

Revisión

Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria posreparación mitral

Laura Vidal-Bonet^{a,d,*}, Pere Pericas^{b,d} y Alain Berrebi^c^a Servicio de Cirugía Cardíaca, Hospital Universitari Son Espases, Palma de Mallorca, Islas Baleares, España^b Servicio de Cardiología, Hospital Universitari Son Espases, Palma de Mallorca, Islas Baleares, España^c Service de Chirurgie Cardio-Vasculaire, Hôpital Européen Georges Pompidou and Institut Mutualiste Montsouris, París, Francia^d Grupo de Investigación de Fisiopatología y Terapéutica Cardiovascular, Institut d'Investigació Sanitària Illes Balears (IdISBa), Palma de Mallorca, Islas Baleares, España

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Historia del artículo:

On-line el 17 de junio de 2022

Palabras clave:

Reparación mitral

Ecocardiografía transesofágica

Ecocardiografía intraoperatoria

RESUMEN

La ecocardiografía transesofágica intraoperatoria se ha convertido en un aliado indispensable para el cirujano cardíaco, especialmente en la cirugía de reparación mitral. La evaluación de la insuficiencia mitral residual debe realizarse en todos los casos de reparación mitral, una vez optimizadas las condiciones de presión y contractilidad ventricular tras la salida de circulación extracorpórea, y debe valorar la presencia y severidad de la insuficiencia mitral residual, el mecanismo y la localización de la misma y las posibles complicaciones asociadas. Este artículo trata de revisar las peculiaridades de esta técnica, los puntos claves de la valoración del resultado quirúrgico, así como su importancia en la toma de decisiones.

© 2022 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Intraoperative transesophageal echocardiography post mitral repair

ABSTRACT

Intraoperative transesophageal echocardiography has become an indispensable ally for the cardiac surgeon, especially in mitral repair surgery. The evaluation of residual mitral regurgitation should be carried out in all cases of mitral repair, once the conditions of pressure and ventricular contractility have been optimized after the cardiopulmonary bypass, and should assess the presence and severity of residual mitral regurgitation, the mechanism and its location and possible associated complications. This article tries to review the peculiarities of this technique, the key points in the assessment of the surgical result, as well as its importance in decision-making.

© 2022 Sociedad Española de Cirugía Cardiovascular y Endovascular. Published by Elsevier España, S.L.U. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

Keywords:

Mitral repair

Intraoperative transesophageal

Intraoperative echocardiography

Introducción

La ecocardiografía transesofágica intraoperatoria (ETEI) se ha convertido en un aliado indispensable para el cirujano cardíaco, especialmente en la cirugía de reparación mitral (RPM). Debe realizarse siguiendo siempre una sistemática y llevarse a cabo en todos los casos pre y postintervención¹. El objetivo de la RPM es reestablecer una correcta superficie de coaptación y estabilizar el anillo mitral para prevenir y/o corregir su dilatación, manteniendo un correcto movimiento de los velos². La ETEI a la salida de la circulación extracorpórea (CEC) permitirá, además de valorar la competencia de la RPM, detectar las posibles complicaciones derivadas de la cirugía de la CEC.

Debe tenerse en cuenta que la evaluación de la insuficiencia mitral (IM) residual tras la RPM, debe realizarse una vez optimizadas las condiciones de presión y de contractilidad ventricular tras la salida de la CEC, con el fin de retornar a unas condiciones hemo-

dinámicas lo más fisiológicas posibles y poder objetivar de forma adecuada el resultado de la intervención.

La persona responsable de la evaluación del ETEI debe ser aquella que esté entrenada en el manejo de la ecocardiografía transesofágica 2D y 3D, que esté familiarizada con la patología mitral, con las técnicas quirúrgicas utilizadas³, con las peculiaridades hemodinámicas de la salida de la CEC y que pueda estar disponible siempre que sea necesario¹. Es muy recomendable que siempre sea la misma persona/equipo de cara a establecer una fuerte cohesión y confianza mutua entre cirujano y ecocardiografista.

Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria a la salida de la circulación extracorpórea: aspectos generales

La salida de la CEC tiene unas particularidades que condicionan la evaluación ecocardiográfica, y es primordial intentar conseguir unas condiciones lo más fisiológicas posibles antes de proceder al ETEI y establecer un veredicto sobre un resultado quirúrgico. Antes de iniciar el estudio debemos conocer las constantes del paciente y la medicación que precisa. Después pasaremos a valorar:

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: laura.vidal@ssib.es (L. Vidal-Bonet).

