

8. Valvulopatía mitral

Autores: Jorge Solís¹, Miguel Llano², Javier Castillo⁵, David H. Adams⁵, Marta Sitges³, Judy Hung⁴. ¹Unidad de Imagen. Servicio de Cardiología. Hospital Universitario Gregorio Marañón. Madrid. ²Hospital Universitario Marqués de Valdecilla. Santander. ³Hospital Clínic. Barcelona. ⁴Massachusetts General Hospital. Boston. EE.UU. ⁵Departamento de Cirugía Cardiotorácica. The Mount Sinai Hospital. New York. EE.UU.

1. Anatomía funcional de la válvula mitral

Conviene recordar que la válvula mitral (VM) es una estructura integrada en el ventrículo izquierdo (VI) y que no está compuesta únicamente por las valvas. Así, la VM estaría formada por los siguientes componentes: anillo, velos, cuerdas tendinosas, músculos papilares (MPs) y porción del VI donde nacen éstos últimos. Es importante hacer algunas consideraciones sobre la anatomía de la VM para una mejor comprensión desde un punto de vista ecocardiográfico (figura 1).

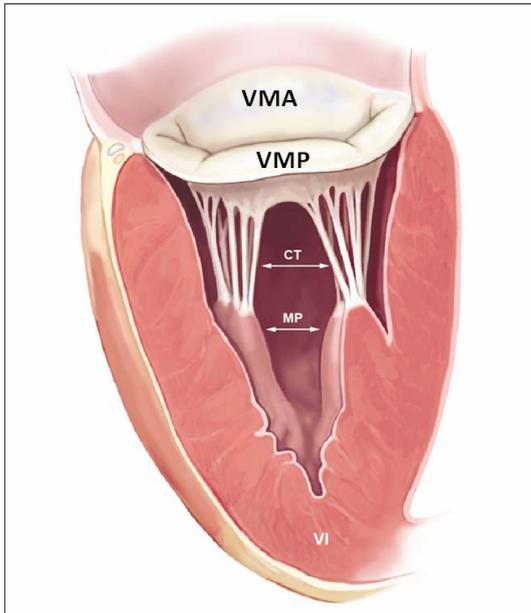


Figura 1. Esquema en el que podemos ver como la válvula mitral está formada por el anillo mitral, las valvas (VMA: valva mitral anterior; VMP: valva mitral posterior); CT: cuerdas tendinosas; MP: músculos papilares; VI: ventrículo izquierdo.

- **Anillo mitral:** forma la unión entre la aurícula izquierda (AI) y el VI y es donde se anclan los velos¹. No es una estructura aplanada, sino que tiene forma en silla de montar. Los puntos más elevados, es decir, los más alejados del ápex cardíaco, corresponden a las regiones anterolateral y posterolateral. El anillo es una estructura que se contrae durante el ciclo cardíaco, por lo que su área también varía siendo más pequeña en mesosístole y mayor en telediástole (es en este momento y en el plano apical cuatro cámaras donde se debe medir el anillo por ecocardiografía transtorácica).

- **Velos mitrales:** hay dos, el anterior y el posterior. Los velos están separados entre sí por dos comisuras, la anterolateral y la posteromedial. El velo posterior es estrecho pero con una amplia base de implantación en el anillo (ocupa dos tercios del mismo) y su borde libre es ondulado, distinguiéndose tres festones. Por el contrario, el velo anterior es más largo (28 mm en comparación con el posterior que mide 14 mm aproximadamente) y presenta un borde libre liso. Ambos velos tienen áreas prácticamente idénticas.
- **Cuerdas tendinosas:** unen los músculos MPs a los velos. Se distinguen varios tipos dependiendo de su punto de origen y de inserción; las cuerdas de primer orden o marginales se insertan en el borde libre de los velos; las cuerdas de segundo orden o basales se insertan en la parte media de la superficie ventricular de los velos. De entre ellas, hay una particularmente gruesa que se denomina cuerda soporte que se inserta en la cara ventricular del velo anterior, cerca del anillo. Las cuerdas de tercer orden suelen estar presentes en el velo posterior, nacen de la pared ventricular y se unen a la porción basal del velo.
- **Músculos papilares:** dos MPs nacen del VI en la unión entre su tercio medio y el tercio apical, el anterolateral nace en la pared del VI correspondiente y el posteromedial se origina en la unión de la pared posterior con la porción muscular del tabique interventricular. Los MPs conectan los velos con la pared ventricular a través de las cuerdas tendinosas. Su morfología es muy variable, así como su vascularización. El MP anterior está normalmente irrigado por dos arterias, una obtusa marginal de la circunfleja y un ramo de la descendente anterior. Una sola arteria, habitualmente procedente de la coronaria derecha o de una rama marginal de la circunfleja (independientemente de la dominancia) perfunde el MP posterior.
- **Pared ventricular:** es la porción del VI donde asienta la base de los MPs cuya contractilidad y estructura pueden verse alterada por eventos coronarios y remodelado VI secundario a multitud de procesos.

Teniendo en cuenta la complejidad anatómica de la VM existen diferentes clasificaciones que se pueden utilizar en ecocardiografía para su análisis detallado. La nomenclatura más ampliamente utilizada de la VM es la de Carpentier, que se basa en la morfología y localización de las valvas mitrales (tal y como hemos visto en el Capítulo 5). Existen otras clasificaciones, como la de Durán, que es una clasificación más funcional al tener en cuenta, no sólo las valvas, sino también el aparato subvalvular.

El normal funcionamiento de la válvula depende de la coordinación de todos y cada uno de sus componentes. La alteración morfológica o funcional de cualquiera de ellos puede producir disfunción de la VM, en forma de estenosis o insuficiencia.

2. Estenosis mitral

La estenosis mitral (EM) consiste en una reducción del área valvular mitral, que condiciona una dificultad al paso de sangre desde AI a VI. El área de la VM normal es de 4-6 cm².

Etiología y caracterización

La cardiopatía reumática sigue siendo hoy en día la causa más frecuente de EM² y afecta preferentemente a la VM. Sin embargo, hay otras entidades que producen obstrucción al llenado ventricular izquierdo con las que hay que hacer diagnóstico diferencial (tabla 1). La ecocardiografía permite diferenciar y caracterizar cada una de las entidades mencionadas en la tabla.

- **Estenosis mitral reumática:** la ecocardiografía bidimensional, fundamentalmente en los planos paraesternales, es la técnica más utilizada para el estudio anatómico de la VM en la EM. Hallazgos en ecocardiografía Modo M, como la disminución de la pendiente diastólica "E-F" del velo anterior registrado en el eje paraesternal largo, y ecocardiografía tridimensional en tiempo real (Eco 3DTR) complementan su información. La afectación reumática se caracteriza por fusión de las comisuras, engrosamiento inicialmente del borde de los velos y grados variables de calcificación que a la larga

Estenosis mitral adquirida no reumática

- Calcificación masiva del anillo mitral
- Postquirúrgica: anillo mitral restrictivo, prótesis disfuncionante
- Uso de derivados de la ergotamina o metisergida
- Endocarditis infecciosa con vegetaciones obstructivas
- Lupus eritematoso sistémico
- Síndrome del anticuerpo antifosfolípido
- Síndrome carcinoide
- Artritis reumatoide
- Enfermedad de Whipple
- Pseudoxantoma elástico
- Mixoma auricular izquierdo u otros tumores

Etiología congénita

- *Cor triaticum*
- Otras: válvula mitral en paracaídas

Tabla 1. Etiologías de la estenosis mitral.

reducen el tamaño del orificio valvular (figura 2). Con el tiempo, se pueden afectar también el aparato subvalvular, incluidas las cuerdas tendinosas y la cabeza de los MPs (para visualizarlos conviene angular ligeramente el transductor desde el eje paraesternal largo). Además, podremos comprobar la repercusión de la EM sobre el resto de estructuras cardíacas, como la dilatación de la AI.

- El velo anterior suele tener una apariencia en “palo de hockey” y movimiento diastólico en “cúpula” (del inglés *doming*) visto desde el eje paraesternal largo. Este movimiento se debe al desplazamiento hacia el ápex de la base y porción media de los velos, mientras que la punta de los mismos tiene movimiento restringido por fusión de las comisuras.
- El velo posterior normalmente inmóvil, o anclado (una apariencia similar se puede encontrar en la hipereosinofilia o con el uso de derivados de cornezuelo de centeno).

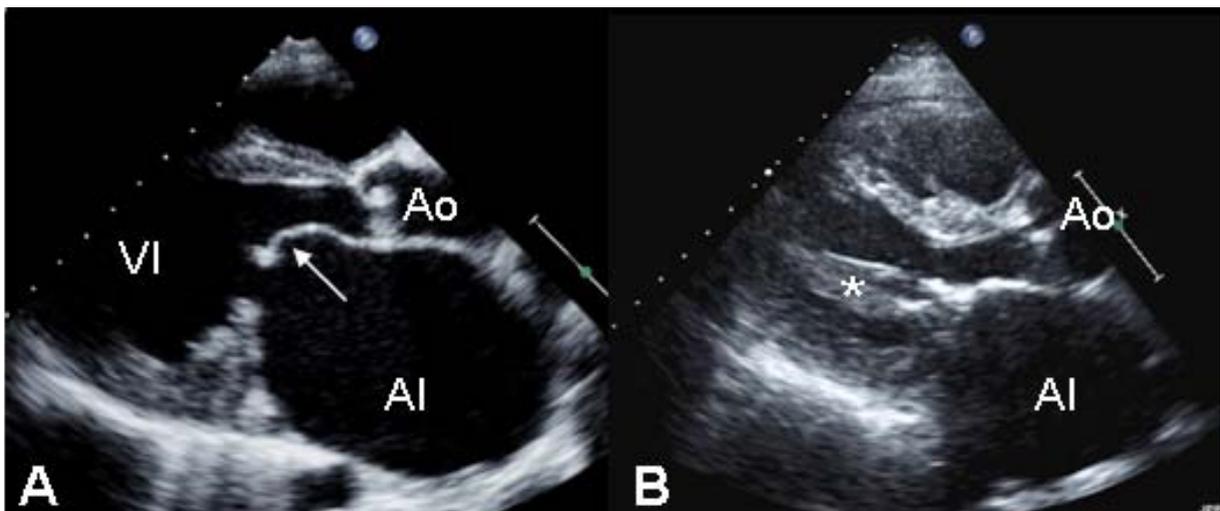


Figura 2. Ecocardiograma bidimensional desde el eje largo del plano paraesternal en la estenosis mitral. **A.** Puede observarse el movimiento en cúpula del velo anterior (flecha), engrosamiento del velo posterior, que está inmóvil y dilatación de la aurícula izquierda. También se aprecia afectación de los velos aórticos que están engrosados. **B.** Otro paciente en el que, angulando ligeramente el transductor, se aprecia el aparato subvalvular (*) y el grado de calcificación, es mayor que en la figura A. AI: aurícula izquierda; VI: ventrículo izquierdo; Ao: aorta.

