se realizan, off-label, en pacientes que previamente fueron sometidos a cirugía de la VT. Los dispositivos de reemplazo de VT aún se encuentran en las primeras etapas de desarrollo. Dado que la intervención con catéter sobre la VT sigue siendo un campo en evolución, se presenta una breve descripción junto con los desafíos y propuestas para la evaluación de la RT residual.

A. Anuloplastia y Reparación de la Válvula Tricúspide

La reparación borde a borde de la VT se ha utilizado recientemente para tratar la RT severa. Como ya se mencionó, esta técnica no está aprobada en EE. UU. como tratamiento de la RT. Un registro reciente de 64 casos realizados en Europa mostró factibilidad, reducción efectiva en varios parámetros de severidad de RT y mejora en la clase funcional.¹⁹² Vismara et al. desarrolló un modelo ex vivo de RT funcional y demostró que agarrando las valvas septal y anterior obtuvo el mejor resultado posterior al procedimiento.¹⁹³ En el registro, la ubicación más común de implante de clips fue anteroseptal (78%). Aunque el éxito técnico fue alto (97%) y se observó una reducción de al menos 1 grado en la RT en el 91% de los pacientes, un 13% quedó con RT residual severa.

En el contexto de RT funcional, el anillo se dilata lateralmente. La reparación quirúrgica tricúspidea más común es la anuloplastia con anillo.¹⁹⁴ Actualmente se están investigando numerosos dispositivos de reparación anular transcatóter a nivel tricúspide, que intentan reducir el tamaño del anillo o replicar los resultados del procedimiento quirúrgico de bicuspización de Kay.¹⁹⁵ En la práctica, todas estas intervenciones se apoyan en la ecocardiografía para la colocación del dispositivo y evaluar los resultados.¹⁹⁶

B. Evaluación de la IT residual después del Intervencionismo sobre la Válvula Tricúspide

La evaluación de la IT nativa con ecocardiografía se basa predominantemente en el ETT, utilizando una integración de parámetros cualitativos y semicuantitativos con Doppler espectral y color.⁷ Esto incluye la valoración con DCol del flujo de convergencia, tamaño de VC y comportamiento/extensión del jet en aurícula derecha, densidad espectral y contorno de la onda de velocidad regurgitante por DC, y evaluación del patrón de flujo hepático por DP. Los pacientes que se someten a intervenciones sobre la VT para reducir la IT severa presentan desafíos particulares, al menos en este momento:

1- Falta de parámetros cuantitativos bien validados de la severidad de la IT. La evaluación de la IT ha sido tradicionalmente menos cuantitativa que otras lesiones regurgitantes. El AEOR, VoIR y FR por ecocardiografía rara vez se realizan, debido a la dificultad técnica de la cuantificación del AEOR, volúmenes de VD o flujo doppler a través del anillo de VT.

2- Amplio rango de IT severa. Los pacientes con IT severa actualmente son intervenidos en etapas avanzadas, generalmente cuando el edema y la ascitis no responden a diuréticos. Por lo tanto, los pacientes que se someten a procedimientos percutáneos con frecuencia tienen una dilatación marcada del anillo valvular, aurícula derecha y VD, así como disfunción de VD. En estos pacientes, el orificio regurgitante puede ser extremadamente grande, 3-4 veces por encima del corte para la IT severa, con una evidente falta de coaptación de las valvas. A diferencia de la IM, la IT libre es compatible con la vida. Por lo tanto, el rango dentro de la categoría IT severa puede ser muy amplio, lo que impulsa a proponer una extensión del esquema de severidad de las directrices ASE⁷ actuales para incluir las calificaciones IT "masiva" y "torrencial" usando métodos semicuantitativos y cuantitativos.¹⁹⁷ Esto tiene el propósito de registrar el cambio en la IT luego del tratamiento con dispositivos, ya que los pacientes pueden beneficiarse de la reducción de la gravedad de la IT, aunque la IT residual pueda quedar en rango moderado o severo. El significado clínico de este enfoque y su impacto en los resultados, sin embargo, aún deben evaluarse.

3- El tipo de intervención sobre la VT puede complicar la evaluación de la IT residual. Los desafíos en la evaluación por DCol son más probables después de la reparación de borde a borde, similar a la válvula mitral, donde se pueden ver múltiples jets y en diferentes direcciones. El método de convergencia de flujo en estas situaciones es difícil de aplicar cuantitativamente; el método área VC con DCol 3D sería probablemente más apropiado para la cuantificación, aunque aún no se encuentra bien validado.

Hay pocos datos sobre cómo evaluar la IT residual después de las intervenciones sobre VT. En el registro de reparación tricuspídea de borde a borde,¹⁹² se utilizaron varios métodos para evaluar la regurgitación. La vena contracta, el AEOR y VoIR derivados desde el PISA se calcularon y se sumaron cuando existían múltiples jets. Estos métodos requieren una validación adicional en vista de estudios previos que muestran limitaciones tanto de las características del jet por DCol como de los métodos cuantitativos en la evaluación de la IM después de la reparación borde a borde.¹²⁹

En la experiencia inicial con anuloplastia tricuspídea,¹⁹² la RT residual se evaluó mediante múltiples métodos cuantitativos, incluidos PISA y VoIR. El volumen latido sistémico se midió utilizando el flujo anterógrado en TSVI o TSVD, y el volumen latido a través del anillo de la VT se calculó utilizando el diámetro anular en planos ortogonales (fórmula de elipse para el área anular) y la integral de velocidad-tiempo (DP en el anillo). Una reducción en la AEOR tricuspídeo por doppler cuantitativo de $0,9 \pm 0,2$ a $0,6 \pm 0,3$ cm² se asoció con un aumento en el volumen latido en el TSVI y una mejora en la clase funcional. Aunque el método PISA es simple y fácil de realizar,¹⁹⁸ la relación compleja con la forma de isovelocidad elíptica¹⁹⁹ y el gran AEOR de la IT da como resultado una subestimación significativa del AEOR²⁰¹ volumétrico. Es importante destacar que el ensayo SCOUT mostró que el AEOR por PISA subestima el AEOR cuantitativo en $>50\%$.²⁰²

Otros nuevos métodos cuantitativos han sido revisados recientemente¹⁹⁶ e incluyen doppler cuantitativo (usando área anular 3D o biplano) y área VC por doppler color 3D; aunque se necesita de mayor validación.

En este contexto, y con el conocimiento actual de la evaluación de la severidad de la IT, el Grupo de Redacción propone algunos parámetros para evaluar la IT post intervenciones en el aparato de VT ([Tabla 9](#)), modificados de las publicadas previamente para la IT nativa.⁷ Estas recomendaciones tienen en cuenta las variables que ya no son

Tabla 9. Clasificación propuesta de la severidad de la Insuficiencia Tricuspídea Residual por Ecocardiografía después de Intervenciones en la Válvula Tricúspide			
Parámetros	Leve	Moderado	Severo
Cualitativo			
Área del color del jet*	Pequeño, estrecho, central	Central moderado	Jet grande central o jet(s) excéntricos de diferente tamaño que impactan en la pared arremolinándose en la AD
Zona de flujo de convergencia [¶]	No visible o pequeño	Tamaño intermedio	Grande
Onda de velocidad de IT por DC (densidad y forma)	Débil/parcial/parabólico	Denso, parabólico o triangular	Denso, con frecuencia triangular
Flujo de llenado tricuspídeo	Onda A dominante	Variable	Onda E dominante ^{§†}
Semi-cuantitativo			
Ancho de VC (cm)*	<0.3	0.3-0.69	≥0.7 o ≥2 jets moderados
Radio PISA (cm) [¶]	≤0.5	0.6-0.9	>0.9
Flujo en venas hepáticas [§]	Dominancia sistólica	Atenuación sistólica	Flujo sistólico reverso
Cuantitativo			
AEOR (cm ²) [†]	<0.20	0.20-0.39	≥0.40
VoIR (mL) [†]	<30	30-44	≥45

DC = Doppler de onda continua; AEOR = área efectiva del orificio regurgitante; AD = aurícula derecha; VD = ventrículo derecho; IT = insuficiencia tricuspídea; VT = válvula tricúspide.

* Con límite Nyquist >50-60 cm/s

¶ No bien validado para cuantificación; mejor utilizado después de intervenciones que dejen la válvula intacta; Límite Nyquist basal cambiado a 25-35 cm/s.

§ No específico, influenciado por otros factores (función diastólica del VD, fibrilación auricular, presión de AD)

† AEOR obtenida por PISA 2D no es adecuada en pacientes con reparación valvular Borde a Borde debido a los múltiples jets y la forma no hemiesférica del flujo de convergencia. Requiere mayor validación de valores de corte por PISA o por métodos volumétricos.

‡ No adecuado en procedimientos que intervienen en los velos valvulares (p.e. reparación Borde a Borde).

aplicables al evaluar la gravedad de la IT, como el tamaño y función de las cavidades derechas, o son menos precisas debido a la intervención (AEOR por PISA 2D después de la reparación de la válvula de borde a borde). La [Figura 23](#) muestra ejemplos de cambios en los parámetros de severidad en la IT después de la reparación de borde a borde. El Grupo de Redacción reconoce que el campo está evolucionando y que es necesario validar más los parámetros cuantitativos propuestos en comparación con el estándar. Independientemente, y como es el caso de toda regurgitación valvular, se requiere un enfoque integrador para evaluar la severidad de la IT para complementar cualquier parámetro cuantitativo de la regurgitación residual.