Desaireación

Tras la sutura de las cavidades cardíacas, es importante asegurar la eliminación completa del aire de las cavidades para evitar embolismos aéreos⁴. El ETEI permite observar la persistencia de burbujas que deben eliminarse previo al desclampado de la aorta.

Condiciones hemodinámicas

A la salida de la CEC es común la hipovolemia y/o vasooplejía que deben corregirse antes de evaluar el resultado de la RPM. Idealmente debemos tener cifras de tensión arterial sistólica > 120 mmHg y frecuencia cardíaca < 100 lpm para poder valorar correctamente la presencia IM residual⁴.

Contractilidad del ventrículo izquierdo

La recuperación de la contractilidad cardíaca tras la retirada de la cardioplejía precisa de un tiempo de adaptación. Además, la corrección de la IM incrementa la poscarga del ventrículo izquierdo (VI) por lo que puede aparecer disfunción VI *de novo*, que suele ser global y ligera. Si la disfunción VI es más llamativa o segmentaria, hay que valorar otras causas: 1) si aparece una alteración de la contracción segmentaria lateral, hay que pensar en el compromiso de la arteria coronaria circunfleja que puede ocurrir tras la anuloplastia por la proximidad de dicha arteria a la comisura anterolateral; 2) si la afectación de la contracción segmentaria es inferior y/o del ventrículo derecho (VD), hay que sospechar un posible embolismo aéreo en la arteria coronaria derecha⁵ y, finalmente, 3) si aparece una afectación de la contracción global de mayor severidad debemos pensar en una inadecuada protección miocárdica durante la CEC.

Ritmo cardíaco

Es fundamental considerar el ritmo cardíaco a la hora de realizar una valoración ecocardiográfica, debiendo ser conocedores de que las alteraciones del ritmo son frecuentes en este contexto clínico.

La presencia de fibrilación auricular es muy prevalente en los pacientes con valvulopatías, especialmente en los casos de IM significativa. Su irregularidad que obliga a mediciones promediadas y frecuentemente una respuesta ventricular rápida, pueden dificultar la evaluación precisa de la IM residual y la función ventricular.

La necesidad de estimulación por marcapasos temporal a la salida de CEC, determina una dinámica de despolarización ventricular particular, con la presencia de unas alteraciones de la contracción segmentaria consecuencia de una asincronía intraventricular por lo que, siempre que sea posible, deberíamos realizar el estudio en ritmo propio.

La aparición de un bloqueo aurículo-ventricular completo provoca una ausencia de sincronía aurículo-ventricular, afectando negativamente al llenado ventricular y al gasto cardíaco. No es infrecuente la presencia de una IM diastólica⁶, que no debe confundirse con una IM residual tras la reparación.

Movimiento sistólico anterior de la válvula mitral

Se caracteriza por el desplazamiento anterior de uno o ambos velos mitrales, produciendo obstrucción de características dinámicas en el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI)⁷. Se trata de un proceso dinámico que se agrava al reducirse el tamaño de la cámara ventricular (deplección de volumen, uso de vasodiladores, estados hiperdinámicos, ...) o al aumentar la contractilidad (uso de inotrópicos), y que puede estar favorecido anatómicamente por la presencia de velos mitrales de gran tamaño (enfermedad de Barlow), la apicalización del punto de coaptación o un TSVI de

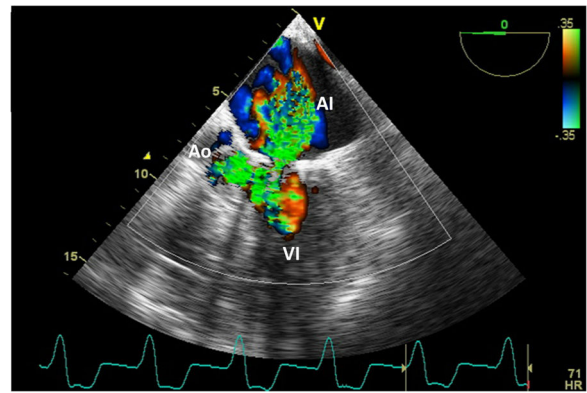


Figura 1. Insuficiencia mitral severa en spray junto con flujo turbulento a nivel del tracto de salida del ventrículo izquierdo por movimiento sistólico mitral. AI: aurícula izquierda; Ao: aorta; VI: ventrículo izquierdo.