- El orificio valvular mitral presenta una morfología elíptica o en “boca de pez” visto desde el eje paraesternal corto (figura 3). Éste es el plano empleado para describir el grado de fusión y calcificación de las comisuras. Si la ventana acústica es adecuada, se puede medir el área mediante planimetría (ver más adelante cuantificación de la estenosis).

Existen una serie de parámetros morfológicos fácilmente derivados de los planos paraesternal largo y corto que sirven para predecir el resultado de una valvuloplastia mitral percutánea y la posibilidad de desarrollar insuficiencia mitral tras el procedimiento (tablas 2 y 3).

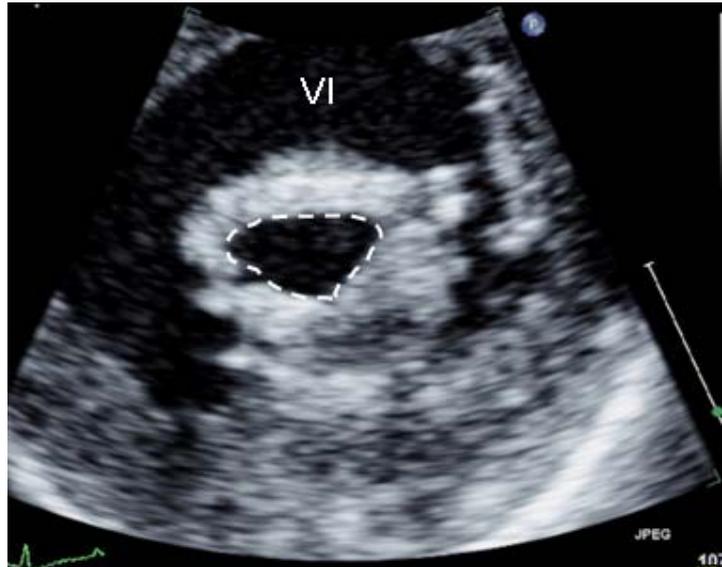


Figura 3. Ecocardiograma bidimensional en el eje corto del plano paraesternal de un paciente con estenosis mitral. Puede observarse engrosamiento de ambos velos que condiciona reducción del área valvular mitral y una morfología en “boca de pez” (se mide el área del orificio por trazado manual, línea discontinua).

VI: ventrículo izquierdo.

- **Otras causas de estenosis mitral**

- Secundaria a calcificación masiva del anillo: la calcificación se origina típicamente en el anillo y puede progresar hacia los velos (a diferencia de la EM reumática en la que comienza en la punta de los velos). Frecuentemente con IM concomitante. Suele asociarse a insuficiencia renal crónica y mujeres obesas a partir de los 70 años.
- *EM postquirúrgica*: disfunción de prótesis y tras anuloplastia mitral. La evaluación de las prótesis y su posible disfunción se explican en el Capítulo 11. La valoración del resultado quirúrgico de una anuloplastia mitral se explica en el Capítulo 20. En ambos casos, además de calcular los gradientes y el área residual, hay que valorar la presencia de IM asociada.
- *EM congénita* (ver Capítulo 15).
- *El resto de posibles etiologías* que figuran en la tabla son muy poco frecuentes.

Cuantificación de la estenosis mitral

Una EM es severa cuando el área valvular es menor de 1 cm² y el gradiente de presión medio mayor de 10 mmHg (tabla 4).

Grado	Movilidad	Engrosamiento valvular	Calcificación	Engrosamiento subvalvular
1	Movilidad reducida sólo en el borde	Velos de grosor casi normal (4-5 mm)	Una sola área de calcificación	Engrosamiento mínimo justo debajo de los velos
2	Movilidad conservada en la base y tercio medio del velo	Engrosamiento de los bordes (5-8 mm), con grosor normal del tercio medio de los velos	Áreas de calcificación dispersas en el borde libre de los velos	Engrosamiento de las cuerdas que se extiende a un tercio de la longitud de las mismas
3	Movilidad presente sólo en la base	Engrosamiento de todo el velo (5-8 mm)	Calcificación extendida al tercio medio de los velos	Engrosamiento hasta el tercio distal de las cuerdas
4	Mínimo, o ningún movimiento del velo en diástole	Engrosamiento considerable de todo el tejido del velo (>8-10 mm)	Calcificación en la mayoría del tejido de los velos	Engrosamiento extenso y acortamiento de las cuerdas hasta los músculos papilares

Tabla 2. Sistema de puntuación de Wilkins para predecir el resultado de la valvuloplastia mitral percutánea. El *score* total es el resultado de la suma de los cuatro ítems y varía entre 4 y 16. Una puntuación de 8 o menos predice un resultado más favorable que aquel con una puntuación mayor, pero una puntuación superior a 8 no descarta la opción de la valvuloplastia³.

Grado	Engrosamiento velo anterior	Engrosamiento velo posterior	Calcificación comisuras	Engrosamiento subvalvular
1	Velos casi normales (4-5 mm) o con sólo un segmento engrosado	Velos casi normales (4-5 mm) o con sólo un segmento engrosado	Fibrosis o calcificación de sólo una comisura	Engrosamiento mínimo justo debajo de los velos
2	Velos fibrosos y/o calcificados de forma homogénea. No porciones delgadas	Velos fibrosos y/o calcificados de forma homogénea. No porciones delgadas	Afectación ligera de ambas comisuras	Engrosamiento de las cuerdas que se extiende a un tercio de la longitud de las mismas
3	Velos fibrosos y/o calcificados de forma heterogénea. Los segmentos más delgados están ligeramente engrosados (5-8 mm)	Velos fibrosos y/o calcificados de forma heterogénea. Los segmentos más delgados están ligeramente engrosados (5-8 mm)	Calcio en ambas comisuras. Una severamente afectada	Engrosamiento hasta el tercio distal de las cuerdas
4	Velos fibrosos y/o calcificados de forma heterogénea. Los segmentos más delgados son casi normales (4-5 mm)	Velos fibrosos y/o calcificados de forma heterogénea. Los segmentos más delgados son casi normales (4-5 mm)	Calcio en ambas comisuras. Las dos están severamente afectadas	Engrosamiento extenso y acortamiento de las cuerdas hasta los músculos papilares

Tabla 3. Sistema de puntuación para valoración de la anatomía de la válvula mitral y predecir el desarrollo de insuficiencia mitral severa tras la valvuloplastia mitral percutánea. Una puntuación de menos de 8 predice un buen resultado sin desarrollo de insuficiencia mitral severa.

	Ligera	Moderada	Severa
Área valvular (cm ²)	>1,5	1,0-1,5	<1,0
Gradiente medio (mmHg)*	<5	5-10	>10
Presión arterial pulmonar (mmHg)	<30	30-50	>50

Tabla 4. Recomendaciones para clasificar la severidad de la estenosis mitral. El área valvular normal es 4-6 cm².

*Con frecuencia cardíaca entre 60 y 80 lpm y en ritmo sinusal⁴.

- Planimetría del área valvular mitral:** desde el eje paraesternal corto a nivel de la VM se debe ampliar primero la imagen mediante el *zoom* del equipo y se van haciendo cortes del VI desde ápex hacia la base. Es importante que el plano esté completamente perpendicular a la válvula justo en la porción más distal de los velos y elegiremos para planimetrar la imagen en mesodiástole que tenga menor área. Esto es importante por la morfología en forma de embudo de las válvulas con estenosis de etiología reumática, cuyo orificio limitante se localiza en los extremos de las valvas (planos demasiado basales, subestimarán la severidad de la estenosis). Conviene ajustar la ganancia al mínimo que permita ver el orificio mitral entero para evitar artefactos que interfieran en la medición (una ganancia excesiva podría sobreestimar la severidad de la estenosis). Este método no es válido cuando la imagen es subóptima o hay excesivo calcio. Puede resultar técnicamente difícil inmediatamente después de una valvuloplastia mitral, ya que las comisuras están abiertas y pueden no ser trazadas fácilmente. La eco 3DTR permite orientar el plano de corte de la válvula para planimetrarla, evitando el problema de mala angulación que siempre existe con imágenes bidimensionales.
- Doppler color:** en la EM, independientemente de la causa, se produce aceleración del flujo sanguíneo entre la AI y el VI observándose flujo turbulento en las proximidades de la zona de coaptación de los velos en su lado auricular (figura 4).
- Doppler continuo:** la imagen bidimensional y el Doppler color nos permiten, desde el plano apical alinear el haz de Doppler de onda continua de la forma más paralela al flujo de entrada de sangre al VI para obtener el patrón de llenado del flujo mitral.