C. Papel de la RMC en la Evaluación de la IT residual después de las Intervenciones en la Válvula Tricúspide

La evaluación de IT con RMC está menos consolidada en comparación con otras lesiones valvulares regurgitantes. Se han utilizado algunas técnicas cuantitativas indirectas, ya que la medición directa del flujo de entrada tricuspídeo tiene un valor limitado,^{7,203} El volumen regurgitante se puede calcular restando el volumen latido anterógrado pulmonar del volumen latido del VD, del cual se puede derivar la fracción regurgitante. Alternativamente, en ausencia de IA, el volumen latido aórtico se puede restar del volumen latido del VD. Por último, en ausencia de otras lesiones regurgitantes, también se puede restar el volumen sistólico del ventrículo izquierdo del volumen sistólico del VD para

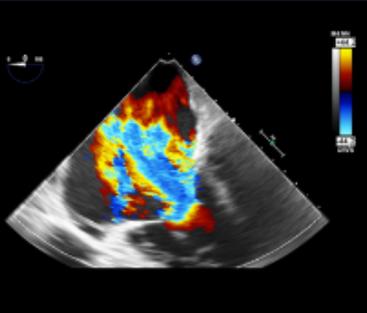
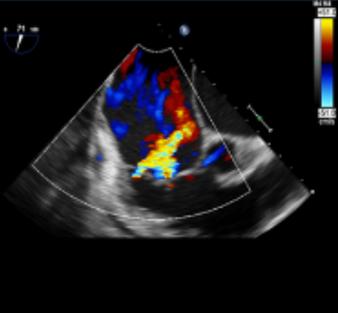
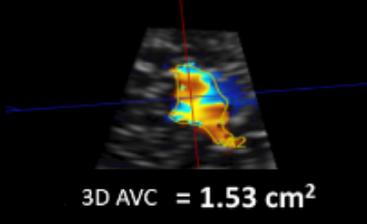
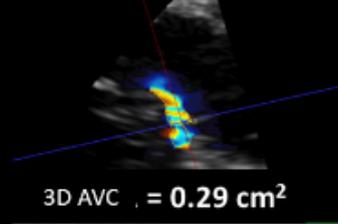
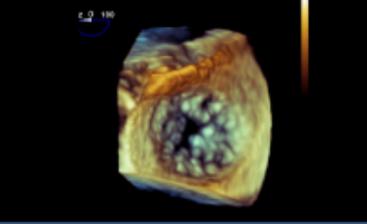
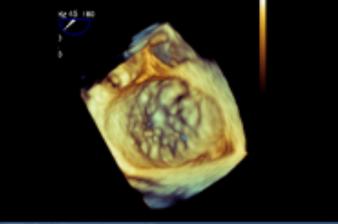
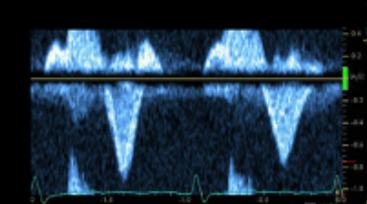
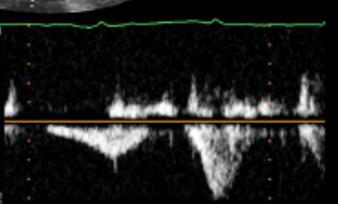
Hallazgos en reducción de IT severa	Basal	Posterior a reparación Borde a Borde	Características específicas
Reducción significativa en las características del Doppler color del jet			<ul style="list-style-type: none"> • Ancho de vena contracta pequeño (<0.3 cm si es leve) de los jets de IT individuales. • Radio de flujo de convergencia pequeño. • Jet de IT central con pobre penetración en AD.
Reducción del Área de VC por 3D	 3D AVC = 1.53 cm ²	 3D AVC = 0.29 cm ²	<ul style="list-style-type: none"> • En IT, el AVC puede ser muy grande en el basal. Se espera una reducción en el AVC. • La experiencia con AVC es actualmente limitada.
Reducción del área anatómica del orificio regurgitante en sístole			<ul style="list-style-type: none"> • Reducción claramente evidente del área anatómica del orificio regurgitante al final de la sístole
Mejora en el perfil del flujo de venas hepáticas por DP			<ul style="list-style-type: none"> • Reducción del flujo sistólico reverso de las venas hepáticas, con reducción de la velocidad del flujo diastólico anterógrado

Figura 23. Parámetros ecocardiográficos ilustrativos de la reducción en IT severa posterior a reparación percutánea de válvula tricúspide.

obtener el volumen regurgitante tricuspídeo. Estos métodos tienen limitaciones significativas, ya que la forma del VD y TSVD presenta dificultades para planimetría en eje corto. Un reciente estudio evaluó los métodos para valorar la IT con RMC y los comparó con ecocardiografía Doppler color, mostrando que los métodos estándar codificados en velocidad tuvieron una moderada concordancia con la ecocardiografía.²⁰⁴ Estos problemas se suelen profundizar luego de las intervenciones basadas en catéter de la IT, ya que invariablemente pueden aparecer artefactos en la base del VD dependiendo del tipo de dispositivo, que dificulta la visualización del corte en eje corto basal e interfiere con las

mediciones volumétricas. A medida que avanza este campo, tanto los métodos de cuantificación como los esquemas de clasificación requerirán de mayor validación.

D. Enfoque Integrador en la Evaluación de la IT residual

El enfoque para la evaluación de la gravedad de la IT debe integrar múltiples parámetros en lugar de enfatizar o depender de sólo una medición; esto ayuda a reducir los efectos de los errores técnicos o mediciones de cada método descrito previamente. La valoración de la reducción de la IT después de las intervenciones basadas en catéter es un campo que está en evolución. Mientras la

investigación avanza, y se requiera de mayor validación en los métodos cuantitativos, el Grupo de Redacción propone un enfoque para evaluar la IT que determinaría primero si hay una mayoría de signos que orientan hacia una regurgitación severa, la indicación subyacente para las intervenciones sobre la IT (Tabla 9). Una reducción significativa en los parámetros del jet con DCol (convergencia de flujo, VC y área del jet), una mejoría en las características del DC de la IT hacia leve, y la normalización del patrón de flujo venoso hepático orientan a una reducción significativa en la severidad de la regurgitación (Tabla 9 y Figura 23). En otros escenarios, es necesario evaluar si se ha producido una mejora mínima o moderada en los parámetros, con mayor confianza si la mayoría de los signos e índices son concordantes. Si bien la cuantificación puede ser factible, es más difícil en este momento, ya que los métodos propuestos por ecocardiografía y RMC necesitan de mayor validación y experiencia.

Puntos Clave

Evaluación de la IT residual después de las intervenciones de la válvula tricúspide

- *La regurgitación tricuspídea (IT) la mayoría de las veces es secundaria (funcional) a dilatación lateral del anillo. Las causas primarias como el movimiento libre de la valva son menos comunes.*
- *Actualmente, no hay dispositivos basados en catéteres aprobados para la reparación de la VT. La experiencia inicial ha sido con reparación de borde a borde en el contexto de IT secundaria; aunque se están desarrollando enfoques alternativos basados en catéteres.*
- *Como en el caso de IT nativa, se utiliza un enfoque integrador para evaluar la severidad de la IT residual. Sin embargo, la frecuente presencia de múltiples jets después de la reparación de borde a borde, y la limitada experiencia y validación de parámetros cuantitativos complican esta evaluación.*

- *Los elementos clave para evaluar la severidad de la IT residual incluyen las características del jet color, convergencia del flujo, vena contracta 2D, forma/densidad de la onda del jet con DC y el flujo venoso hepático. El área VC 3D puede ser útil, pero necesita más experiencia y validación.*
- *El AEOR y VoIR obtenidos por PISA pueden usarse, pero son menos útiles después de la reparación de borde a borde.*
- *El enfoque con DP cuantitativo está limitado después de la reparación.*
- *Si bien los dispositivos pueden reducir la IT e incidir favorablemente sobre el estado clínico, la IT residual con los enfoques actuales suele ser moderada o severa de acuerdo al sistema de puntuación convencional. La ampliación del esquema de clasificación para incluir categorías de "masiva" y "torrencial" se ha propuesto para captar el impacto de los dispositivos. Sin embargo, este enfoque y su resultado clínico necesitan una evaluación adicional.*
- *El uso de RMC para cuantificar la IT residual después de las intervenciones basadas en catéter es posible, utilizando el método indirecto. Sin embargo, este enfoque necesita una validación adicional ya que los dispositivos en la VT pueden crear artefactos que dificulten la precisión en el cálculo de los volúmenes.*
- *A medida que evolucionen los dispositivos, también lo harán los enfoques de cuantificación.*

VII. CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS A FUTURO

Las intervenciones basadas en catéteres para reparar o reemplazar las válvulas cardíacas han progresado de manera exponencial en los últimos años. Desde las primeras aplicaciones en pacientes de alto riesgo con estenosis de la válvula aórtica, la tecnología basada en catéter ha evolucionado para tratar la válvula pulmonar, mitral y, más recientemente, la válvula tricúspide. Los problemas de estenosis valvular temprana después del despliegue son

poco frecuentes, excepto luego de la reparación de VM de borde a borde con múltiples dispositivos, de ahí el interés del documento actual en la regurgitación nueva o residual de la válvula. Dicha evaluación después de la reparación o reemplazo valvular es importante tanto para la orientación de la intervención en el laboratorio de hemodinamia como para el resultado general de los pacientes después del procedimiento. Por lo tanto, el imagenólogo es un miembro integral del Heart Team valvular. En general, estas lesiones regurgitantes representan un desafío para el imagenólogo, ya que el mecanismo, número, dirección, hemodinamia y fisiología cardíaca subyacente a menudo son diferentes al de las válvulas regurgitantes nativas. La valoración de la regurgitación aguda en el laboratorio de hemodinamia con frecuencia requiere la evaluación de parámetros ecocardiográficos, angiográficos y/o hemodinámicos, dependiendo de la posición de la válvula. En el entorno ambulatorio, el enfoque ecocardiográfico transtorácico integrador es la evaluación de primera línea. Aunque no es improbable que se necesiten estudios adicionales con ETE, RMC y ocasionalmente TCMD, dependiendo del estudio inicial y cuestiones pendientes. A medida que se adquiere más experiencia clínica con estas intervenciones, se necesitan más datos sobre la validación, precisión comparativa e impacto pronóstico tanto en ecocardiografía como RMC para identificar el enfoque cuantitativo más adecuado, y mejorar la precisión y confianza en la evaluación de la regurgitación valvular después de las intervenciones basadas en catéter.