pequeño tamaño con un espesor parietal aumentado. Puede provocar hipotensión arterial intensa y dificultades para la salida de bomba. La ETEI permite su diagnóstico observándose la presencia de un flujo turbulento en el TSVI por Doppler color que se visualiza en plano del eje largo a 120° medioesofágico, con un característico desplazamiento de los velos mitrales hacia el TSVI y, habitualmente, la presencia de una regurgitación mitral en *spray* de gran intensidad (fig. 1). La adquisición de las velocidades del flujo en el TSVI mediante Doppler pulsado, permiten estimar el gradiente de presión en el tracto de salida. El movimiento sistólico anterior (SAM) es la causa más frecuente de IM residual posreparación inmediata, y generalmente se resuelve mediante tratamiento médico con el aporte de volumen, la reducción de inotrópicos y el uso de bradycardizantes. Solo en un mínimo porcentaje de casos se precisa de la reentrada en CEC para realizar una anuloplastia con anillo de mayor tamaño (con el fin de acercar el punto de coaptación al plano anular y alejarlo del TSVI), miectomía o sustitución mitral.

Complicaciones derivadas del procedimiento

Durante el ETEI debe valorarse la presencia de derrame pleural. También debemos descartar lesiones de la pared aórtica relacionadas con la canulación⁴, que deberán corregirse en el mismo acto quirúrgico. Se debe revisar la aparición o empeoramiento de una insuficiencia aórtica ya que puede haberse dañado algún velo aórtico con la sutura.

Si la RPM se realiza mediante cirugía mínimamente invasiva, de forma añadida debemos valorar la presencia de lesiones en el septo interauricular y orejuela izquierda en relación al emplazamiento de las cánulas venosa de inserción periférica, además de lesiones en aorta ascendente consecuencia del clampaje intraaórtico que precisa este tipo de intervención. El ETEI permite comprobar la posición de las cánulas durante su inserción y retirada⁴.

En los casos de RPM realizada por vía apical sin CEC, es importante comprobar la ausencia de derrame pericárdico al final del procedimiento, signo indirecto de la estanqueidad de la sutura ventricular.

Ecocardiografía transesofágica intraoperatoria tras reparación mitral: evaluación del resultado

La sistemática en la evaluación intraoperatoria de la IM residual posreparación es similar a la valoración de la regurgitación mitral nativa y, por tanto, se debe valorar la presencia y severidad de la regurgitación mitral, el mecanismo según clasificación de Carpentier² y la localización de la lesión. Debemos recordar que en la unidad funcional mitral intervienen los velos, las cuerdas, el anillo