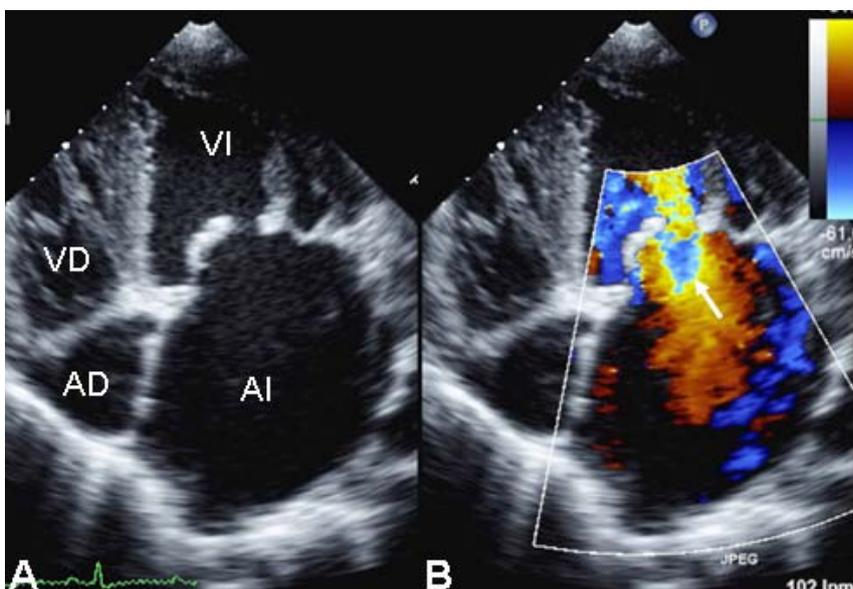


Figura 4. Ecocardiograma bidimensional A y con Doppler color B en el eje apical cuatro cámaras de un paciente con estenosis mitral. **A.** Puede observarse el movimiento en cúpula del velo anterior y engrosamiento del velo posterior, que está inmóvil y dilatación de la aurícula izquierda. **B.** Aceleración del flujo a través de la válvula mitral en diástole en las proximidades del orificio estenótico (flecha). AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha; VI: ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho.

El gradiente de presión medio transmitral diastólico se determina trazando la velocidad del flujo a través de la VM durante la diástole empleando la fórmula simplificada de Bernoulli (Capítulo 4), que representa la media de múltiples gradientes instantáneos y no se estima sobre la velocidad media calculada. Si, por razones técnicas, se emplea Doppler pulsado, el volumen de muestra se debe localizar justo a nivel del orificio restrictivo y no tan cerca del anillo (recordar la forma cónica de la estenosis y la consiguiente subestimación del gradiente en la que estaríamos incurriendo de colocarlo en una zona más basal).

La velocidad y el gradiente de presión dependen de la volemia y de la frecuencia cardíaca que, a su vez, afectan el tiempo de llenado. Es decir, situaciones de sobrecarga de volumen o de frecuencias ventriculares elevadas pueden sobreestimar el grado de la estenosis. Al contrario, en situaciones de bajo gasto o frecuencias cardíacas muy bajas, se pueden medir gradientes transmitrales reducidos a pesar de existir una estenosis severa.

A continuación, se describen los pasos necesarios para realizar los cálculos:

1. Obtener el Doppler de onda continua desde la posición apical (generalmente cuatro cámaras) lo más paralelo que se pueda con el flujo mitral en sentido AI-VI (figura 5).

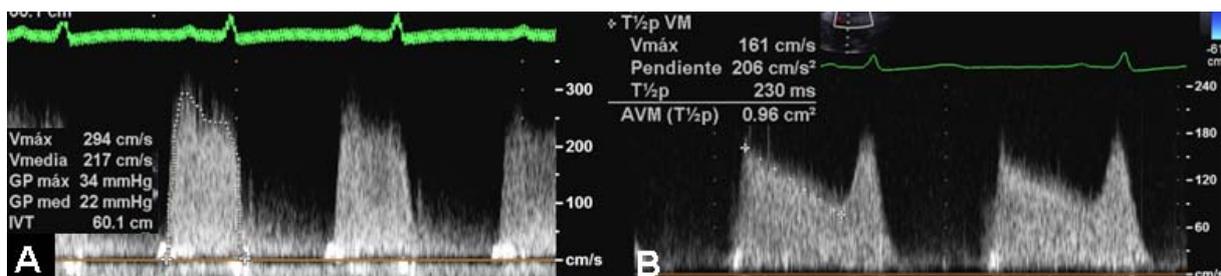


Figura 5. Registro de velocidad Doppler de onda continua de una válvula mitral estenótica en dos pacientes con valvulopatía reumática y en ritmo sinusal. **A.** Trazando sobre él se obtienen los gradientes y la ITV necesarios para valorar la severidad de la estenosis. **B.** Cálculo del tiempo de hemipresión a partir del espectro Doppler de onda continua.

2. Trazar la velocidad para obtener el gradiente de presión medio y la integral tiempo-velocidad (ITV).
3. A partir del Doppler continuo, determinar el tiempo de hemipresión⁵ (THP, en inglés *pressure half time*) (figura 6). V1 corresponde al gradiente máximo de presión y V2 es donde este gradiente alcanza la mitad de su valor inicial y se calcula como $V1/\sqrt{2}$. El THP es el tiempo en milisegundos del intervalo entre V1 y V2. El THP es siempre el 29% (lo que se puede redondear al 30%) del tiempo de desaceleración (TD), que es el tiempo para que la velocidad pico, V1, alcance la línea de base.

$$\text{AVM (cm}^2\text{)} = \frac{220}{\text{THP}} \quad \text{AVM (cm}^2\text{)} = \frac{220}{\text{TD} \times 0.29}$$

AVM: área valvular mitral en cm²; THP: tiempo de hemipresión en ms; TD: tiempo de desaceleración en ms.

Todos estos cálculos suelen venir integrados en el software de los equipos modernos o en estaciones de trabajo off line. En caso de no poseerlos, se puede consultar la siguiente dirección e introducir las medidas en los algoritmos de cálculo: <http://www.csecho.ca/cardiomath/>. Como se ha comentado previamente, en caso de frecuencias cardíacas elevadas se debe realizar el cálculo en aquellos ciclos con diástoles más largas y, por tanto, con pendientes más aplanadas (el masaje del seno carotídeo puede ser útil en estos casos).

En caso de existir dos pendientes de desaceleración del flujo en un mismo ciclo (una caída temprana seguida por una caída más gradual) se debe realizar el cálculo en la pendiente que más predomine durante la diástole que, por lo general, es la porción más plana de la señal (figura 7).

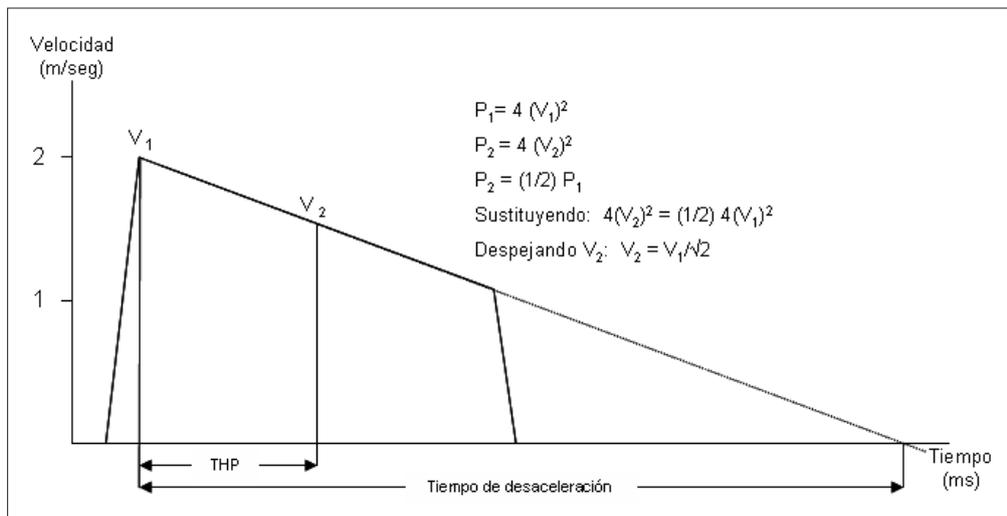


Figura 6. Esquema de cálculo del tiempo de hemipresión (THP) a partir del espectro Doppler de onda continua. V_2 es donde el gradiente de presión es la mitad del gradiente de presión pico en V_1 . El tiempo de desaceleración es el tiempo para que la velocidad pico (V_1) alcance la línea de base.

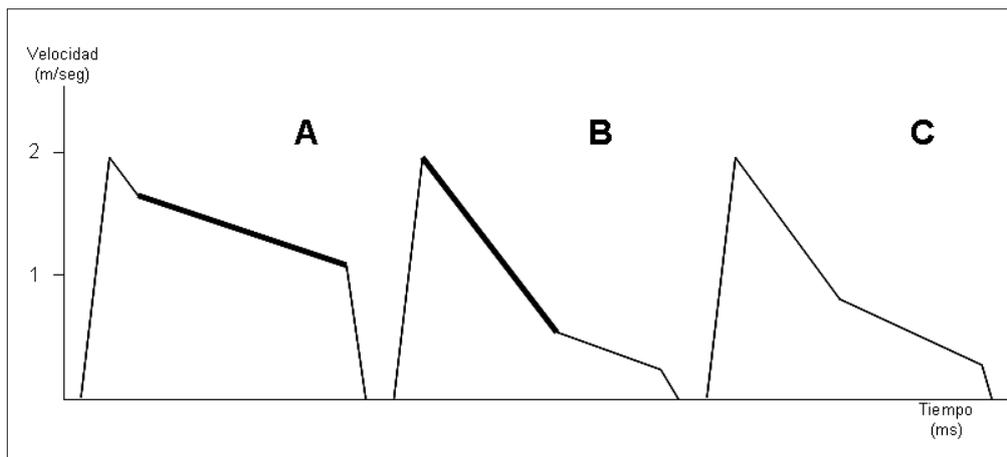


Figura 7. Cuando existen dos pendientes diastólicas en la estenosis mitral, el THP debe medirse en la pendiente que persiste más en la diástole, pues representa mejor la repercusión hemodinámica de la válvula y el grado de estenosis. Las líneas más gruesas indican la pendiente que se debería utilizar para realizar el cálculo (**A** y **B**), sin embargo en la figura **C** las dos pendientes ocupan de forma similar la diástole por lo que el cálculo del área con este parámetro no sería adecuado.

Este método, basado en el descenso de la presión entre A1 y V1, no debería emplearse en situaciones que influyan sobre la presión y distensibilidad del VI o de la A1: como la hipertrofia VI severa, insuficiencia aórtica severa o inmediatamente después de una valvuloplastia mitral.

- **Ecuación de continuidad⁶:** para calcular el AVM por la ecuación de continuidad, al igual que en la estenosis aórtica, se calcula antes el volumen del latido aórtico: se mide el tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) en centímetros haciendo zoom desde el plano paraesternal largo y la ITV a dicho nivel desde la proyección apical cinco cámaras. Basándonos en el principio de que el flujo a través de la VM ha de ser igual al de la aórtica, el AVM se calcula dividiendo el volumen sistólico aórtico entre la ITV mitral (que ya hemos calculado previamente con Doppler continuo) (figura 8).