AVISO Y DESCARGO DE RESPONSABILIDAD: la ASE pone a disposición este informe como una fuente de referencia de cortesía para los miembros. Este informe contiene sólo recomendaciones y no debe utilizarse como única base para tomar decisiones en la práctica clínica o para tomar medidas disciplinarias contra cualquier empleado. Las declaraciones y recomendaciones contenidas en este reporte se basan principalmente en opiniones de

expertos, en lugar de datos científicamente verificados. ASE no ofrece garantías explícitas ni implícitas con respecto a la integridad o exactitud de la información contenida en este informe, incluida la garantía de comerciabilidad o idoneidad para un propósito en particular. En ningún caso, ASE será responsable ante usted, sus pacientes o terceros, por cualquier decisión o acción tomada por usted o cualquier otro, que dependa de esta información. Tampoco el uso de esta información constituye una oferta de asesoramiento médico por parte de ASE ni crea una relación médico-paciente entre ASE y sus pacientes o cualquier otra persona.

Reviewers: This document was reviewed by members of the 2018–2019 ASE Guidelines and Standards Committee, ASE Board of Directors, ASE Executive Committee, and designated representatives from the Japanese Society of Echocardiography, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Reviewers included Bonita Anderson, MAPPLSC, DMU, AMS, FASE, ACS, Alicia Armour, BS, MA, RDCS, FASE, Azin Alizadehasl, MD, FASE, Scott D. Choyce, RDCS, RVT, RDMS, FASE, Craig Fleishman, MD, FASE, Benjamin Freed, MD, FASE, Mark K. Friedberg, MD, FASE, Edward Gill, MD, FASE, Suzanne Golz, MS, RDCS, FASE, Yuchi Han, MD, MMSc, FASE, FSCMR, Renuka Jain, MD, FASE, Pei-Ni Jone, MD, FASE, James N. Kirkpatrick, MD, FASE, Judy Mangion, MD, FASE, Anuj Mediratta, MD, FASE, Satoshi Nakatani, MD, PhD, Andy Pellett, PhD, RCS, RDCS, FASE, Dermot Phelan, MD, PhD, FASE, Geoffrey A. Rose, MD, FASE, Michael H. Salinger, MD, FSCAI, Stanton Shernan, MD, FASE, Mark Taylor, MD, FASE, David H. Wiener, MD, FASE, and Megan Yamat, RDCS, RCS, FASE.

REFERENCIAS

- [1] Nkomo VT, Gardin JM, Skelton TN, Gottdiener JS, Scott CG, Enriquez-Sarano M. Burden of valvular heart diseases: a population-based study. *Lancet*. 2006;368:1005-11.
- [2] Leon MB, Smith CR, Mack MJ, Makkar RR, Svensson LG, Kodali SK, et al. Transcatheter or Surgical Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med*. 2016;374:1609-20.
- [3] Smith CR, Leon MB, Mack MJ, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter versus surgical aortic-valve

- replacement in high-risk patients. *N Engl J Med.* 2011;364:2187-98.
- [4] Adams DH, Popma JJ, Reardon MJ, Yakubov SJ, Coselli JS, Deeb GM, et al. Transcatheter aortic-valve replacement with a self-expanding prosthesis. *N Engl J Med.* 2014;370:1790-8.
- [5] Popma JJ, Adams DH, Reardon MJ, Yakubov SJ, Kleiman NS, Heimansohn D, et al. Transcatheter aortic valve replacement using a self-expanding bioprosthesis in patients with severe aortic stenosis at extreme risk for surgery. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63:1972-81.
- [6] Zoghbi WA, Chambers JB, Dumesnil JG, Foster E, Gottdiener JS, Grayburn PA, et al. Recommendations for evaluation of prosthetic valves with echocardiography and doppler ultrasound: a report From the American Society of Echocardiography's Guidelines and Standards Committee and the Task Force on Prosthetic Valves, developed in conjunction with the American College of Cardiology Cardiovascular Imaging Committee, Cardiac Imaging Committee of the American Heart Association, the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, the Japanese Society of Echocardiography and the Canadian Society of Echocardiography, endorsed by the American College of Cardiology Foundation, American Heart Association, European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, the Japanese Society of Echocardiography, and Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:975-1014; quiz 82-4.
- [7] 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.
- [8] Nishimura RA, Otto CM, Bonow RO, Carabello BA, Erwin JP, 3rd, Fleisher LA, et al. 2017 AHA/ACC Focused Update of the 2014 AHA/ACC Guideline for the Management of Patients With Valvular Heart Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70:252-89.
- [9] Leon MB, Smith CR, Mack M, Miller DC, Moses JW, Svensson LG, et al. Transcatheter aortic-valve implantation for aortic stenosis in patients who cannot undergo surgery. *N Engl J Med.* 2010;363:1597-607.
- [10] Thourani VH, Kodali S, Makkar RR, Herrmann HC, Williams M, Babaliaros V, et al. Transcatheter aortic valve replacement versus surgical valve replacement in intermediate-risk patients: a propensity score analysis. *Lancet.* 2016;387:2218-25.
- [11] Reardon MJ, Van Mieghem NM, Popma JJ, Kleiman NS, Sondergaard L, Mumtaz M, et al. Surgical or Transcatheter Aortic-Valve Replacement in Intermediate-Risk Patients. *N Engl J Med.* 2017;376:1321-31.
- [12] Athappan G, Patvardhan E, Tuzcu EM, Svensson LG, Lemos PA, Fraccaro C, et al. Incidence, predictors, and outcomes of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: meta-analysis and systematic review of literature. *J Am Coll Cardiol.* 2013;61:1585-95.
- [13] O'Sullivan KE, Gough A, Segurado R, Barry M, Sugrue D, Hurley J. Is valve choice a significant determinant of paravalvular leak post-transcatheter aortic valve implantation? A systematic review and meta-analysis. *Eur J Cardiothorac Surg.* 2014;45:826-33.
- [14] Hahn RT, Pibarot P, Stewart WJ, Weissman NJ, Gopalakrishnan D, Keane MG, et al. Comparison of transcatheter and surgical aortic valve replacement in severe aortic stenosis: a longitudinal study of echocardiography parameters in cohort A of the PARTNER trial (placement of aortic transcatheter valves). *J Am Coll Cardiol.* 2013;61:2514-21.
- [15] Abdel-Wahab M, Zahn R, Horack M, Gerckens U, Schuler G, Sievert H, et al. Aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation: incidence and early outcome. Results from the German transcatheter aortic valve interventions registry. *Heart.* 2011;97:899-906.
- [16] Gotzmann M, Pljakic A, Bojara W, Lindstaedt M, Ewers A, Germing A, et al. Transcatheter aortic valve implantation in patients with severe symptomatic aortic valve stenosis-predictors of mortality and poor treatment response. *Am Heart J.* 2011;162:238-45 e1.
- [17] Moat NE, Ludman P, de Belder MA, Bridgewater B, Cunningham AD, Young CP, et al. Long-term outcomes after transcatheter aortic valve implantation in high-risk patients with severe aortic stenosis: the U.K. TAVI (United Kingdom Transcatheter Aortic Valve Implantation) Registry. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:2130-8.
- [18] Tamburino C, Capodanno D, Ramondo A, Petronio AS, Ettori F, Santoro G, et al. Incidence and predictors of early and late mortality after transcatheter aortic valve implantation in 663 patients with severe aortic stenosis. *Circulation.* 2011;123:299-308.
- [19] Kodali SK, Williams MR, Smith CR, Svensson LG, Webb JG, Makkar RR, et al. Two-year outcomes after transcatheter or surgical aortic-valve replacement. *N Engl J Med.* 2012;366:1686-95.
- [20] Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, Monaghan MJ. Assessment of paravalvular regurgitation following TAVR: a proposal of unifying grading scheme. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8:340-60.
- [21] Lefevre T, Colombo A, Tchetché D, Latib A, Klugmann S, Fajadet J, et al. Prospective Multicenter Evaluation of the Direct Flow Medical Transcatheter Aortic Valve System: 12-Month Outcomes of the Evaluation of the Direct Flow Medical Percutaneous Aortic Valve 18F System for the Treatment of Patients With Severe Aortic Stenosis (DISCOVER) Study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:68-75.
- [22] Meredith IT, Walters DL, Dumonteil N, Worthley SG, Tchetché D, Manoharan G, et al. 1-Year Outcomes With the Fully Repositionable and Retrievable Lotus Transcatheter Aortic Replacement Valve in 120 High-Risk Surgical Patients With Severe Aortic Stenosis: Results of the REPRISE II Study. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:376-84.
- [23] Hahn RT, Little SH, Monaghan MJ, Kodali SK, Williams M, Leon MB, et al. Recommendations for comprehensive intraprocedural echocardiographic imaging during TAVR. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8:261-87.