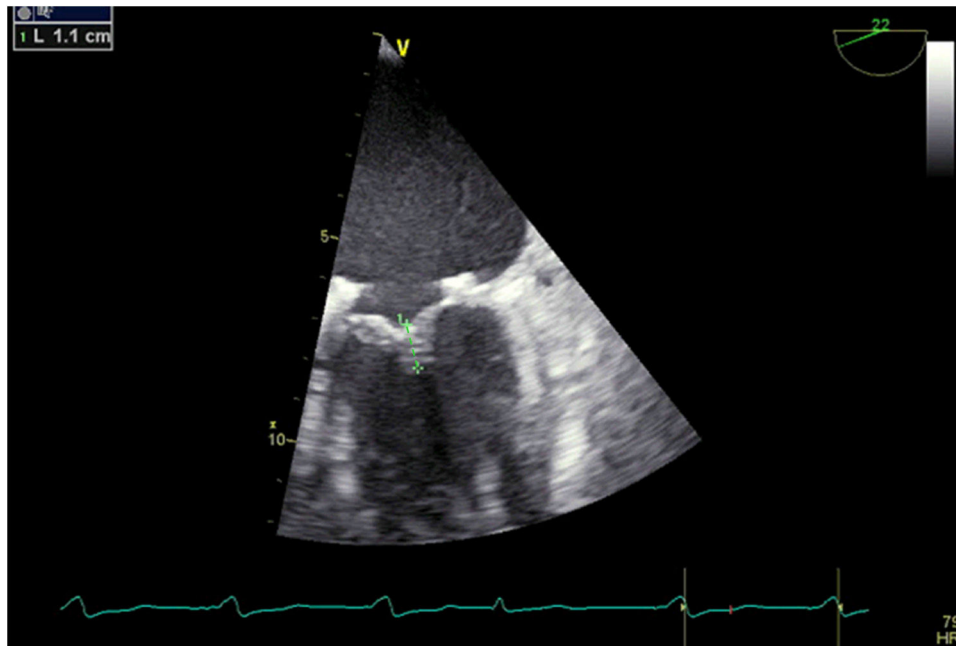


Figura 2. Medición de la superficie de coaptación tras reparación mitral.

mitral y la geometría y función ventricular izquierda³ y, por tanto, todos los componentes deben ser minuciosamente valorados.

Los planos habitualmente utilizados son los mismos que en el estudio de cualquier IM: planos medioesofágicos a 0°, bicomisural a 60°, 2 cámaras a 90° y eje largo a 120°; y planos transgástricos a 0 y 90°, todo ello con la antero y retroversión necesaria para valorar todos los segmentos de la válvula³. El uso de la tecnología 3D nos ayudará a precisar la localización, comprender mejor el mecanismo y cuantificar de forma más precisa la IM residual.

Morfología

Una válvula visualmente armoniosa tras la reparación suele ser normofuncionante. La valoración morfológica permite detectar prolapso de velos o restricciones al cierre (*tethering*). También se evalúa la morfología de las cuerdas, los músculos papilares y la cavidad ventricular izquierda.

Coaptación

Si el objetivo de la reparación es reestablecer la superficie de coaptación, esta debe valorarse objetivamente tras la cirugía (plano medioesofágico eje largo a 120° o mejor en plano transgástrico simulando un apical de 4 cámaras para evitar la sombra del anillo quirúrgico, en telesístole). Se considera que una longitud > 8 mm se asocia a mayor durabilidad de la reparación⁵ (fig. 2). También se debe revisar que el punto de coaptación se localice a nivel del plano del anillo mitral, pudiéndose detectar de lo contrario prolapso o *tethering* residual.

Movimiento de los velos

Los velos deben mantener una buena movilidad a pesar de la manipulación que hayan recibido. Se observa en los planos medioesofágicos.

Anuloplastia

Hay que valorar la correcta disposición del anillo. La ecocardiografía transesofágica 3D es especialmente útil para su análisis⁸. La mejor visualización se obtiene mediante vista en *face* o visión del cirujano desde la aurícula, orientando la aorta a las 12 h y capturando toda la circunferencia anular (fig. 3). La presencia de flujos de IM residual externos al anillo (*jets* paraanulares) tienden a progresar y/o determinar fenómenos de hemólisis, lo que condiciona un pronóstico desfavorable, por lo que se suele ser motivo de corrección, reentrando en CEC. La zona más habitual de dehiscencia es la porción posterior y lateral del anillo⁸ (entre las 6 y las 9 h) (fig. 4).

Estenosis mitral residual

La estenosis mitral residual es poco habitual, pero ocurre más frecuentemente cuando la etiología de la valvulopatía es reumática, cuando el anillo implantado es pequeño o cuando se realiza una amplia plicatura. Debe valorarse los gradientes transmitral con Doppler continuo, aunque estos sean dependientes de la situación hemodinámica y puedan sobreestimar la estenosis. De forma ideal, el gradiente medio esperado no debe ser superior a 2-3 mmHg, considerándose aceptable hasta 5 mmHg⁴. Un gradiente medio mayor de 7 mmHg y/o gradiente pico mayor de 17 mmHg se han identificado como factores predictores de necesidad de nueva cirugía mitral^{9,10}. Si hay sospecha de estenosis mitral significativa, el método más objetivo es la medición del área mitral por planimetría desde el plano transgástrico o mediante la ecocardiografía 3D⁸. Áreas inferiores a 1,8 cm² se consideran inadecuadas³. En este contexto clínico no se recomienda la estimación de área mitral por tiempo de hemipresión, ya que suele infraestimar el área real¹⁰.