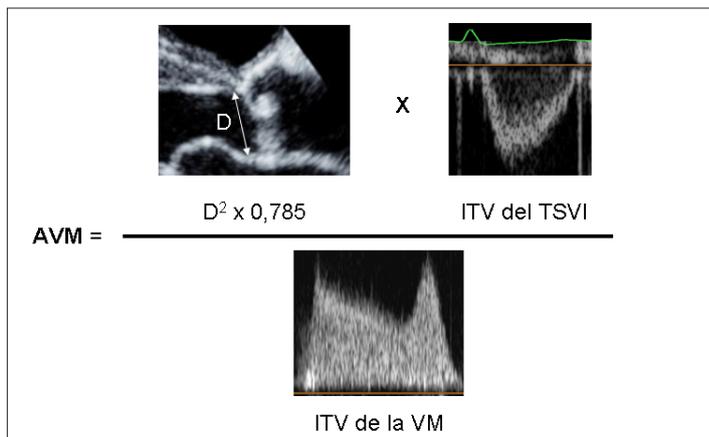


Figura 8. Valoración del área valvular mitral (AVM) por la ecuación de continuidad (en cm²). D: diámetro del tracto de salida del ventrículo izquierdo (TSVI) en cm; ITV: integral tiempo velocidad del TSVI; VM: válvula mitral.

Hay situaciones en las que el flujo aórtico no es igual al flujo mitral y por tanto la ecuación de continuidad no es aplicable: comunicación interventricular, insuficiencia aórtica o mitral igual o mayor que moderada.

- **Área de la superficie proximal de isovelocidad:** para el cálculo de AVM con el método del área de la superficie proximal de isovelocidad⁷ (ASPI o más conocido por las siglas en inglés PISA) se deben llevar a cabo los siguientes pasos:

1. Desde la proyección apical cuatro cámaras hacer *zoom* de la VM.
2. Añadir Doppler color y desplazar el 0 de la línea de base del mapa de colores hacia arriba, hasta conseguir *aliasing* a una velocidad de 30-45 cm/s (el desplazamiento ha de ser siempre en el mismo sentido en el que se mueve la sangre, recordar esto especialmente cuando se esté haciendo ecocardiograma transesofágico en el que se suele tener la imagen invertida y, por lo tanto, habría que desplazarlo hacia abajo).
3. Congelar la imagen en diástole e identificar la más óptima para medir el radio del PISA en la AI.
4. Determinar el ángulo (α) entre las dos valvas en la superficie auricular y aplicar la fórmula:

$$AVM \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{6.28 \times r^2 \text{ (cm)} \times \text{Velocidad } \textit{aliasing} \text{ (cm/s)} \times \frac{\alpha}{180}}{\text{Velocidad Pico EM}}$$

Donde AVM es el área de la VM en cm², r el radio del PISA en cm. Para el cálculo de la velocidad pico de la EM se utiliza el Doppler continuo.

La superficie del PISA es la de una hemielipse, al estar contenido dentro de dos valvas mitrales, se obtiene multiplicando el área hemisférica por $\alpha/180$. Puede no ser necesario corregir por el ángulo si la superficie basal de la hemiesfera del PISA es relativamente plana, lo que tiene lugar si se establece la velocidad de *aliasing* alta, donde $\alpha = 180^\circ$.

- **Presión arterial pulmonar:** desde la vista apical cuatro cámaras se desplazan el transductor ligeramente hacia el esternón hasta obtener una imagen nítida de la válvula tricúspide que nos permita interrogar la regurgitación tricuspídea lo más coaxial posible con el Doppler continuo. También puede medirse en cualquier otra proyección que consiga buena alineación del Doppler con la insuficiencia tricuspídea. Valora la severidad y repercusión de la EM. Se dice que una EM es severa cuando la presión arterial pulmonar es mayor de 50 mmHg.

En la tabla 5 se resumen los distintos parámetros que deben ser recogidos en la cuantificación de la EM.

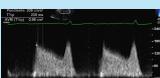
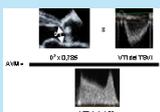
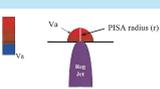
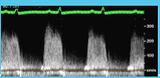
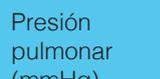
Medida	Modo de adquisición	Consideraciones
Área (cm ²)		
Planimetría 	<ul style="list-style-type: none"> Bidimensional en eje paraesternal corto Determinar el orificio de menor tamaño, escaneando desde ápex hasta la base Ganancia al mínimo que permita ver el orificio mitral entero La ECO 3D puede ayudar a orientar el plano de corte Trazar la porción interna del orificio en mesodiástole 	<ul style="list-style-type: none"> Medida precisa e independiente de otros factores Limitada por calidad de la imagen o calcificación de la VM Técnicamente difícil (medidas en planos basales infraestiman la severidad de la estenosis)
Tiempo de hemipresión 	<ul style="list-style-type: none"> Vista apical cuatro (o dos) cámaras Doppler continuo Ajustar ganancia para optimizar el contorno del sobre Medir en la pendiente descendente de la onda E 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de obtener Depende de factores que modifiquen la complianza de ventrículo y aurícula izquierda THP más corto: IAo, HVI, disfunción diastólica y CIA THP más largo: AI crónicamente dilatado No válido inmediatamente después de una valvuloplastia mitral
Ecuación de continuidad 	<ul style="list-style-type: none"> Flujo aórtico TSVI zoom en el eje paraesternal largo en mesosístole a 0.5-1 cm del orificio valvular (cm) ITV: Doppler pulsado en el TSVI desde apical 5 cámaras a la misma distancia del orificio valvular que al medir el tracto de salida (cm) ITV mitral doppler continuo a través de la válvula mitral (cm) 	<ul style="list-style-type: none"> Independiente de las condiciones de flujo Múltiples medidas y por tanto, fuente potencial de errores No válida en caso de IAo o IM más que moderada (ya que no se cumpliría el principio flujo aórtico = flujo mitral)
PISA 	<ul style="list-style-type: none"> Vista apical 4 cámaras, zoom de la VM Doppler color y desplazar el 0 de la línea de base hacia arriba (velocidad de <i>aliasing</i> 30-45 cm/s) Congelar la imagen en diástole y seleccionar la más óptima para medir el radio de la PISA en el lado auricular izquierdo Determinar el ángulo (α) entre las dos valvas en la superficie auricular y aplicar la fórmula 	<ul style="list-style-type: none"> Independiente de las condiciones de flujo Técnicamente difícil
Gradiente medio (mmHg) 	<ul style="list-style-type: none"> Vista apical cuatro (o dos) cámaras Doppler continuo Ajustar ganancia para optimizar el contorno del sobre Trazar el contorno del sobre del flujo diastólico mitral 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de obtener Depende de las condiciones del flujo: frecuencia cardíaca, anemia
Presión pulmonar (mmHg) 	<ul style="list-style-type: none"> Generalmente desde vista apical 4 cámaras pero cualquier ventana que minimice la angulación con la regurgitación es válida Doppler continuo Recoger la velocidad máxima del flujo de regurgitación tricuspídea 	<ul style="list-style-type: none"> Fácil de obtener No estima las resistencias vasculares pulmonares

Tabla 5. Resumen de los parámetros necesarios para la evaluación rutinaria de la estenosis mitral: recomendaciones en el registro y las medidas.

Eco 3D: ecocardiografía tridimensional; VM: válvula mitral; THP: tiempo de hemipresión; IAo: insuficiencia aórtica; HVI: hipertrofia ventricular izquierda; CIA: comunicación interauricular; AI: aurícula izquierda; TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo; ITV: integral tiempo-velocidad; IM: insuficiencia mitral; PISA: área de la superficie proximal de isovelocidad. En caso de fibrilación auricular se debe utilizar el promedio de 5-10 latidos para cada medida.

Consideraciones generales

- Si existe fibrilación auricular, se debe realizar el promedio de las medidas en 5-10 latidos.
- Aunque la cardiopatía reumática afecta predominantemente a la VM, ésta no es exclusiva por lo que no debemos olvidar valorar el resto de válvulas. La segunda en orden de frecuencia es la aórtica. Le siguen la tricúspide y la pulmonar, aunque su afectación suele ser menos intensa.
- La ecocardiografía transtorácica suele ser suficiente para realizar las medidas anteriormente mencionadas. El uso de la ecocardiografía transesofágica se reserva para descartar la presencia de trombos en AI cuando se plantea la opción de valvuloplastia mitral percutánea y cuando existen dudas sobre la severidad de la insuficiencia mitral (IM) asociada.
- En el estudio para valorar el resultado de una valvuloplastia mitral, además de realizar los cálculos del área residual (recordar que en fases precoces el método del THP no es válido por estar alterada la distensibilidad de la AI) hay que prestar especial atención al desarrollo de IM y cortocircuito izquierda-derecha a través de la punción del septo interauricular.
- El gradiente de presión medio se relaciona con el área y el gasto cardíaco, mientras que el gradiente máximo de presión instantáneo (calculado a partir de V1 con la fórmula simplificada de Bernoulli) se relaciona con el volumen del flujo temprano a través de la VM. Este volumen temprano depende del gasto cardíaco y también se ve afectado por volúmenes en AI tempranos elevados, como puede observarse en la IM o en situaciones con gasto cardíaco elevado. En estas circunstancias se registra un aumento desproporcionado de V1 y del gradiente de presión temprano en comparación con el gradiente medio. Esto puede ser útil ya que es un indicador de la presencia de IM concomitante en situaciones en las que las imágenes no nos permiten visualizarla de forma directa, como cuando la ventana acústica no es la óptima o en la valoración de prótesis mitrales.
- En ocasiones nos encontramos pacientes sintomáticos pero con gradientes medios en reposo solamente moderados. En estos casos puede ayudar el ecocardiograma con ejercicio pero si éste no está disponible, también el simple ejercicio consistente en subir y bajar las piernas durante 30-60 segundos en decúbito puede ayudar. El ejercicio aumenta el gasto cardíaco, la frecuencia cardíaca (disminuyendo el tiempo de llenado diastólico) con el consiguiente aumento de los gradientes de presión para cualquier grado de estenosis anatómica. Conviene también cuantificar el comportamiento de la presión en arteria pulmonar con el ejercicio.
- El aumento crónico de la presión en AI conduce a una dilatación progresiva tanto de la AI como de la orejuela izquierda que sirven de sustrato para el desarrollo de fibrilación auricular. Todo ello provoca estasis del flujo sanguíneo que puede observarse en el estudio transtorácico, y con mayor precisión en el transesofágico como una masa de ecos en forma de remolinos a la que se denomina contraste espontáneo ecocardiográfico.
- Todo informe ecocardiográfico de una EM debe incluir:
 1. Tamaño de las aurículas.
 2. Tamaño, grosor y fracción de eyección de ambos ventrículos.
 3. Descripción morfológica de la válvula (utilizar el *score* de Wilkins, tabla 2)
 4. Cálculos del gradiente medio y del área por distintos métodos: planimetría, THP, ecuación de continuidad y PISA.
 5. Existencia de IM concomitante (considerar ecocardiografía transesofágica).
 6. Grado de insuficiencia tricuspídea, tamaño del anillo tricuspídeo y presión en arteria pulmonar.