- [24] Genereux P, Head SJ, Hahn R, Daneault B, Kodali S, Williams MR, et al. Paravalvular leak after transcatheter aortic valve replacement: the new Achilles' heel? A comprehensive review of the literature. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61:1125-36.
- [25] Binder RK, Webb JG, Willson AB, Urena M, Hansson NC, Norgaard BL, et al. The impact of integration of a multidetector computed tomography annulus area sizing algorithm on outcomes of transcatheter aortic valve replacement: a prospective, multicenter, controlled trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:431-8.
- [26] Khalique OK, Kodali SK, Paradis JM, Nazif TM, Williams MR, Einstein AJ, et al. Aortic annular sizing using a novel 3-dimensional echocardiographic method: use and comparison with cardiac computed tomography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7:155-63.
- [27] Haensig M, Lehmkuhl L, Rastan AJ, Kempfert J, Mukherjee C, Gutberlet M, et al. Aortic valve calcium scoring is a predictor of significant paravalvular aortic insufficiency in transapical-aortic valve implantation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2012;41:1234-40; discussion 40-1.
- [28] Khalique OK, Hahn RT, Gada H, Nazif TM, Vahl TP, George I, et al. Quantity and location of aortic valve complex calcification predicts severity and location of paravalvular regurgitation and frequency of post-dilation after balloon-expandable transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:885-94.
- [29] Hamid NB, Khalique OK, Monaghan MJ, Kodali SK, Dvir D, Bapat VN, et al. Transcatheter Valve Implantation in Failed Surgically Inserted Bioprosthesis: Review and Practical Guide to Echocardiographic Imaging in Valve-in-Valve Procedures. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:960-79.
- [30] Bijuklic K, Haselbach T, Witt J, Krause K, Hansen L, Gehrckens R, et al. Increased Risk of Cerebral Embolization After Implantation of a Balloon-Expandable Aortic Valve Without Prior Balloon Valvuloplasty. *JACC Cardiovasc Interv*. 2015;8:1608-13.
- [31] Delgado V, Ng AC, van de Veire NR, van der Kley F, Schuijff JD, Tops LF, et al. Transcatheter aortic valve implantation: role of multi-detector row computed tomography to evaluate prosthesis positioning and deployment in relation to valve function. *Eur Heart J*. 2010;31:1114-23.
- [32] Kronzon I, Jelmin V, Ruiz CE, Saric M, Williams MR, Kasel AM, et al. Optimal imaging for guiding TAVR: transesophageal or transthoracic echocardiography, or just fluoroscopy? *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:361-70.
- [33] Ali OF, Schultz C, Jabbour A, Rubens M, Mittal T, Mohiaddin R, et al. Predictors of paravalvular aortic regurgitation following self-expanding Medtronic CoreValve implantation: the role of annulus size, degree of calcification, and balloon size during pre-implantation valvuloplasty and implant depth. *Int J Cardiol*. 2015;179:539-45.
- [34] Greif M, Lange P, Nabauer M, Schwarz F, Becker C, Schmitz C, et al. Transcatheter aortic valve replacement with the Edwards SAPIEN XT and Medtronic CoreValve prosthesis under fluoroscopic guidance and local anaesthesia only. *Heart*. 2014;100:691-5.
- [35] Dall'Ara G, Eltchaninoff H, Moat N, Laroche C, Goicolea J, Ussia GP, et al. Local and general anaesthesia do not influence outcome of transfemoral aortic valve implantation. *Int J Cardiol*. 2014;177:448-54.
- [36] Babaliaros V, Devireddy C, Lerakis S, Leonardi R, Iturra SA, Mavromatis K, et al. Comparison of transfemoral transcatheter aortic valve replacement performed in the catheterization laboratory (minimalist approach) versus hybrid operating room (standard approach): outcomes and cost analysis. *JACC Cardiovasc Interv*. 2014;7:898-904.
- [37] Mayr NP, Michel J, Bleiziffer S, Tassani P, Martin K. Sedation or general anesthesia for transcatheter aortic valve implantation (TAVI). *J Thorac Dis*. 2015;7:1518-26.
- [38] Greason KL, Pochettino A, Sandhu GS, King KS, Holmes DR. Transfemoral transcatheter aortic valve insertion-related intraoperative morbidity: Implications of the minimalist approach. *J Thorac Cardiovasc Surg*. 2016;151:1026-9.
- [39] Hyman MC, Vemulapalli S, Szeto WY, Stebbins A, Patel PA, Matsouaka RA, et al. Conscious Sedation Versus General Anesthesia for Transcatheter Aortic Valve Replacement: Insights from the National Cardiovascular Data Registry Society of Thoracic Surgeons/American College of Cardiology Transcatheter Valve Therapy Registry. *Circulation*. 2017;136:2132-40.
- [40] Bagur R, Rodes-Cabau J, Doyle D, De Laroche R, Villeneuve J, Lemieux J, et al. Usefulness of TEE as the primary imaging technique to guide transcatheter transapical aortic valve implantation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2011;4:115-24.
- [41] Oguri A, Yamamoto M, Mouillet G, Gilard M, Laskar M, Eltchaninoff H, et al. Clinical outcomes and safety of transfemoral aortic valve implantation under general versus local anesthesia: subanalysis of the French Aortic National CoreValve and Edwards 2 registry. *Circ Cardiovasc Interv*. 2014;7:602-10.
- [42] Hayek SS, Corrigan FE, 3rd, Condado JF, Lin S, Howell S, MacNamara JP, et al. Paravalvular Regurgitation after Transcatheter Aortic Valve Replacement: Comparing Transthoracic versus Transesophageal Echocardiographic Guidance. *J Am Soc Echocardiogr*. 2017;30:533-40.
- [43] de Brito FS, Jr., Carvalho LA, Sarmento-Leite R, Mangione JA, Lemos P, Siciliano A, et al. Outcomes and predictors of mortality after transcatheter aortic valve implantation: results of the Brazilian registry. *Catheter Cardiovasc Interv*. 2015;85:E153-62.
- [44] Condado JF, Haider MN, Lerakis S, Keegan P, Caughron H, Thourani VH, et al. Does minimalist transfemoral transcatheter aortic valve replacement produce better survival in patients with severe chronic obstructive pulmonary disease? *Catheter Cardiovasc Interv*. 2017;89:775-80.
- [45] Kodali S, Thourani VH, White J, Malaisrie SC, Lim S, Greason KL, et al. Early clinical and echocardiographic outcomes after SAPIEN 3 transcatheter aortic valve replacement in inoperable, high-risk and intermediate-risk patients with aortic stenosis. *Eur Heart J*. 2016;37:2252-62.
- [46] Hahn RT, Gillam LD, Little SH. Echocardiographic imaging of procedural complications during self-expandable transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:319-36.
- [47] Hahn RT, Kodali S, Tuzcu EM, Leon MB, Kapadia S, Gopal D, et al. Echocardiographic imaging of procedural complications during balloon-expandable transcatheter aortic valve replacement. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:288-318.