Insuficiencia mitral residual

Como ya se ha comentado, la sistemática de la evaluación de la IM residual es similar al estudio de la IM nativa, por lo que debe valorarse:

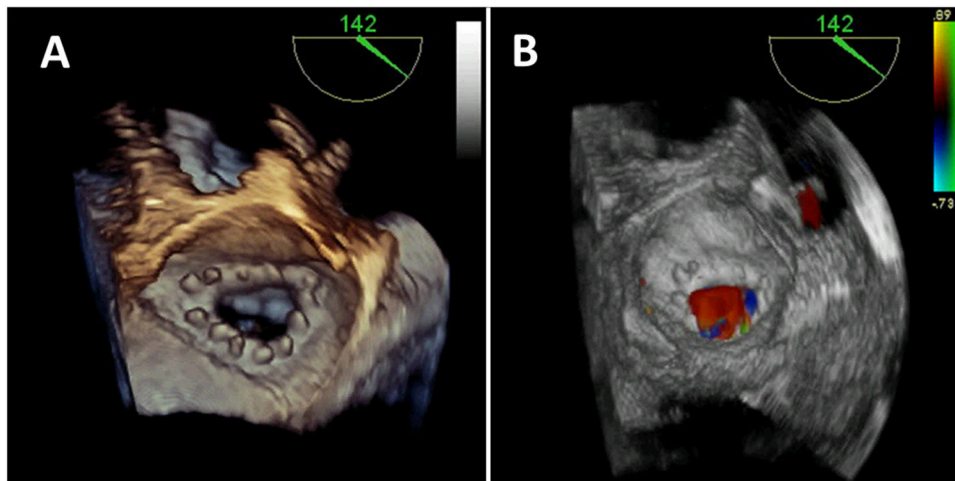


Figura 3. A) Ecocardiografía transesofágica 3D con visión en *face* de la válvula mitral reparada con anuloplastia. B) Ecocardiografía transesofágica 3D color donde se observa el flujo intraanular normal.

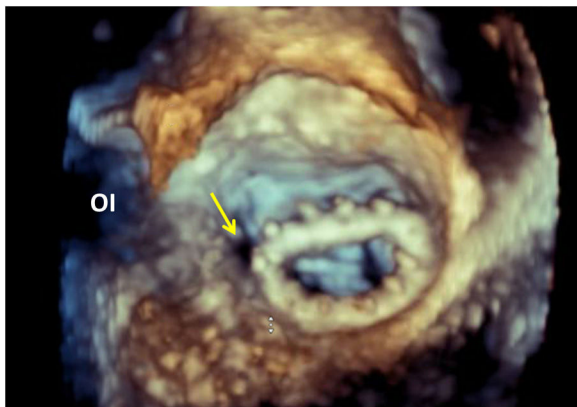


Figura 4. Ecocardiografía transesofágica 3D. Visión en *face* de válvula mitral reparada con anillo en el que se observa presencia de una fuga perianular en su porción anterolateral (flecha). OI: orejuela izquierda.

Severidad

Aunque se disponga de un amplio abanico de métodos para la valoración de la severidad de la IM, no hay ninguno que por sí solo sea definitivo, por lo que se precisa realizar una aproximación integral combinando parámetros cualitativos, semicuantitativos y

cuantitativos. En el postoperatorio inmediato prima el pragmatismo para obtener una aproximación rápida y certera, por lo que se deben evitar métodos laboriosos y difíciles de obtener. Nos basamos en variables sencillas como el área de color del *jet* de IM respecto a la aurícula izquierda o la intensidad y morfología del *jet* por Doppler continuo. Otro método sencillo es la medición de la vena contracta por Doppler color⁵ (< 3 mm IM ligera) y el análisis de los flujos de las venas pulmonares por Doppler pulsado (positivización o aumento de la onda sistólica respecto al estudio preoperatorio donde, por la presencia de una IM severa, habitualmente estará interferida o invertida)⁴ (fig. 5). El avance en la ecocardiografía tridimensional permite el cálculo directo del área de la vena contracta por Doppler color 3D¹¹, equivalente del orificio regurgitante efectivo (ORE) y en breve será de uso habitual. Si existen dudas sobre la severidad de la IM, puede realizarse una prueba de provocación aumentando la tensión arterial farmacológicamente o con sobrecarga de volumen.