7. Valorar afectación de otras válvulas.
8. Comportamiento de los gradientes, área y presión pulmonar con el ejercicio (levantar las piernas en decúbito durante 30-60 segundos).

3. Insuficiencia mitral

La IM se define como un flujo sistólico retrógrado desde el VI a la AI. La IM moderada y severa representa la primera causa de enfermedad valvular en EE.UU. y la segunda causa más frecuente de cirugía valvular en Europa⁸. Ante un paciente con IM, debemos diagnosticarlo, cuantificar la severidad de la lesión y establecer la etiología y el mecanismo.

Diagnóstico

El diagnóstico de IM se establece mediante la técnica ecocardiográfica de Doppler. El Doppler color nos permite visualizar un flujo sistólico turbulento en la AI que parte del orificio o defecto de coaptación entre ambos velos mitrales. El Doppler pulsado y continuo son capaces de detectar un flujo de alta velocidad, creando una señal Doppler cuya intensidad, morfología y distribución temporal nos permitirá cuantificar la IM.

Mediante la ecocardiografía en modo-M, bidimensional y Eco 3DTR podemos estudiar la anatomía funcional de la VM, el tamaño de las cavidades cardíacas y la función ventricular, es decir, la posible repercusión de la IM sobre el resto de estructuras cardíacas. Estos hallazgos son imprescindibles para indicar el momento y el tipo de cirugía, reparación o sustitución valvular.

Etiología y mecanismo

No debemos confundir la etiología de la IM con su mecanismo. Una única causa puede producir IM por varios mecanismos. Actualmente la principal causa de IM en países avanzados es la degeneración mixomatosa (60%), seguida de IM funcional (20%), endocarditis (2-5%) y origen reumático (2-5%)⁹. Éstas y otras causas menos frecuentes se describen en la tabla 6.

Orgánica			Funcional
Tipo I	Tipo II	Tipo IIIa	Tipo I/Tipo IIIb
Perforación (endocarditis) Calcificación anillo mitral Dilatación del anillo mitral Cleft mitral (congénito)	Enf.degenerativa (PVM) Ruptura de cuerdas Ruptura de musc.papilar	Reumática Radiación/ Fármacos Procesos inflamatorios*	IM funcional: Isquémica No isquémica

Tabla 6. Tipos de disfunción valvular según la clasificación de Carpentier.

PVM: prolapso valvular mitral; IM: insuficiencia mitral.

* (lupus eritematoso sistémico, fibrosis endomiocárdica, *eosinophilic endocardial disease*).

Las etiologías de la IM también se pueden dividir en isquémicas y no isquémicas. Este primer grupo incluye la IM secundaria a ruptura del músculo papilar, como complicación mecánica del infarto de miocardio y la IM isquémica crónica, secundaria a remodelado ventricular. El segundo grupo corresponde al resto de etiologías.

El tipo de disfunción valvular que producen las diferentes causas de IM viene recogido en la clasificación de Carpentier: tipo I (movimiento normal de las valvas), tipo II (movimiento excesivo de las valvas), tipo IIIa (movimiento diastólico restrictivo de las valvas) y tipo IIIb (movimiento sistólico restrictivo de las valvas) (tabla 6).

La ecocardiografía bidimensional es la técnica que se usa en la práctica diaria para definir la causa y mecanismo de la IM, además de aportar información indirecta sobre su severidad. Ayuda a determinar el momento y tipo de cirugía, así como, diferenciar entre IM aguda o crónica. Normalmente, en la IM aguda el tamaño ventricular y de la AI son normales. En los últimos años, se ha incorporado la Eco 3DTR a la práctica clínica diaria y, sobre todo, el uso de la sonda 3D transesofágica¹⁰.

- **Prolapso valvular mitral (PVM)¹¹**

1. Diagnóstico de PVM: se realiza mediante ecocardiografía 2D, en función del máximo desplazamiento sistólico de los velos mitrales hacia la AI, siempre en relación con el anillo mitral. Así, se define como un desplazamiento de los velos, sobrepasando el anillo mitral ≥ 2 mm (figura 9). Si el grosor de las valvas (en diástole) es ≥ 5 mm, será un PVM clásico y, si es menor, PVM no clásico. Este desplazamiento debe medirse en el plano paraesternal eje largo y angulando el transductor para hacer un mapeo de todos los festones de la VM. Aunque el Modo M muestra un descenso telediastólico de los velos, nunca debe hacerse el diagnóstico basado en estos hallazgos. La Eco 3DTR nos ayudaría, no sólo a confirmar el diagnóstico, sino también a localizar el festón afectado con mayor rapidez y precisión. Es importante tener en cuenta los siguientes puntos:
 - El diagnóstico de PVM nunca debe hacerse desde el plano apical de 4 cámaras, ya que su forma en silla de montar, puede dar la falsa imagen de prolapso en esta proyección. Si bien es cierto, el festón lateral del velo posterior es el más difícil de ver en el plano paraesternal por lo que se podría confirmar su diagnóstico en el plano apical. Se puede usar el plano apical longitudinal o tres cámaras para confirmar el diagnóstico de PVM en aquellos casos con mala ventana paraesternal.
 - Desde un punto de vista anatómico, nos podemos encontrar dos entidades bien diferenciadas en el diagnóstico de PVM por ecocardiografía:

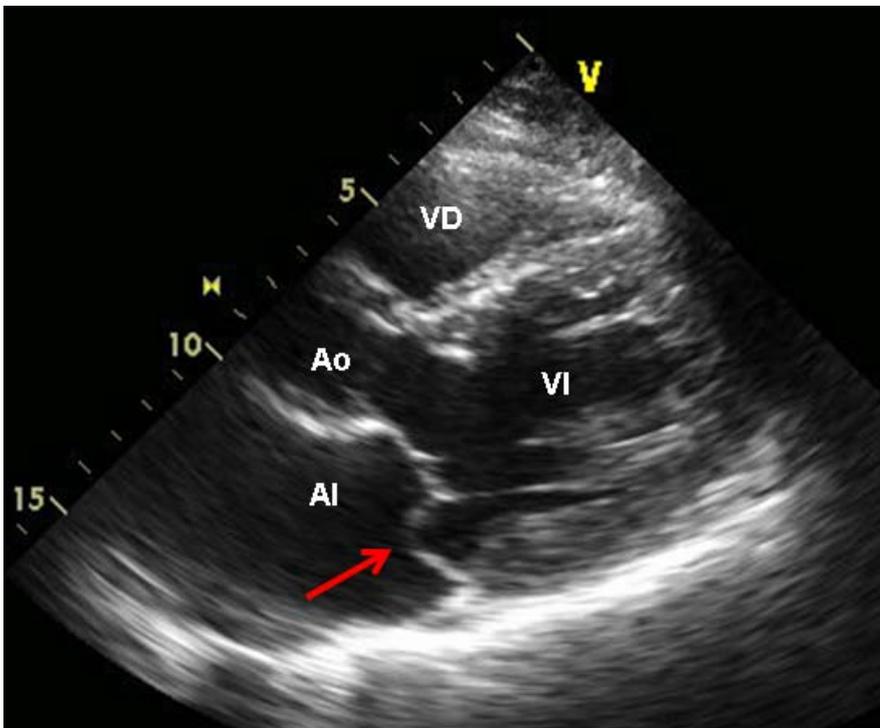


Figura 9. Ecocardiograma bidimensional en el eje largo del plano paraesternal de un paciente con prolapso del velo posterior (flecha). AI: aurícula izquierda; AD: aurícula derecha; VI: ventrículo izquierdo; VD: ventrículo derecho.

- a. *Degeneración mixomatoide* (enfermedad de Barlow), se caracteriza por engrosamiento de los velos, dilatación del anillo y afectación de las cuerdas tendinosas. Generalmente se observa en pacientes menores 60 años con una larga historia clínica de soplo cardíaco. En estos casos, es de especial importancia describir el tamaño de las valvas, su engrosamiento, redundancia y afectación de cuerdas, con vistas a la planificación de la reparación quirúrgica.
 - b. *Deficit fibroelástico*: normalmente en pacientes mayores de 60 años, suele afectar únicamente a un festón (el festón medio del velo posterior) y con mínima repercusión sobre el anillo mitral y resto de estructuras cardíacas.
2. Insuficiencia mitral asociada a PVM: en la mayoría de los casos, se caracteriza por un flujo de regurgitación excéntrico, en ocasiones, difícil de cuantificar debido al efecto coanda que se produce al discurrir completamente pegado a la pared auricular. En el PVM del velo posterior la insuficiencia se dirige hacia la pared anteroseptal de la aurícula y en el PVM del velo anterior hacia la posterolateral. El Doppler continuo puede mostrar una señal meso-telesistólica o bien holosistólica con acentuación en telesístole en las formas más severas.

En aquellos casos con IM severa debemos descartar rotura de cuerdas tendinosas asociadas, donde observaremos una pérdida de coaptación de las valvas. Si la rotura afecta a cuerdas ancladas en el borde libre del velo se producirá eversión del mismo.