- [48] Kiramijyan S, Ben-Dor I, Koifman E, Didier R, Magalhaes MA, Escarcega RO, et al. Comparison of clinical outcomes with the utilization of monitored anesthesia care vs. general anesthesia in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement. *Cardiovasc Revasc Med.* 2016;17:384-90.
- [49] Sellers RD, Levy MJ, Amplatz K, Lillehei CW. Left Retrograde Cardioangiography in Acquired Cardiac Disease: Technique, Indications and Interpretations in 700 Cases. *Am J Cardiol.* 1964;14:437-47.
- [50] Michel PL, Vahanian A, Besnainou F, Acar J. Value of qualitative angiographic grading in aortic regurgitation. *Eur Heart J.* 1987;8 Suppl C:11-4.
- [51] Croft CH, Lipscomb K, Mathis K, Firth BG, Nicod P, Tilton G, et al. Limitations of qualitative angiographic grading in aortic or mitral regurgitation. *Am J Cardiol.* 1984;53:1593-8.
- [52] Sinning JM, Hammerstingl C, Vasa-Nicotera M, Adenauer V, Lema Cachiguango SJ, Scheer AC, et al. Aortic regurgitation index defines severity of peri-prosthetic regurgitation and predicts outcome in patients after transcatheter aortic valve implantation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1134-41.
- [53] Jilaihawi H, Chakravarty T, Shiota T, Rafique A, Harada K, Shibayama K, et al. Heart-rate adjustment of transcatheter haemodynamics improves the prognostic evaluation of paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *EuroIntervention.* 2015;11:456-64.
- [54] Sinning JM, Stundl A, Pingel S, Weber M, Sedaghat A, Hammerstingl C, et al. Pre-Procedural Hemodynamic Status Improves the Discriminatory Value of the Aortic Regurgitation Index in Patients Undergoing Transcatheter Aortic Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:700-11.
- [55] Bugan B, Kapadia S, Svensson L, Krishnaswamy A, Tuzcu EM. Novel hemodynamic index for assessment of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve replacement. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2015;86:E174-9.
- [56] Mihara H, Shibayama K, Jilaihawi H, Itabashi Y, Berdejo J, Utsunomiya H, et al. Assessment of Post-Procedural Aortic Regurgitation After TAVR: An Intraprocedural TEE Study. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8:993-1003.
- [57] Kappetein AP, Head SJ, Genereux P, Piazza N, van Mieghem NM, Blackstone EH, et al. Updated standardized endpoint definitions for transcatheter aortic valve implantation: the Valve Academic Research Consortium-2 consensus document. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60:1438-54.
- [58] Douglas PS, Waugh RA, Bloomfield G, Dunn G, Davis L, Hahn RT, et al. Implementation of echocardiography core laboratory best practices: a case study of the PARTNER I trial. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26:348-58 e3.
- [59] Jones BM, Tuzcu EM, Krishnaswamy A, Popovic Z, Mick S, Roselli EE, et al. Prognostic significance of mild aortic regurgitation in predicting mortality after transcatheter aortic valve replacement. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2016;152:783-90.
- [60] 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.
- [61] Perez de Isla L, Zamorano J, Fernandez-Golfin C, Ciocarelli S, Corros C, Sanchez T, et al. 3D color-Doppler echocardiography and chronic aortic regurgitation: a novel approach for severity assessment. *Int J Cardiol.* 2013;166:640-5.
- [62] Goncalves A, Almeria C, Marcos-Alberca P, Feltes G, Hernandez-Antolin R, Rodriguez E, et al. Three-dimensional echocardiography in paravalvular aortic regurgitation assessment after transcatheter aortic valve implantation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:47-55.
- [63] Mori Y, Shiota T, Jones M, Wanitkun S, Irvine T, Li X, et al. Three-dimensional reconstruction of the color Doppler-imaged vena contracta for quantifying aortic regurgitation: studies in a chronic animal model. *Circulation.* 1999;99:1611-7.
- [64] Fang L, Hsiung MC, Miller AP, Nanda NC, Yin WH, Young MS, et al. Assessment of aortic regurgitation by live three-dimensional transthoracic echocardiographic measurements of vena contracta area: usefulness and validation. *Echocardiography.* 2005;22:775-81.
- [65] Pirat B, Little SH, Igo SR, McCulloch M, Nose Y, Hartley CJ, et al. Direct measurement of proximal isovelocity surface area by real-time three-dimensional color Doppler for quantitation of aortic regurgitant volume: an in vitro validation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2009;22:306-13.
- [66] Palau-Caballero G, Walmsley J, Gorcsan J, 3rd, Lumens J, Delhaas T. Abnormal Ventricular and Aortic Wall Properties Can Cause Inconsistencies in Grading Aortic Regurgitation Severity: A Computer Simulation Study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2016;29:1122-30.e4.
- [67] Svedlund S, Wetterholm R, Volkmann R, Caidahl K. Retrograde blood flow in the aortic arch determined by transesophageal Doppler ultrasound. *Cerebrovasc Dis.* 2009;27:22-8.
- [68] Hashimoto J, Ito S. Aortic stiffness determines diastolic blood flow reversal in the descending thoracic aorta: potential implication for retrograde embolic stroke in hypertension. *Hypertension.* 2013;62:542-9.
- [69] Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Moura L, Popescu BA, Agricola E, et al. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 1: aortic and pulmonary regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr.* 2010;11:223-44.
- [70] Takenaka K, Dabestani A, Gardin JM, Russell D, Clark S, Allfie A, et al. A simple Doppler echocardiographic method for estimating severity of aortic regurgitation. *Am J Cardiol.* 1986;57:1340-3.
- [71] Hahn RT, Leipsic J, Douglas PS, Jaber WA, Weissman NJ, Pibarot P, et al. Comprehensive Echocardiographic Assessment of Normal Transcatheter Valve Function. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2018.
- [72] Kodali S, Pibarot P, Douglas PS, Williams M, Xu K, Thourani V, et al. Paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement with the Edwards sapien valve in the PARTNER trial: characterizing patients and impact on outcomes. *Eur Heart J.* 2015;36:449-56.
- [73] Ribeiro HB, Orwat S, Hayek SS, Larose E, Babaliaros V, Dahou A, et al. Cardiovascular Magnetic Resonance to

- Evaluate Aortic Regurgitation After Transcatheter Aortic Valve Replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2016;68:577-85.
- [74] Oh JK, Little SH, Abdelmoneim SS, Reardon MJ, Kleiman NS, Lin G, et al. Regression of Paravalvular Aortic Regurgitation and Remodeling of Self-Expanding Transcatheter Aortic Valve: An Observation From the CoreValve U.S. Pivotal Trial. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015;8:1364-75.
- [75] Pibarot P, Hahn RT, Weissman NJ, Arsenault M, Beaudoin J, Bernier M, et al. Association of Paravalvular Regurgitation With 1-Year Outcomes After Transcatheter Aortic Valve Replacement With the SAPIEN 3 Valve. *JAMA Cardiol*. 2017;2:1208-16.
- [76] Chakravarty T, Sondergaard L, Friedman J, De Backer O, Berman D, Kofoed KF, et al. Subclinical leaflet thrombosis in surgical and transcatheter bioprosthetic aortic valves: an observational study. *Lancet*. 2017;389:2383-92.
- [77] Ruiz CE, Hahn RT, Berrebi A, Borer JS, Cutlip DE, Fontana G, et al. Clinical Trial Principles and Endpoint Definitions for Paravalvular Leaks in Surgical Prosthesis: An Expert Statement. *J Am Coll Cardiol*. 2017;69:2067-87.
- [78] Hartlage GR, Babaliaros VC, Thourani VH, Hayek S, Chrysohoou C, Ghasemzadeh N, et al. The role of cardiovascular magnetic resonance in stratifying paravalvular leak severity after transcatheter aortic valve replacement: an observational outcome study. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2014;16:93.
- [79] Crouch G, Tully PJ, Bennetts J, Sinhal A, Bradbrook C, Penhall AL, et al. Quantitative assessment of paravalvular regurgitation following transcatheter aortic valve replacement. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2015;17:32.
- [80] Merten C, Beurich HW, Zachow D, Mostafa AE, Geist V, Toelg R, et al. Aortic regurgitation and left ventricular remodeling after transcatheter aortic valve implantation: a serial cardiac magnetic resonance imaging study. *Circ Cardiovasc Interv*. 2013;6:476-83.
- [81] Sherif MA, Abdel-Wahab M, Beurich HW, Stocker B, Zachow D, Geist V, et al. Haemodynamic evaluation of aortic regurgitation after transcatheter aortic valve implantation using cardiovascular magnetic resonance. *EuroIntervention*. 2011;7:57-63.
- [82] Altiok E, Frick M, Meyer CG, Al Ateah G, Napp A, Kirschfink A, et al. Comparison of two- and three-dimensional transthoracic echocardiography to cardiac magnetic resonance imaging for assessment of paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve implantation. *Am J Cardiol*. 2014;113:1859-66.
- [83] Cawley PJ, Hamilton-Craig C, Owens DS, Krieger EV, Strugnell WE, Mitsumori L, et al. Prospective comparison of valve regurgitation quantitation by cardiac magnetic resonance imaging and transthoracic echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6:48-57.
- [84] Abdel-Wahab M, Mehilli J, Frerker C, Neumann FJ, Kurz T, Tolg R, et al. Comparison of balloon-expandable vs self-expandable valves in patients undergoing transcatheter aortic valve replacement: the CHOICE randomized clinical trial. *JAMA*. 2014;311:1503-14.
- [85] Ribeiro HB, Le Ven F, Larose E, Dahou A, Nombela-Franco L, Urena M, et al. Cardiac magnetic resonance versus transthoracic echocardiography for the assessment and quantification of aortic regurgitation in patients undergoing transcatheter aortic valve implantation. *Heart*. 2014;100:1924-32.
- [86] Orwat S, Diller GP, Kaleschke G, Kerckhoff G, Kempny A, Radke RM, et al. Aortic regurgitation severity after transcatheter aortic valve implantation is underestimated by echocardiography compared with MRI. *Heart*. 2014;100:1933-8.
- [87] Gopalakrishnan D, Gopal A, Grayburn PA. Evaluating paravalvular leak after TAVR. *Heart*. 2014;100:1903-4.
- [88] American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus D, Hundley WG, Bluemke DA, Finn JP, Flamm SD, Fogel MA, et al. ACCF/ACR/AHA/NASCI/SCMR 2010 expert consensus document on cardiovascular magnetic resonance: a report of the American College of Cardiology Foundation Task Force on Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol*. 2010;55:2614-62.
- [89] Myerson SG. Heart valve disease: investigation by cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2012;14:7.
- [90] Lerakis S, Hayek S, Arepalli CD, Thourani V, Babaliaros V. Cardiac magnetic resonance for paravalvular leaks in post-transcatheter aortic valve replacement. *Circulation*. 2014;129:e430-1.
- [91] Dahiya A, Bolen M, Grimm RA, Rodriguez LL, Thomas JD, Marwick TH, et al. Development of a consensus document to improve multireader concordance and accuracy of aortic regurgitation severity grading by echocardiography versus cardiac magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol*. 2012;110:709-14.
- [92] Cavalcante JL, Lalude OO, Schoenhagen P, Lerakis S. Cardiovascular Magnetic Resonance Imaging for Structural and Valvular Heart Disease Interventions. *JACC Cardiovasc Interv*. 2016;9:399-425.
- [93] Myerson SG, d'Arcy J, Mohiaddin R, Greenwood JP, Karamitsos TD, Francis JM, et al. Aortic regurgitation quantification using cardiovascular magnetic resonance: association with clinical outcome. *Circulation*. 2012;126:1452-60.
- [94] Gabriel RS, Renapurkar R, Bolen MA, Verhaert D, Leiber M, Flamm SD, et al. Comparison of severity of aortic regurgitation by cardiovascular magnetic resonance versus transthoracic echocardiography. *Am J Cardiol*. 2011;108:1014-20.
- [95] Gelfand EV, Hughes S, Hauser TH, Yeon SB, Goepfert L, Kissinger KV, et al. Severity of mitral and aortic regurgitation as assessed by cardiovascular magnetic resonance: optimizing correlation with Doppler echocardiography. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2006;8:503-7.
- [96] Corrigan FE, 3rd, Chen JH, Maini A, Lisko JC, Alvarez L, Kamioka N, et al. Pulmonary Venous Waveforms Predict Rehospitalization and Mortality After Percutaneous Mitral Valve Repair. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2018.
- [97] Praz F, Spargias K, Chrissoheris M, Bullesfeld L, Nickenig G, Deuschl F, et al. Compassionate use of the PASCAL transcatheter mitral valve repair system for patients with severe mitral regurgitation: a multicentre, prospective, observational, first-in-man study. *Lancet*. 2017;390:773-80.