Mecanismo

Si tras RPM aparece IM residual mayor que ligera hay que identificar el mecanismo que la produce. Seguimos la clasificación de Carpentier², basada en la movilidad de los velos (fig. 6):

- Tipo I con movimiento normal de velos. Si hay una IM residual con movimiento normal de los velos, puede ser bien por un problema

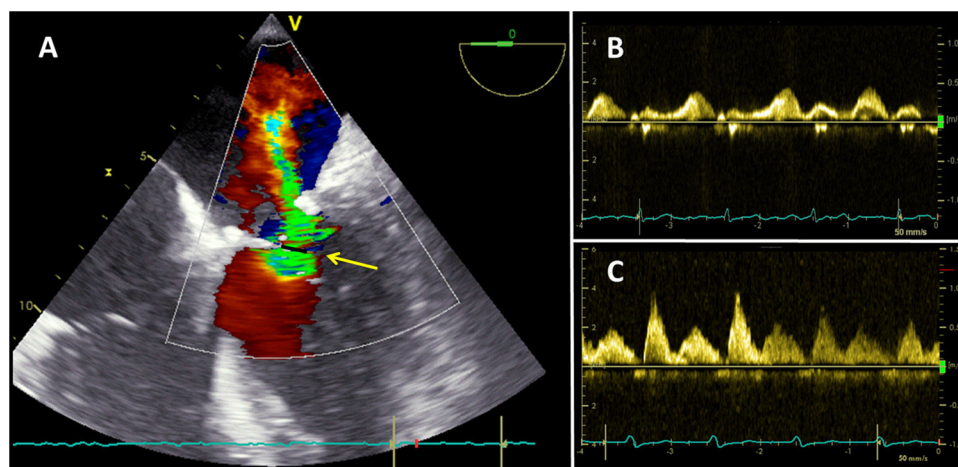


Figura 5. A) Medición de vena contracta (flecha). B) Flujo de venas pulmonares precirugía con predominio de onda diastólica. C) Normalización del flujo de venas pulmonares tras reparación mitral.

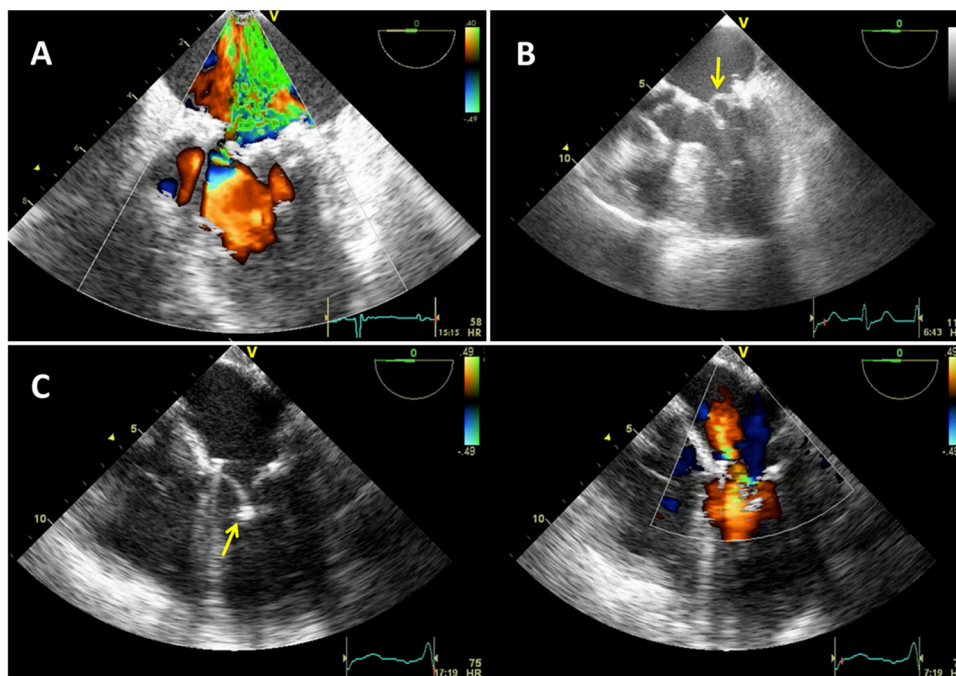


Figura 6. Mecanismos insuficiencia mitral residual tras reparación. A) Tipo I, movimiento normal de velos. IM por perforación, posiblemente por excesiva tracción de velo. B) Tipo II. Movimiento excesivo de velo. Reparación de prolapso en P2 tras corrección del mismo por suelta de los nudos de neo cuerda. C) Tipo III, restricción de movimiento de velo anterior tras neo cuerdas insertadas para corregir prolapso.

del anillo o bien por una lesión focal del velo que permita conservar la movilidad normal.