- **Calcificación del anillo mitral:** aunque es relativamente frecuente en pacientes de avanzada edad, en raras ocasiones, produce insuficiencia moderada o severa. Pacientes con insuficiencia renal o hipertensión constituyen otro grupo con tendencia a la formación de calcio, tanto en el anillo como en el aparato subvalvular. Podemos encontrar diferentes grados de calcificación, desde puntos aislados de calcio, afectación limitada del anillo posterior, hasta calcificación severa del todo el anillo mitral. Es importante describir la localización y grado de calcificación, sobre todo, en pacientes que van a ser sometidos a valvuloplastia o cirugía valvular.
- **Endocarditis:** la IM asociada a la endocarditis se puede producir por varios mecanismos, como son los defectos de coaptación secundarios a verrugas ancladas en los velos, la rotura de cuerdas o la perforación de las valvas mitrales.
- **Origen reumático:** al igual que en la EM, se caracteriza por la aparición de diferentes grados de engrosamiento y calcificación de las valvas, afectación de comisuras y aparato subvalvular.
- **Rotura de músculo papilar:** es una complicación grave del infarto de miocardio. Se observa un fallo de coaptación entre ambos velos. La cabeza del músculo papilar aparece en AI en sístole y en el VI durante la diástole. Generalmente se acompaña de IM severa.
- **Insuficiencia mitral funcional¹² (IMF):** producida por defecto de coaptación secundario a movimiento sistólico restrictivo de las valvas, como consecuencia del desplazamiento apical de los MPs. El remodelado ventricular que se produce en las cardiomiopatías o tras infarto de miocardio, determina un aumento de los volúmenes ventriculares (más frecuente en las cardiomiopatías), o bien, un remodelado más localizado (más frecuente en IM isquémica crónica). En ambos casos, se puede producir un desplazamiento apical de los MPs, que tiran de las valvas a través de las cuerdas tendinosas y desplazan hacia el ventrículo el área de coaptación. El resultado final es un defecto de coaptación con *jet* de IM normalmente central.
- **Otras causas:** son poco frecuentes. Ver tabla 6.

Cuantificación de la insuficiencia mitral^{13,14}

El cálculo de la severidad de la IM se realiza tanto con métodos semicuantitativos como cuantitativos. Los métodos cuantitativos requieren más tiempo y experiencia, sin embargo, la mayoría de los ecocardiógrafos realizan los cálculos por nosotros. En general, en la cuantificación de la IM debemos tener en cuenta cada uno de estos métodos, integrarlos y graduar la lesión en ligera, moderada o severa.

- **Métodos semicuantitativos**

1. Área del flujo de regurgitación: consiste en medir el área máxima del flujo de regurgitación mediante Doppler color, en el plano en el que mayor sea. Debemos incluir únicamente el flujo turbulento (mosaico de colores), excluyendo flujos laminares (azul o rojo). Podemos medir el área en valores absolutos o bien en relación con el tamaño de la AI (figura 10).

Limitaciones: este método está influenciado por factores técnicos como la frecuencia del transductor, la frecuencia de repetición del pulso o la ganancia del color. Se debe usar un límite Nyquist entre 50-60 cm/sec y ajustar la ganancia de color justo hasta eliminar el color sobre las paredes cardiacas. Por otra parte, los flujos excéntricos, muy pegados a la pared de la aurícula pueden infraestimar la severidad de la lesión, lo que se conoce como efecto coanda. Otros factores hemodinámicos que influyen son la elasticidad de la aurícula, la frecuencia cardíaca o el gradiente de presión entre AI y VI.

2. Vena contracta (VC): corresponde a la región más estrecha del chorro de IM que aparece a nivel o justo por debajo del orificio de regurgitación. Se debe obtener en el eje largo del plano paraesternal. Debido a que los valores de la VC suelen ser <1 cm, pequeños errores en su medición puede dar lugar a grandes errores en la cuantificación de la IM. Para optimizar los resultados se aconseja realizar *zoom* sobre la VM, disminuir lo máximo posible el sector del color y ajustar la profundidad. En ocasiones, es necesario angular el transductor para una mejor definición de la VC. Es un método especialmente útil en flujos excéntricos con efecto coanda.
3. Doppler continuo de la IM: en este caso debemos tener en cuenta la duración e intensidad de la señal. Si únicamente es protosistólica o decrece de intensidad en meso y telesístole la regurgitación es ligera; por el contrario, señales Doppler pansistólicas corresponden a insuficiencias moderadas o severas. La intensidad del Doppler se debe comparar con la del flujo de llenado del VI, si es similar o superior, sugiere insuficiencia severa. En la IM severa aguda es típico encontrar una forma triangular, con un pico precoz de velocidad máxima que indica aumento de presión en AI.

Mediante Doppler continuo debemos comprobar también la existencia de insuficiencia tricúspide para calcular la presión sistólica de la arteria pulmonar. La existencia de hipertensión pulmonar suele estar asociada a IM moderada o severa.

4. Doppler pulsado en la valoración de IM: para la valoración de la función diastólica se suele usar el Doppler pulsado con el volumen de muestra a nivel de los velos valvulares. En pacientes con IM severa aumenta la velocidad de la onda E ($>$ de 1.2 m/s) y predomina sobre la onda A.

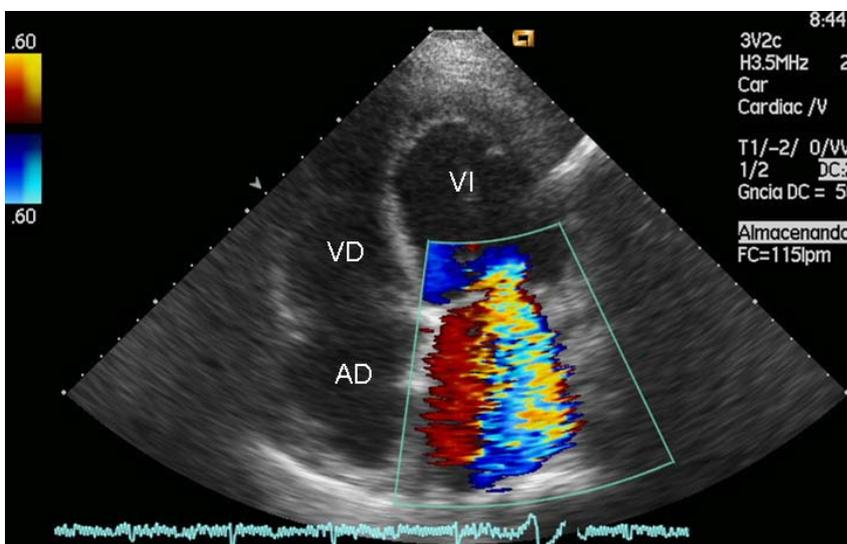


Figura 10. Plano apical de cuatro cámaras donde se visualiza el flujo de regurgitación mitral (mosaico de color). AD: aurícula derecha; VD: ventrículo derecho; VI: ventrículo izquierdo.

La evaluación del flujo de las venas pulmonares debe realizarse sistemáticamente en pacientes con IM, especialmente en el estudio transesofágico. La IM severa suele ir acompañada de disminución de la onda sistólica e incluso de inversión del flujo. Se recomienda realizar una exploración de al menos dos venas pulmonares en el estudio transesofágico ya que el flujo de regurgitación puede estar dirigido selectivamente hacia una de ellas. El reverso sistólico es marcador de IM de moderada a severa, aunque su ausencia no excluye una IM significativa en presencia de otros parámetros que sugieran su existencia. Este parámetro no es fiable en presencia de fibrilación auricular con frecuencia variable.

- **Métodos cuantitativos**

Existen dos métodos para el cálculo del volumen regurgitante (VR), la fracción regurgitante (FR) y el orificio regurgitante efectivo (ORE). A continuación, se explica cada uno de ellos, paso a paso.

1. Ecuación de continuidad: en condiciones normales, el volumen de sangre que entra en el VI durante la diástole (llenado de VI) es igual al volumen de sangre que sale por la válvula aórica durante la sístole (volumen sistólico). En presencia de IM, el VR corresponde a la diferencia entre estos dos volúmenes. La FR sería el porcentaje de VR respecto al volumen de sangre que atraviesa la válvula y el ORE el orificio de regurgitación del flujo. Siguiendo los pasos que se describen a continuación seremos capaces de entender y calcular el VR, FR y ORE de una forma sencilla. Para optimizar al máximo el tiempo, los equipos suelen incorporar los cálculos necesarios o bien podríamos introducir las medidas en algoritmos de cálculo online: <http://www.csecho.ca/cardiomath/>.

- a. Cálculo del área del anillo mitral: el área del anillo mitral (AAM) se mide en cm^2 y asumiendo que tiene un área circular (área del círculo = $\pi \times r^2$). Su diámetro se mide en el plano apical 4 cámaras haciendo *zoom* y midiéndolo al final de la diástole (después de la contracción auricular).

$$\text{Área del anillo mitral (cm}^2\text{)} = \pi \times r^2 = 3.14 \times (D/2)^2 = 3.14/4 \times D^2 = 0.785 \times D^2$$

$$\text{AAM (cm}^2\text{)} = D^2 \times 0.785$$

- b. Cálculo del volumen a través de la válvula mitral: corresponde al volumen de sangre que pasa de la AI al VI con cada latido, es decir, el volumen de llenado del VI.

$$\text{Volumen llenado VI (cc)} = \text{área del anillo mitral (cm}^2\text{)} \times \text{Integral tiempo-velocidad VM (cm)}$$

$$\text{Volumen llenado VI (cc)} = \text{AAM (cm}^2\text{)} \times \text{ITV}_{\text{VM}} \text{ (cm)}$$

- c. Cálculo del área del tracto de salida del ventrículo izquierdo (A.TSVI): se mide en cm, haciendo *zoom* en plano paraesternal largo.

$$\text{Área del TSVI (cm}^2\text{)} = \pi \times r^2 = 3.14 \times (D/2)^2 = 3.14/4 \times D^2 = 0.785 \times D^2$$

$$\text{A. TSVI (cm}^2\text{)} = D^2 \times 0.785$$

- d. Cálculo del volumen a través de la válvula aórtica: corresponde al volumen sistólico medido con Doppler pulsado en el plano apical 5 cámaras, en el mismo punto donde hemos medido el diámetro del TSVI.

$$\text{Volumen sistólico (cc)} = \text{área del TSVI (cm}^2\text{)} \times \text{integral tiempo-velocidad TSVI (cm)}$$

$$\text{Volumen sistólico (cc)} = \text{A. TSVI (cm}^2\text{)} \times \text{ITV}_{\text{TSVI}} \text{ (cm)}$$

- e. Cálculo del volumen regurgitante (VR).

$$\text{Volumen regurgitante (cc)} = \text{Volumen de llenado de VI (cc)} - \text{Volumen sistólico (cc)}$$

- f. Cálculo de la fracción regurgitante (FR)

$$\text{Fracción regurgitante (\%)} = \frac{\text{Volumen de llenado de VI (cc)} - \text{Volumen sistólico (cc)}}{\text{Volumen de llenado de VI (cc)}}$$

$$\text{FR (\%)} = \frac{\text{Volumen regurgitante (cc)}}{\text{Volumen de llenado de VI (cc)}} \times 100$$

- g. Cálculo del orificio regurgitante efectivo (ORE): para su cálculo se necesita la ITV de la regurgitación mitral (RM).

$$\text{ORE (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Volumen regurgitante (cc)}}{\text{ITV}_{\text{RM}}}$$

En la tabla 7 se resumen las medidas necesarias para la cuantificación de la IM mediante este método.