- [98] Lin BA, Forouhar AS, Pahlevan NM, Anastassiou CA, Grayburn PA, Thomas JD, et al. Color Doppler jet area overestimates regurgitant volume when multiple jets are present. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:993-1000.
- [99] Altioek E, Hamada S, Brehmer K, Kuhr K, Reith S, Becker M, et al. Analysis of procedural effects of percutaneous edge-to-edge mitral valve repair by 2D and 3D echocardiography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5:748-55.
- [100] Gruner C, Herzog B, Bettex D, Felix C, Datta S, Greutmann M, et al. Quantification of mitral regurgitation by real time three-dimensional color Doppler flow echocardiography pre- and post-percutaneous mitral valve repair. *Echocardiography.* 2015;32:1140-6.
- [101] Avenatti E, Mackensen GB, El Tallawi C, Reisman M, Gruye L, Barker C, Little S. Diagnostic value of 3D Vena Contracta Area for the quantification of residual mitral regurgitation after MitraClip procedure. *JACC CV Intervention.* 2019 (in press)
- [102] Lubos E, Schluter M, Vettorazzi E, Goldmann B, Lubs D, Schirmer J, et al. MitraClip therapy in surgical high-risk patients: identification of echocardiographic variables affecting acute procedural outcome. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:394-402.
- [103] Biaggi P, Felix C, Gruner C, Herzog BA, Hohlfeld S, Gaemperli O, et al. Assessment of mitral valve area during percutaneous mitral valve repair using the MitraClip system: comparison of different echocardiographic methods. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013;6:1032-40.
- [104] Lutter G, Lozonschi L, Ebner A, Gallo S, Marin y Kall C, Missov E, et al. First-in-human off-pump transcatheter mitral valve replacement. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:1077-8.
- [105] Bapat V, Buellesfeld L, Peterson MD, Hancock J, Reineke D, Buller C, et al. Transcatheter mitral valve implantation (TMVI) using the Edwards FORTIS device. *EuroIntervention.* 2014;10 Suppl U:U120-8.
- [106] Cheung A, Webb J, Verheye S, Moss R, Boone R, Leipsic J, et al. Short-term results of transcatheter mitral valve implantation for mitral regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64:1814-9.
- [107] Sondergaard L, De Backer O, Franzen OW, Holme SJ, Ihlemann N, Vejstrup NG, et al. First-in-Human Case of Transfemoral CardiAQ Mitral Valve Implantation. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8:e002135.
- [108] Moat N, Duncan A, Lindsay A, Quarto C, Blanke P, Leipsic J, et al. Transcatheter mitral valve replacement for the treatment of mitral regurgitation: in-hospital outcomes of an apically tethered device. *J Am Coll Cardiol.* 2015;65:2352-3.
- [109] Theriault-Lauzier P, Andalib A, Martucci G, Mylotte D, Cecere R, Lange R, et al. Fluoroscopic anatomy of left-sided heart structures for transcatheter interventions: insight from multislice computed tomography. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:947-57.
- [110] Blanke P, Dvir D, Cheung A, Levine RA, Thompson C, Webb JG, et al. Mitral Annular Evaluation With CT in the Context of Transcatheter Mitral Valve Replacement. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2015;8:612-5.
- [111] 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.
- [112] Guerrero M, Dvir D, Himbert D, Urena M, Eleid M, Wang DD, et al. Transcatheter Mitral Valve Replacement in Native Mitral Valve Disease With Severe Mitral Annular Calcification: Results From the First Multicenter Global Registry. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:1361-71.
- [113] Yoon SH, Whisenant BK, Bleiziffer S, Delgado V, Schofer N, Eschenbach L, et al. Transcatheter Mitral Valve Replacement for Degenerated Bioprosthetic Valves and Failed Annuloplasty Rings. *J Am Coll Cardiol.* 2017;70:1121-31.
- [114] Muller DWM, Farivar RS, Jansz P, Bae R, Walters D, Clarke A, et al. Transcatheter Mitral Valve Replacement for Patients With Symptomatic Mitral Regurgitation: A Global Feasibility Trial. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:381-91.
- [115] 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.
- [116] Timek TA, Lai DT, Tibayan F, Liang D, Daughters GT, Dagum P, et al. Septal-lateral annular cinching abolishes acute ischemic mitral regurgitation. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2002;123:881-8.
- [117] Webb JG, Harnek J, Munt BI, Kimblad PO, Chandavimol M, Thompson CR, et al. Percutaneous transvenous mitral annuloplasty: initial human experience with device implantation in the coronary sinus. *Circulation.* 2006;113:851-5.
- [118] Schofer J, Siminiak T, Haude M, Herrman JP, Vainer J, Wu JC, et al. Percutaneous mitral annuloplasty for functional mitral regurgitation: results of the CARILLON Mitral Annuloplasty Device European Union Study. *Circulation.* 2009;120:326-33.
- [119] Siminiak T, Wu JC, Haude M, Hoppe UC, Sadowski J, Lipiecki J, et al. Treatment of functional mitral regurgitation by percutaneous annuloplasty: results of the TITAN Trial. *Eur J Heart Fail.* 2012;14:931-8.
- [120] Mandinov L AF, Grube E. Mitralign percutaneous annuloplasty system for the treatment of functional mitral regurgitation. *European Cardiology.* 2010;6:67-70.
- [121] Maisano F, La Canna G, Latib A, Denti P, Taramasso M, Kuck KH, et al. First-in-man transseptal implantation of a "surgical-like" mitral valve annuloplasty device for functional mitral regurgitation. *JACC Cardiovasc Interv.* 2014;7:1326-8.
- [122] Nickenig G, Hammerstingl C, Schueler R, Topilsky Y, Grayburn PA, Vahanian A, et al. Transcatheter Mitral Annuloplasty in Chronic Functional Mitral Regurgitation: 6-Month Results With the Cardioband Percutaneous Mitral Repair System. *JACC Cardiovasc Interv.* 2016;9:2039-47.
- [123] Arsalan M, Agricola E, Alfieri O, Baldus S, Colombo A, Filardo G, et al. Effect of Transcatheter Mitral Annuloplasty With the Cardioband Device on 3-Dimensional Geometry of the Mitral Annulus. *Am J Cardiol.* 2016;118:744-9.
- [124] Rihal CS, Sorajja P, Booker JD, Hagler DJ, Cabalka AK. Principles of percutaneous paravalvular leak closure. *JACC Cardiovasc Interv.* 2012;5:121-30.
- [125] Grayburn PA, Foster E, Sangli C, Weissman NJ, Massaro J, Glower DG, et al. Relationship between the magnitude of reduction in mitral regurgitation severity and left ventricular and left atrial reverse remodeling after MitraClip therapy. *Circulation.* 2013;128:1667-74.