- Dentro del primer grupo se encuentra: 1) la IM perianular, donde se observará un *jet* de IM por fuera del anillo, fácilmente visible mediante ecocardiografía 3D desde la visión en *face* o visión del cirujano y cuya única solución es reentrar en CEC para su corrección; 2) la IM por dilatación anular ya sea por no haber realizado anuloplastia o por realizarla con un anillo demasiado grande o incorrectamente posicionado (rotado), se identificará por un *jet* central por falta de coaptación de los velos, y su corrección pasa nuevamente por reentrar en CEC y realizar anuloplastia correctora si no se había realizado (y fuera posible) o cambiar el anillo por una talla menor tamaño.
- Dentro del segundo grupo tenemos: 1) la IM por perforación de velo, habitualmente secundario a exceso de tracción durante la cirugía, donde observamos una solución de continuidad en el velo con un *jet* a su través y cuya corrección pasa por reentrar en CEC y corregir la perforación; 2) la IM por hendidura no visualizada previamente o de mayor significación tras reparación con un *jet* entre distintos segmentos contiguos, mejor visualizado con ecocardiografía 3D y que también precisa de reentrada en CEC para su cierre.
- Tipo II con movimiento excesivo de velos. En este caso identificaremos un prolapso/*flail* con un *jet* excéntrico. Es fundamental valorar si la localización del prolapso y la dirección del *jet* es similar a la del estudio preoperatorio o ha variado.
- Si fuera similar, suele ser consecuencia de la persistencia de un prolapso residual por corrección insuficiente o bien por dehiscencia de sutura de alguna de las neo cuerdas implantadas, por tanto, la solución es la reentrada en CEC y proceder a una nueva reparación.
- Si detectamos un prolapso de nueva localización y dirección debemos pensar en la rotura de una cuerda mitral adyacente (típico en la degeneración fibroelástica por la fragilidad de los tejidos) o bien un prolapso que pasó inadvertido preoperatoriamente (en casos de afectación de múltiples festones, propio de

la enfermedad de Barlow). En ambos casos la solución pasa por reentrar en CEC y corregir el prolapso.

- Tipo III con movimiento restrictivo de velos. En este caso el *jet* puede ser central si existe una afectación simétrica de ambos velos, o excéntrico si afectación es asimétrica.
- En el caso de un *jet* central, la IM será por: 1) *tethering* residual, con *jet* y velos similares al preoperatorio, debiendo valorar si la reentrada en CEC es para anuloplastia de menor tamaño o recambio valvular; o 2) IM por nueva dilatación/difunción ventricular izquierda habitualmente mejorable tras corregir la causa (ver apartado anterior).
- La presencia de un *jet* excéntrico está relacionado con sobre-corrección de un prolapso previo, observándose un movimiento restringido del velo sobre corregido con un *jet* en el sentido contrario al del preoperatorio, precisando reentrada en CEC e implante de neo cuerdas de mayor longitud.
- La IM secundaria a SAM, si bien suele producir *jet* excéntricos, en algunos casos de afectación de ambos velos puede presentarse como un *jet* central.

Localización

Debe detectarse el punto exacto del origen de la IM residual guiándonos por la zona donde se visualiza el área de isovelocidad proximal (PISA) y localizarla siguiendo la nomenclatura habitual de los festones de las valvas mitrales. Para ello se utilizan las imágenes de Doppler color en 2D y en 3D.

Hay que recordar que la causa más frecuentemente de IM residual es el SAM, seguido de lejos por la dehiscencia de sutura, presencia de calcificación valvular e inadecuada técnica quirúrgica. La IM residual suele aparecer en el 10-12% de las RPM tras la primera salida de CEC y en un 4-7% tras una segunda salida de CEC.

Valorar lesiones o reparaciones asociadas

Es habitual la necesidad de tener que realizar cirugías combinadas de otras valvulopatías junto a la RPM. Especial mención se

merece la cirugía valvular tricúspide cuyo resultado, como no podía ser de otra manera, debe ser también valorado por la ETEI.