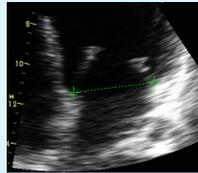
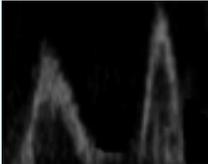
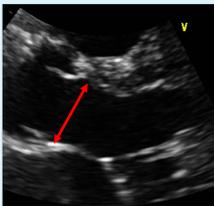
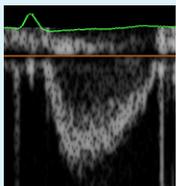
Parámetros	Plano	Técnica utilizada	Ejemplo ecocardiográfico
Anillo mitral (telediástole)	Apical 4 cámaras	Se mide a nivel de la base de ambos velos, en el punto de inserción con el anillo	
ITV mitral (diástole)	Apical 4 cámaras	Se utiliza el Doppler pulsado con el volumen de muestra a nivel del anillo mitral	
Diámetro TSVI (mesosístole)	Paraesternal eje largo	Se realiza zoom sobre TSVI, calculando el diámetro a 0,5-1 cms del orificio valvular	
ITV TSVI (Sístole)	Apical 5 cámaras	Doppler pulsado con el volumen de muestra a la misma distancia del orificio valvular que utilizamos para medir el TSVI	

Tabla 7. Resumen de los parámetros necesarios para la evaluación rutinaria de la insuficiencia mitral mediante la ecuación de continuidad. ITV: integral tiempo-velocidad. TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo.

La señal del Doppler pulsado debe ser lo más paralela posible al flujo de llenado del VI.

La medición del anillo puede resultar especialmente difícil en anillos muy calcificados. El error en su cálculo implica un error al cuadrado al aplicar la ecuación de continuidad.

La ecuación de continuidad no se puede usar en casos con múltiples insuficiencias valvulares o cortocircuitos. En los casos en los que coexista la IM con insuficiencia aórtica significativa, podemos usar la válvula pulmonar para el cálculo del volumen sistólico.

Se aconseja recoger de 3 a 5 medidas de cada parámetro con el paciente en ritmo sinusal y de 8 a 10 con fibrilación auricular.

2. Método del área de isoconvergencia proximal (PISA: *Proximal Isovelocity Surface Area*): cuando se produce IM, existe un aumento progresivo de la velocidad de la sangre según ésta se acerca al orificio de regurgitación. Como vemos en la figura 11, mediante Doppler color se pueden observar capas hemisféricas y concéntricas entre sí, que se originan en el lado ventricular del orificio. Teniendo en cuenta que el flujo a nivel del orificio regurgitante (Q_1) es el mismo que en el flujo en la hemiesfera (Q_2) seremos capaces de calcular el VR, FR y el área del ORE.

Los pasos a seguir son los siguientes

- a. Cálculo del radio de la hemiesfera:
 - Desde el plano apical de cuatro cámaras. Se debe optimizar la imagen sobre la VM usando el *zoom*.
 - Optimizar el Doppler color, centrándonos en el flujo isoconvergente.
 - Modificar la línea de base del color en la dirección del flujo (hacia abajo en el estudio transtóraco y hacia arriba en el transesofágico). De esta forma, se definen mejor los bordes de la hemiesfera e incrementa su tamaño y disminuye el error en los cálculos.
 - Finalmente, medimos el radio de la hemiesfera en cm desde la superficie de *aliasing* hasta el orificio de regurgitación. Es importante comprobar que este último punto es correcto, quitando el color y viendo que está justo a nivel de las valvas de la mitral.
- b. Anotar la velocidad de *aliasing* inferior, ya que corresponde a la velocidad de la hemiesfera.
- c. Obtener el Doppler continuo del flujo regurgitante para el cálculo de la velocidad máxima y la ITV.
- d. Convertir todas las medidas a cm. Uno de los principales errores es el cálculo del pico de la regurgitación mitral en m/s y no cm/s.
- e. Cálculo del ORE:

$$\begin{aligned}
 Q_1 &= \text{Velocidad máxima de la IM} \times \text{ORE} \\
 Q_2 &= \text{Velocidad de } \textit{aliasing} \times 2 \pi r^2 \\
 \text{Velocidad de } \textit{aliasing} \times 2 \pi r^2 &= \text{Velocidad máxima de la IM} \times \text{ORE}
 \end{aligned}$$

- f. Cálculo del VR:

$$\text{ORE (cm}^2\text{)} = \frac{\text{V. } \textit{aliasing} \times 6.28 \times r^2}{\text{V. máxima IM}}$$

$$\text{VR (cc)} = \text{ORE (cm}^2\text{)} \times \text{ITV}_{\text{IM}} \text{ (cm)}$$

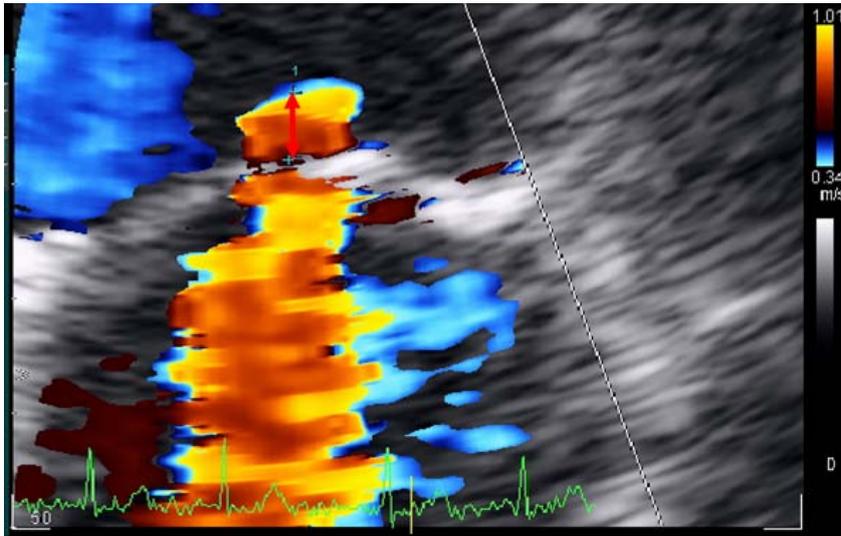


Figura 11. Zoom sobre plano cuatro cámaras, visualizando la insuficiencia mitral. Al modificar la línea de base del color hasta una velocidad de *aliasing* de 34 cm/s, se puede ver con claridad el área de la hemiesfera (flecha).

Una de las principales limitaciones de este método es la curva de aprendizaje, por lo que se recomienda practicar en todos los pacientes que llegan al laboratorio de ecocardiografía con IM.

Con estos cálculos se asume la forma circular de la hemiesfera, sin embargo, en IM con orificios no circulares, como se ha demostrado en IM funcional, correspondería a una hemielipse.

No es posible calcular el radio en todos los pacientes, puesto que no siempre se visualiza con claridad.

Es necesario tener una curva completa del Doppler continuo de la IM.

Consideraciones generales en la cuantificación de la IM

En la tabla 8 se resumen los valores utilizados para la cuantificación de la severidad de la IM. La cuantificación de la IM requiere la integración de un enfoque múltiple basado en la evaluación de diversos parámetros tal y como propugnan las últimas Guías al respecto: la anatomía funcional de la IM (raro sería encontrar una IM ligera con un gran prolapso de una valva con cuerdas rotas), el impacto hemodinámico (dilatación AI y VI, presión arterial pulmonar,..) y distintos datos semicuantitativos y cuantitativos. Entre estos últimos, tienen especial utilidad o aplicación clínica, el área del flujo regurgitante que, a pesar de sus múltiples limitaciones técnicas, es el método más ampliamente utilizado y el método de PISA, que en manos experimentadas tiene una buena reproducibilidad y precisión. Para ello, es imprescindible realizar una adecuada curva de aprendizaje y conocer los fundamentos y limitaciones de la aplicabilidad de esta técnica.

Métodos	Ligera	Moderada	Severa
Vena contracta (cm)	< 0.3	0.3-0.6	≥ 0.7
Área color (cm ²)	< 4 o < 20% del área de AI	4-10 o 20-40% del área de AI	>10 o > 40% del área de AI
Volumen regurgitante (ml)	< 30	30-44/45-59	≥ 60
Fracción regurgitante (%)	<30	30-49/40-49	≥ 50
Orificio regurgitante (cm ²)	< 0.20	0.20-0.29/0.30-0.39	≥ 40

Tabla 8. Valores de referencia en la insuficiencia mitral.

4. Ecocardiografía en la cirugía de la válvula mitral

El estudio ecocardiográfico previo a la cirugía valvular mitral juega un papel fundamental para lograr una reparación mitral efectiva, y debe condicionar a cardiólogos y cirujanos a la hora de elaborar una estrategia adecuada. Esta afirmación adquiere una mayor relevancia en la insuficiencia mitral¹⁵. La evaluación exhaustiva de la patología mitral, incluyendo el aparato valvular (con información detallada del anillo y cada uno de los segmentos de los velos) y aparato subvalvular, conjuntamente con el tipo de disfunción valvular, debe proporcionar una idea precisa de la complejidad de dicha válvula a la hora de ser reparada.