- [126] Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Goncalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2011;24:937-65.
- [127] Foster E, Wasserman HS, Gray W, Homma S, Di Tullio MR, Rodriguez L, et al. Quantitative assessment of severity of mitral regurgitation by serial echocardiography in a multicenter clinical trial of percutaneous mitral valve repair. *Am J Cardiol*. 2007;100:1577-83.
- [128] Siegel RJ, Biner S, Rafique AM, Rinaldi M, Lim S, Fail P, et al. The acute hemodynamic effects of MitraClip therapy. *J Am Coll Cardiol*. 2011;57:1658-65.
- [129] Hamilton-Craig C, Strugnell W, Gaikwad N, Ischenko M, Speranza V, Chan J, et al. Quantitation of mitral regurgitation after percutaneous MitraClip repair: comparison of Doppler echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging. *Ann Cardiothorac Surg*. 2015;4:341-51.
- [130] Luis SA, Blauwet LA, Samardhi H, West C, Mehta RA, Luis CR, et al. Usefulness of Mitral Valve Prosthetic or Bioprosthetic Time Velocity Index Ratio to Detect Prosthetic or Bioprosthetic Mitral Valve Dysfunction. *Am J Cardiol*. 2017;120:1373-80.
- [131] Sucha D, Symersky P, Tanis W, Mali WP, Leiner T, van Herwerden LA, et al. Multimodality Imaging Assessment of Prosthetic Heart Valves. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2015;8:e003703.
- [132] Thavendiranathan P, Phelan D, Thomas JD, Flamm SD, Marwick TH. Quantitative assessment of mitral regurgitation: validation of new methods. *J Am Coll Cardiol*. 2012;60:1470-83.
- [133] Myerson SG, Francis JM, Neubauer S. Direct and indirect quantification of mitral regurgitation with cardiovascular magnetic resonance, and the effect of heart rate variability. *MAGMA*. 2010;23:243-9.
- [134] Marsan NA, Westenberg JJ, Ypenburg C, Delgado V, van Bommel RJ, Roes SD, et al. Quantification of functional mitral regurgitation by real-time 3D echocardiography: comparison with 3D velocity-encoded cardiac magnetic resonance. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2009;2:1245-52.
- [135] Buchner S, Debl K, Poschenrieder F, Feuerbach S, Riegger GA, Luchner A, et al. Cardiovascular magnetic resonance for direct assessment of anatomic regurgitant orifice in mitral regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2008;1:148-55.
- [136] Hundley WG, Li HF, Willard JE, Landau C, Lange RA, Meshack BM, et al. Magnetic resonance imaging assessment of the severity of mitral regurgitation. Comparison with invasive techniques. *Circulation*. 1995;92:1151-8.
- [137] Kizilbash AM, Hundley WG, Willett DL, Franco F, Peshock RM, Grayburn PA. Comparison of quantitative Doppler with magnetic resonance imaging for assessment of the severity of mitral regurgitation. *Am J Cardiol*. 1998;81:792-5.
- [138] Glogar D, Globits S, Neuhold A, Mayr H. Assessment of mitral regurgitation by magnetic resonance imaging. *Magn Reson Imaging*. 1989;7:611-7.
- [139] Guo YK, Yang ZG, Ning G, Rao L, Dong L, Pen Y, et al. Isolated mitral regurgitation: quantitative assessment with 64-section multidetector CT--comparison with MR imaging and echocardiography. *Radiology*. 2009;252:369-76.
- [140] Kon MW, Myerson SG, Moat NE, Pennell DJ. Quantification of regurgitant fraction in mitral regurgitation by cardiovascular magnetic resonance: comparison of techniques. *J Heart Valve Dis*. 2004;13:600-7.
- [141] Fujita N, Chazouilleres AF, Hartiala JJ, O'Sullivan M, Heidenreich P, Kaplan JD, et al. Quantification of mitral regurgitation by velocity-encoded cine nuclear magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol*. 1994;23:951-8.
- [142] Myerson SG, d'Arcy J, Christiansen JP, Dobson LE, Mohiaddin R, Francis JM, et al. Determination of Clinical Outcome in Mitral Regurgitation With Cardiovascular Magnetic Resonance Quantification. *Circulation*. 2016;133:2287-96.
- [143] Kawel-Boehm N, Maceira A, Valsangiacomo-Buechel ER, Vogel-Claussen J, Turkbey EB, Williams R, et al. Normal values for cardiovascular magnetic resonance in adults and children. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2015;17:29.
- [144] Krumm P, Zuern CS, Wurster TH, Mangold S, Klumpp BD, Henning A, et al. Cardiac magnetic resonance imaging in patients undergoing percutaneous mitral valve repair with the MitraClip system. *Clin Res Cardiol*. 2014;103:397-404.
- [145] Radunski UK, Franzen O, Barmeyer A, Lange M, Lund G, Rudolph V, et al. Cardiac remodeling following percutaneous mitral valve repair - initial results assessed by cardiovascular magnetic resonance imaging. *Rofo*. 2014;186:951-8.
- [146] Kramer CM, Barkhausen J, Flamm SD, Kim RJ, Nagel E, Society for Cardiovascular Magnetic Resonance Board of Trustees Task Force on Standardized P. Standardized cardiovascular magnetic resonance (CMR) protocols 2013 update. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:91.
- [147] Schulz-Menger J, Bluemke DA, Bremerich J, Flamm SD, Fogel MA, Friedrich MG, et al. Standardized image interpretation and post processing in cardiovascular magnetic resonance: Society for Cardiovascular Magnetic Resonance (SCMR) board of trustees task force on standardized post processing. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2013;15:35.
- [148] Alfakih K, Plein S, Thiele H, Jones T, Ridgway JP, Sivananthan MU. Normal human left and right ventricular dimensions for MRI as assessed by turbo gradient echo and steady-state free precession imaging sequences. *J Magn Reson Imaging*. 2003;17:323-9.
- [149] Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Reference right ventricular systolic and diastolic function normalized to age, gender and body surface area from steady-state free precession cardiovascular magnetic resonance. *Eur Heart J*. 2006;27:2879-88.
- [150] Maceira AM, Prasad SK, Khan M, Pennell DJ. Normalized left ventricular systolic and diastolic function by steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2006;8:417-26.
- [151] Hudsmith LE, Petersen SE, Francis JM, Robson MD, Neubauer S. Normal human left and right ventricular and left atrial dimensions using steady state free precession magnetic resonance imaging. *J Cardiovasc Magn Reson*. 2005;7:775-82.
- [152] Maceira AM, Cosin-Sales J, Roughton M, Prasad SK, Pennell DJ. Reference left atrial dimensions and volumes by

steady state free precession cardiovascular magnetic resonance. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2010;12:65.

[153] Carvalho JS, Shinebourne EA, Busst C, Rigby ML, Redington AN. Exercise capacity after complete repair of tetralogy of Fallot: deleterious effects of residual pulmonary regurgitation. *Br Heart J.* 1992;67:470-3.

[154] Gatzoulis MA, Balaji S, Webber SA, Siu SC, Hokanson JS, Poile C, et al. Risk factors for arrhythmia and sudden cardiac death late after repair of tetralogy of Fallot: a multicentre study. *Lancet.* 2000;356:975-81.

[155] 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.

[156] Bokma JP, Winter MM, Oosterhof T, Vliegen HW, van Dijk AP, Hazekamp MG, et al. Preoperative thresholds for mid-to-late haemodynamic and clinical outcomes after pulmonary valve replacement in tetralogy of Fallot. *Eur Heart J.* 2016;37:829-35.

[157] Geva T. Repaired tetralogy of Fallot: the roles of cardiovascular magnetic resonance in evaluating pathophysiology and for pulmonary valve replacement decision support. *J Cardiovasc Magn Reson.* 2011;13:9.

[158] Oosterhof T, van Straten A, Vliegen HW, Meijboom FJ, van Dijk AP, Spijkerboer AM, et al. Preoperative thresholds for pulmonary valve replacement in patients with corrected tetralogy of Fallot using cardiovascular magnetic resonance. *Circulation.* 2007;116:545-51.

[159] Therrien J, Provost Y, Merchant N, Williams W, Colman J, Webb G. Optimal timing for pulmonary valve replacement in adults after tetralogy of Fallot repair. *Am J Cardiol.* 2005;95:779-82.

[160] Warnes CA, Williams RG, Bashore TM, Child JS, Connolly HM, Dearani JA, et al. ACC/AHA 2008 Guidelines for the Management of Adults with Congenital Heart Disease: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines (writing committee to develop guidelines on the management of adults with congenital heart disease). *Circulation.* 2008;118:e714-833.

[161] Cheatham JP, Hellenbrand WE, Zahn EM, Jones TK, Berman DP, Vincent JA, et al. Clinical and hemodynamic outcomes up to 7 years after transcatheter pulmonary valve replacement in the US melody valve investigational device exemption trial. *Circulation.* 2015;131:1960-70.

[162] McElhinney DB, Hellenbrand WE, Zahn EM, Jones TK, Cheatham JP, Lock JE, et al. Short- and medium-term outcomes after transcatheter pulmonary valve placement in the expanded multicenter US melody valve trial. *Circulation.* 2010;122:507-16.

[163] Zahn EM, Hellenbrand WE, Lock JE, McElhinney DB. Implantation of the melody transcatheter pulmonary valve in patients with a dysfunctional right ventricular outflow tract conduit early results from the u.s. Clinical trial. *J Am Coll Cardiol.* 2009;54:1722-9.

[164] Hijazi ZM, Ruiz CE, Zahn E, Ringel R, Aldea GS, Bacha EA, et al. SCAI/AATS/ACC/STS Operator and Institutional

Requirements for Transcatheter Valve Repair and Replacement, Part III: Pulmonic Valve. *J Am Coll Cardiol.* 2015;65:2556-63.

[165] Bergersen L, Benson LN, Gillespie MJ, Cheatham SL, Crean AM, Hor KN, et al. Harmony Feasibility Trial: Acute and Short-Term Outcomes With a Self-Expanding Transcatheter Pulmonary Valve. *JACC Cardiovasc Interv.* 2017;10:1763-73.

[166] Zahn EM, Chang JC, Armer D, Garg R. First human implant of the Alterra Adaptive Presept(TM) : A new self-expanding device designed to remodel the right ventricular outflow tract. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2018;91:1125-9.

[167] Meadows JJ, Moore PM, Berman DP, Cheatham JP, Cheatham SL, Porras D, et al. Use and performance of the Melody Transcatheter Pulmonary Valve in native and postsurgical, nonconduit right ventricular outflow tracts. *Circ Cardiovasc Interv.* 2014;7:374-80.