Reentrada en circulación extracorpórea

La ecocardiografía juega un papel fundamental en la decisión de reentrada en CEC, debiendo ofrecer argumentos objetivos del resultado de la reparación. Se debe plantear ante un resultado subóptimo: cuando la IM residual sea mayor que ligera y/o presente un *jet* de trayectoria excéntrica, ya que incrementa la posibilidad de una IM residual significativa a medio y largo plazo y la necesidad de reintervención futura¹². Un gradiente transmitral elevado no hemodinámico es otra causa de revisión de la reparación realizada. Para intentar rehacer una reparación mitral debemos tener claro el mecanismo y la localización de la IM residual, ya que, si no es así, la reentrada en CEC posiblemente servirá únicamente para terminar con la implantación de una prótesis³. En todos los casos se deberá valorar de forma individualizada, los riesgos asociados a un tiempo de isquemia y CEC más prolongados⁵.

Conclusión

La ETEI se ha convertido en un aliado indispensable para el cirujano cardíaco, especialmente en la RPM y debe realizarse siempre, tanto al inicio como al final de la intervención. Permite valorar la competencia de la RPM y detectar las posibles complicaciones derivadas de la cirugía o de la CEC. La valoración del resultado de la RPM no siempre es fácil, pero es esencial para determinar el pronóstico a medio-largo plazo.

Consideraciones éticas

En este trabajo no intervienen pacientes.

Conflicto de intereses

Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses.

Bibliografía

- Berrebi A. Mitral valve repair: echocardiography is its best friend. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:554–5.
- Carpentier A. La valvuloplastie reconstitutive – une nouvelle technique de valvuloplastie mitrale. *Presse Med.* 1969;77:251–3.
- Nicoara A, Skubas N, Ad N, Finley A, Hahn RT, Mahmood F, et al. Guidelines for the Use of Transesophageal Echocardiography to Assist with Surgical Decision-Making in the Operating Room: A Surgery-Based Approach: From the American Society of Echocardiography in Collaboration with the Society of Cardiovascular Anesthesiologists and the Society of Thoracic Surgeons. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020;33:692–734.
- Thaden J, Malouf JF, Rehfeldt KH, Ashikhmina E, Bagameri G, Enriquez-Sarano M, et al. Adult intraoperative echocardiography: A comprehensive review of current practice. *J Am Soc Echocardiogr.* 2020;33:735–55.
- Sidebotham DA, Allen SJ, Gerber IL, Fayers T. Intraoperative transesophageal echocardiography for surgical repair of mitral regurgitation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:345–66.
- Bottiger BA, Aghajani K, Swaminathan M, Nicoara A. Intraoperative assessment and significance of diastolic mitral regurgitation by transesophageal echocardiography. *A A Pract.* 2020;14:e01290.
- Alfieri O, Lapenna E. Systolic anterior motion after mitral valve repair: Where do we stand in 2015? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2015;48:344–6.
- Kronzon I, Sugeng L, Perk G, Hirsh D, Weinert L, Garcia Fernandez MA, et al. Real-Time 3 dimensional transesophageal echocardiography in the evaluation of post-operative mitral annuloplasty ring and prosthetic valve dehiscence. *J Am Coll Cardiol.* 2009;53:1543–7.
- Riegel AK, Busch R, Segal S, Fox JA, Eltzhig HK, Sherman SK. Evaluation of trans-mitral pressure gradients in the intraoperative echocardiographic diagnosis of mitral stenosis after mitral valve repair. *PLoS One.* 2011;6:e26559.
- Poh KK, Hong EC, Yang H, Lim YT, Yeo TC. Transesophageal echocardiography during mitral valve repair underestimates mitral valve area by pressure half-time calculation. *Int J Cardiol.* 2006;108:177–80.
- Goebel B, Heck R, Hamadanchi A, Otto S, Doenst T, Jung C, et al. Vena contracta area for severity grading in functional and degenerative mitral regurgitation: A transesophageal 3D colour Doppler analysis in 500 patients. *Eur Heart J Cardio-vasc Imaging.* 2018;19:639–46.
- Mohty D, Orszulak TA, Schaff HV, Avierinos JF, Tajik JA, Enriquez-Sarano M. Very long-term survival and durability of mitral valve repair for mitral prolapse. *Circulation.* 2001;104 Suppl 1:I1–7.