Son varios los parámetros ecocardiográficos que han sido identificados en la literatura como posibles predictores de fracaso a la hora de reparar la válvula mitral¹⁶ (tabla 9). Entre ellos se encuentran la presencia de un *jet* central grave, la dilatación anular severa >50 mm, patología de más de 3 segmentos, patología de al menos un segmento de localización anterior y la presencia de calcificación severa. Además, la escasez de tejido en las valvas es también un importante factor de riesgo tanto en el contexto de patología reumática como en pacientes con endocarditis infecciosa o patología degenerativa con enfermedad fibroelástica avanzada. Si se trata de enfermedad isquémica, el hallazgo en ecocardiograma transesofágico de un diámetro anular diastólico ≥ 37 mm, área del *tenting* ≥ 1.6 cm² y una IM severa puede conllevar al fracaso de la reparación mitral en un 50% de los pacientes durante el seguimiento clínico¹⁷.

IM orgánica	IM funcional
<i>Jet</i> central severo	Distancia de coaptación ≥ 1 cm
Dilatación anular ≥ 50 mm	Área de <i>tenting</i> > 2.5 cm ²
Lesiones en ≥ 3 segmentos	Ángulo posterolateral $> 45^\circ$
Lesiones de la valva anterior	Distancia interpapilar > 20 mm
Calcificación severa	Aquinesia ventricular
Escasez de tejido en las valvas	EDD > 65 mm o ESD > 51 mm
Disfunción opuesta	Índice de esfericidad > 0.7

Tabla 9. Predictores ecocardiográficos de reparación mitral fallida.

En cambio, cuando el estudio ecocardiográfico es transtorácico, una distancia de coaptación > 1 cm, área sistólica de *tenting* > 2.5 cm², angulación de la valva posterior $> 45^\circ$ (restricción de la valva posterior), *jet* de regurgitación central (indicación de restricción severa de ambas valvas), la presencia de *jets* con un origen central o posteromedial e importante hipertrofia ventricular (remodelación ventricular tras reparación) incrementan el riesgo de fracaso de la reparación.

Los últimos avances tecnológicos en ecocardiografía tridimensional transesofágica (Eco3D-ETE) han permitido obtener imágenes en tiempo real de la válvula mitral, contribuyendo así de manera significativa al conocimiento de su anatomía y el funcionamiento. La Eco3D-ETE es también capaz de localizar todos los puntos quirúrgicos de interés incluyendo: a) área del anillo y posiblemente talla del anillo que será implantado b) superficie de las valvas c) segmento prolapsante y volumen de prolapso, d) volumen del *tenting* (volumen entre el anillo y las valvas mitrales), e) distancia de *tethering* (distancia desde cualquier punto del anillo mitral a los músculos papilares), f) distancia interpapilar (figura 12).

Ecocardiografía como indicación quirúrgica en la reparación mitral

Cada vez se le otorga menos importancia a la sintomatología de los pacientes y más a los datos geométricos ecocardiográficos. En este sentido, existen vertientes de pensamiento en cuanto al momento exacto de la cirugía. La primera, más clásica, y de amplio consenso, recomienda el seguimiento cuidadoso (evaluación ecocardiográfica cada 6 ó 12 meses) del paciente hasta la aparición de síntomas o indicadores claros de disfunción ventricular como una fracción de eyección del ventrículo izquierdo $< 60\%$ o un diámetro

telesistólico (DTS) del VI > 40 mm (> 45 mm en las guías europeas). Además, cuando la función ventricular es normal, se recomienda la cirugía si existe hipertensión pulmonar (> 50 mmHg) o fibrilación auricular¹⁸. Por el contrario, la segunda vertiente mucho más actual, que recomienda la intervención quirúrgica en pacientes asintomáticos con una función sistólica conservada, genera mucha más polémica¹⁹. Así, se recomendaría la cirugía en pacientes asintomáticos, siempre y cuando, tengamos la certeza ecocardiográfica de la severidad de la IM (volumen regurgitante y orificio regurgitante efectivo), se pueda ofrecer una probabilidad de reparación $> 95\%$ y la mortalidad operatoria sea $< 1\%$ ⁹. Todos estos requisitos presuponen la colaboración estrecha de un cardiólogo experto en cuantificación ecocardiográfica, un cirujano que realice alrededor de 50 reparaciones mitrales anualmente y una unidad de cuidados intensivos experimentada. Aunque la diversidad de opiniones y manejo es importante, el tratamiento individualizado de cada paciente no debe excluir ninguna de las vertientes si estas son aplicadas con criterio.

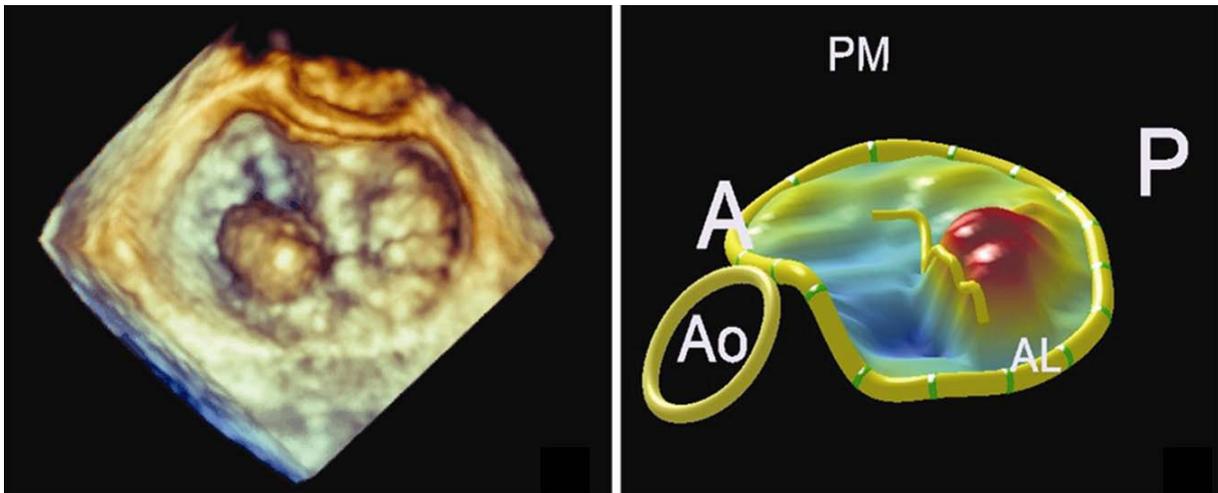


Figura 12. Eco 3DETE. A la izquierda, se observa la válvula mitral desde la aurícula izquierda, apreciándose un prolapso en el velo posterior. A la derecha modelo tridimensional de la VM.

Bibliografía

1. Solís J, Sitges M, Levine RA *et al*. Three-dimensional echocardiography. New possibilities in mitral valve assessment. *Rev Esp Cardiol*. 2009;62(2):188-98.
2. Lung B, Baron G, Butchart EG *et al*. A prospective survey of patients with valvular heart disease in Europe: The Euro Heart Survey on Valvular Heart Disease. *Eur Heart J*. 2003;24(13):1231-43.
3. Wilkins GT, Weyman AE, Abascal VM *et al*. Percutaneous balloon dilatation of the mitral valve: an analysis of echocardiographic variables related to outcome and the mechanism of dilatation. *Br Heart J*. 1988;60(4):299-308.
4. Baumgartner H, Hung J, Bermejo J *et al*. Echocardiographic assessment of valve stenosis: EAE/ASE recommendations for clinical practice. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10(1):1-25.
5. Thomas JD, Weyman AE. Fluid dynamics model of mitral valve flow: description with in vitro validation. *J Am Coll Cardiol*. 1989;13(1):221-33.
6. Nakatani S, Masuyama T, Kodama K *et al*. Value and limitations of Doppler echocardiography in the quantification of stenotic mitral valve area: comparison of the pressure half-time and the continuity equation methods. *Circulation*. 1988;77(1):78-85.
7. Messika-Zeitoun D, Fung Yiu S, Cormier B *et al*. Sequential assessment of mitral valve area during diastole using colour M-mode flow convergence analysis: new insights into mitral stenosis physiology. *Eur Heart J*. 2003;24(13):1244-53.
8. Enríquez-Sarano M, Akins CW, Vahanian A *et al*. Mitral regurgitation. *Lancet*. 2009;18;373 (9672):1382-94.
9. Textbook of Clinical Echocardiography. Otto. Elsevier Saunders.
10. O'Gara P, Sugeng L, Lang R *et al*. The role of imaging in chronic degenerative mitral regurgitation. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2008;1(2):221-37.
11. Solís J, Fernández-Friera L, Traveset C *et al*. Prolapso valvular mitral: ¿conocemos el problema al que nos enfrentamos? *Rev Fed Arg Cardiol* 2011; 40 (1): 5-12.
12. Levine RA, Schwammenthal E. Ischemic mitral regurgitation on the threshold of a solution: from paradoxes to unifying concepts. *Circulation*. 2005;2;112(5):745-58.
13. Zoghbi WA, Enríquez-Sarano M, Foster E *et al*. Recommendations for evaluation of the severity of native valvular regurgitation with two-dimensional and Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2003;16(7):777-802.
14. Feigenbaum's Echocardiography. Sixth Edition.
15. Adams DH, Anyanwu AC, Sugeng L *et al*. Degenerative mitral valve regurgitation: surgical echocardiography. *Curr Cardiol Rep*. 2008;10(3):226-32.
16. Omran AS, Woo A, David TE *et al*. Intraoperative transesophageal echocardiography accurately predicts mitral valve anatomy and suitability for repair. *J Am Soc Echocardiogr*. 2002;15(9):950-7.
17. Kongsarepong V, Shiota M, Gillinov AM *et al*. Echocardiographic predictors of successful versus unsuccessful mitral valve repair in ischemic mitral regurgitation. *Am J Cardiol*. 2006;15;98(4):504-8.
18. Lancellotti P, Moura L, Pierard LA *et al*. European Association of Echocardiography recommendations for the assessment of valvular regurgitation. Part 2: mitral and tricuspid regurgitation (native valve disease). *Eur J Echocardiogr*. 2010;11(4):307-32.
19. Adams DH, Anyanwu AC. Valve Disease: Asymptomatic mitral regurgitation: does surgery save lives? *Nat Rev Cardiol*. 2009;6(5):330-2.