[168] Chung R, Taylor AM. Imaging for preintervention planning: transcatheter pulmonary valve therapy. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7:182-9.

[169] Eicken A, Ewert P, Hager A, Peters B, Fratz S, Kuehne T, et al. Percutaneous pulmonary valve implantation: two-centre experience with more than 100 patients. *Eur Heart J.* 2011;32:1260-5.

[170] Marray BH, McElhinney DB, Cheatham JP, Zahn EM, Berman DP, Sullivan PM, et al. Risk of coronary artery compression among patients referred for transcatheter pulmonary valve implantation: a multicenter experience. *Circ Cardiovasc Interv.* 2013;6:535-42.

[171] Fraisse A, Assaidi A, Mauri L, Malekzadeh-Milani S, Thambo JB, Bonnet D, et al. Coronary artery compression during intention to treat right ventricle outflow with percutaneous pulmonary valve implantation: incidence, diagnosis, and outcome. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2014;83:E260-8.

[172] Partington SL, Valente AM. Cardiac magnetic resonance in adults with congenital heart disease. *Methodist Debakey Cardiovasc J.* 2013;9:156-62.

[173] Holzer RJ, Hijazi ZM. Transcatheter pulmonary valve replacement: State of the art. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2016;87:117-28.

[174] Kenny D, Hijazi ZM, Kar S, Rhodes J, Mullen M, Makkar R, et al. Percutaneous implantation of the Edwards SAPIEN transcatheter heart valve for conduit failure in the pulmonary position: early phase 1 results from an international multicenter clinical trial. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:2248-56.

[175] Awad SM, Masood SA, Gonzalez I, Cao QL, Abdulla RI, Heitschmidt MG, et al. The use of intracardiac echocardiography during percutaneous pulmonary valve replacement. *Pediatr Cardiol.* 2015;36:76-83.

[176] Chessa M, Butera G, Carminati M. Intracardiac echocardiography during percutaneous pulmonary valve replacement. *Eur Heart J.* 2008;29:2908.

[177] Renella P, Aboulhosn J, Lohan DG, Jonnala P, Finn JP, Satou GM, et al. Two-dimensional and Doppler echocardiography reliably predict severe pulmonary regurgitation as quantified by cardiac magnetic resonance. *J Am Soc Echocardiogr.* 2010;23:880-6.

[178] Brown DW, McElhinney DB, Araoz PA, Zahn EM, Vincent JA, Cheatham JP, et al. Reliability and accuracy of

- echocardiographic right heart evaluation in the U.S. Melody Valve Investigational Trial. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:383-92 e4.
- [179] Silversides CK, Veldtman GR, Crossin J, Merchant N, Webb GD, McCrindle BW, et al. Pressure half-time predicts hemodynamically significant pulmonary regurgitation in adult patients with repaired tetralogy of fallot. *J Am Soc Echocardiogr.* 2003;16:1057-62.
- [180] Dellas C, Kammerer L, Gravenhorst V, Lotz J, Paul T, Steinmetz M. Quantification of pulmonary regurgitation and prediction of pulmonary valve replacement by echocardiography in patients with congenital heart defects in comparison to cardiac magnetic resonance imaging. *Int J Cardiovasc Imaging.* 2018;34:607-13.
- [181] Li W, Davlouros PA, Kilner PJ, Pennell DJ, Gibson D, Henein MY, et al. Doppler-echocardiographic assessment of pulmonary regurgitation in adults with repaired tetralogy of Fallot: comparison with cardiovascular magnetic resonance imaging. *Am Heart J.* 2004;147:165-72.
- [182] Lancellotti P, Tribouilloy C, Hagendorff A, Popescu BA, Edvardsen T, Pierard LA, et al. Recommendations for the echocardiographic assessment of native valvular regurgitation: an executive summary from the European Association of Cardiovascular Imaging. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14:611-44.
- [183] McElhinney DB, Cheatham JP, Jones TK, Lock JE, Vincent JA, Zahn EM, et al. Stent fracture, valve dysfunction, and right ventricular outflow tract reintervention after transcatheter pulmonary valve implantation: patient-related and procedural risk factors in the US Melody Valve Trial. *Circ Cardiovasc Interv.* 2011;4:602-14.
- [184] Muller B, Ghawi H, Heitschmidt MG, Fogg L, Hibbeln J, Hijazi ZM, et al. Medium-term CT evaluation of stent geometry, integrity, and valve function of the Edwards SAPIEN transcatheter heart valve in the pulmonary position. *Catheter Cardiovasc Interv.* 2016;87:E97-103.
- [185] Ahmed S, Johnson PT, Fishman EK, Zimmerman SL. Role of multidetector CT in assessment of repaired tetralogy of Fallot. *Radiographics.* 2013;33:1023-36.
- [186] Yamasaki Y, Nagao M, Yamamura K, Yonezawa M, Matsuo Y, Kawanami S, et al. Quantitative assessment of right ventricular function and pulmonary regurgitation in surgically repaired tetralogy of Fallot using 256-slice CT: comparison with 3-Tesla MRI. *Eur Radiol.* 2014;24:3289-99.
- [187] Secchi F, Resta EC, Piazza L, Butera G, Di Leo G, Carminati M, et al. Cardiac magnetic resonance before and after percutaneous pulmonary valve implantation. *Radiol Med.* 2014;119:400-7.
- [188] Nath J, Foster E, Heidenreich PA. Impact of tricuspid regurgitation on long-term survival. *J Am Coll Cardiol.* 2004;43:405-9.
- [189] Lee JW, Song JM, Park JP, Lee JW, Kang DH, Song JK. Long-term prognosis of isolated significant tricuspid regurgitation. *Circ J.* 2010;74:375-80.
- [190] Ohno Y, Attizzani GF, Capodanno D, Cannata S, Dipasqua F, Imme S, et al. Association of tricuspid regurgitation with clinical and echocardiographic outcomes after percutaneous mitral valve repair with the MitraClip System: 30-day and 12-month follow-up from the GRASP Registry. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2014;15:1246-55.
- [191] Lindman BR, Maniar HS, Jaber WA, Lerakis S, Mack MJ, Suri RM, et al. Effect of tricuspid regurgitation and the right heart on survival after transcatheter aortic valve replacement: insights from the Placement of Aortic Transcatheter Valves II inoperable cohort. *Circ Cardiovasc Interv.* 2015;8.
- [192] Nickenig G, Kowalski M, Hausleiter J, Braun D, Schofer J, Yzeiraj E, et al. Transcatheter Treatment of Severe Tricuspid Regurgitation With the Edge-to-Edge MitraClip Technique. *Circulation.* 2017;135:1802-14.
- [193] Vismara R, Gelpi G, Prabhu S, Romitelli P, Troxler LG, Mangini A, et al. Transcatheter Edge-to-Edge Treatment of Functional Tricuspid Regurgitation in an Ex Vivo Pulsatile Heart Model. *J Am Coll Cardiol.* 2016;68:1024-33.
- [194] Shinn SH, Schaff HV. Evidence-based surgical management of acquired tricuspid valve disease. *Nat Rev Cardiol.* 2013;10:190-203.
- [195] Kay JH, Maselli-Campagna G, Tsuji KK. SURGICAL TREATMENT OF TRICUSPID INSUFFICIENCY. *Ann Surg.* 1965;162:53-8.
- [196] Hahn RT. State-of-the-Art Review of Echocardiographic Imaging in the Evaluation and Treatment of Functional Tricuspid Regurgitation. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2016;9.
- [197] Hahn RT, Zamorano JL. The need for a new tricuspid regurgitation grading scheme. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2017;18:1342-3.
- [198] Rivera JM, Vandervoort PM, Mele D, Siu S, Morris E, Weyman AE, et al. Quantification of tricuspid regurgitation by means of the proximal flow convergence method: a clinical study. *Am Heart J.* 1994;127:1354-62.
- [199] Sugeng L, Weinert L, Lang RM. Real-time 3-dimensional color Doppler flow of mitral and tricuspid regurgitation: feasibility and initial quantitative comparison with 2-dimensional methods. *J Am Soc Echocardiogr.* 2007;20:1050-7.
- [200] Song JM, Jang MK, Choi YS, Kim YJ, Min SY, Kim DH, et al. The vena contracta in functional tricuspid regurgitation: a real-time three-dimensional color Doppler echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:663-70.
- [201] Rodriguez L, Anconina J, Flachskampf FA, Weyman AE, Levine RA, Thomas JD. Impact of finite orifice size on proximal flow convergence. Implications for Doppler quantification of valvular regurgitation. *Circ Res.* 1992;70:923-30.
- [202] Hahn RT, Meduri CU, Davidson CJ, Lim S, Nazif TM, Ricciardi MJ, et al. Early Feasibility Study of a Transcatheter Tricuspid Valve Annuloplasty: SCOUT Trial 30-Day Results. *J Am Coll Cardiol.* 2017;69:1795-806.
- [203] Reddy ST, Shah M, Doyle M, Thompson DV, Williams RB, Yamrozik J, et al. Evaluation of cardiac valvular regurgitant lesions by cardiac MRI sequences: comparison of a four-valve semi-quantitative versus quantitative approach. *J Heart Valve Dis.* 2013;22:491-9.
- [204] Medvedofsky D, Leon Jimenez J, Addetia K, Singh A, Lang RM, Mor-Avi V, et al. Multi-parametric quantification of tricuspid regurgitation using cardiovascular magnetic resonance: A comparison to echocardiography. *Eur J Radiol.* 2017;86:213-20.