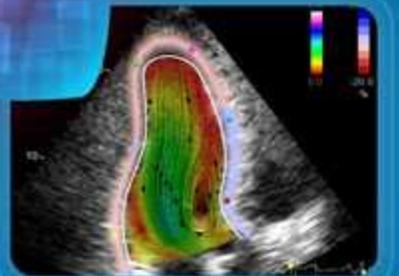
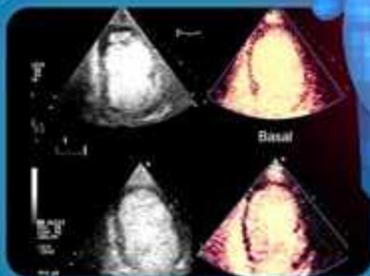
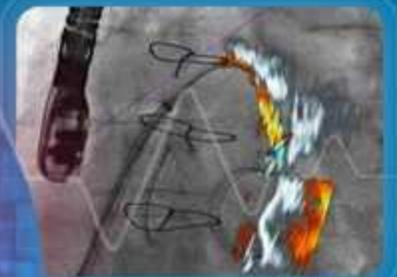
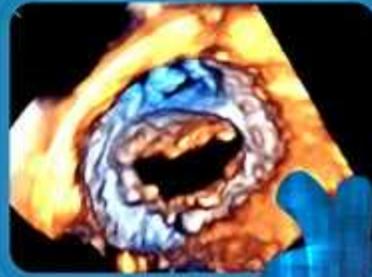


INCLUYE
VERSIÓN
DIGITAL

CON MATERIAL
COMPLEMENTARIO

J. L. Moya Mur • J. A. García Lledó

Ecocardiografía Avanzada



EDITORIAL MEDICA
panamericana

Aplicación clínica del ecocardiograma de estrés y de la deformación miocárdica



- 7 • Ecocardiografía de estrés para el estudio de la isquemia miocárdica
- 8 • Ecocardiografía de estrés en miocardiopatías e insuficiencia cardíaca
- 9 • Ecocardiografía de estrés para el estudio de valvulopatías
- 10 • Deformación miocárdica en el estudio de la función ventricular izquierda
- 11 • Deformación miocárdica: disincronía y dispersión mecánica
- 12 • Deformación miocárdica en el estudio del ventrículo derecho y de las aurículas

Ecocardiografía de estrés para el estudio de la isquemia miocárdica

7

J. Peteiro Vázquez



OBJETIVOS

- Ofrecer una visión actual de la ecocardiografía de estrés para el diagnóstico de la enfermedad arterial coronaria (EAC) en pacientes con sospecha de ésta y para el pronóstico en pacientes con EAC confirmada.
- Situar la ecocardiografía de estrés en el contexto de las nuevas técnicas de imagen, como la tomografía computarizada coronaria.

INTRODUCCIÓN

La ecocardiografía de estrés (EE) consiste en la evaluación, mediante ecocardiografía, de la respuesta cardíaca a un estrés, generalmente físico o farmacológico. Sus aplicaciones más importantes incluyen la detección de **isquemia miocárdica**, el apoyo en las **decisiones clínicas** en pacientes con enfermedad coronaria conocida o sospechada y la evaluación de la **viabilidad miocárdica**, aunque también puede ser útil en otras indicaciones que van más allá de la cardiopatía isquémica.

Se trata de una técnica bien establecida para el diagnóstico y la estratificación pronóstica de pacientes con enfermedad arterial coronaria (EAC) conocida o sospechada. Las principales ventajas de la EE sobre otras técnicas no invasivas de diagnóstico de EAC son su bajo coste, su gran versatilidad, su amplia disponibilidad y la posibilidad de evaluar una disfunción valvular u otras patologías cardíacas asociadas. Otras indicaciones en las que la EE puede ser útil incluyen la valoración de la función diastólica en pacientes con disnea debida a cualquier cardiopatía, así como la evaluación de valvulopatías, miocardiopatías e hipertensión pulmonar. La EE es una tecnología verde en la que la ausencia de radiación impacta al paciente, al personal sanitario y al medioambiente.

FISIOPATOLOGÍA DE LA ISQUEMIA MIOCÁRDICA

La isquemia miocárdica es la consecuencia de un desajuste entre la oferta y la demanda de oxígeno al miocardio, y sus síntomas y signos pueden ser utilizados como herramientas diagnósticas. La isquemia miocárdica sigue una «cascada» típica de eventos en la que los diferentes marcadores aparecen en una secuencia temporal bien definida (**Fig. 7-1**). El primer elemento de la «cascada» es una alteración en la perfusión miocárdica; a medida que el flujo coronario disminuye, aparecen secuencialmente alteraciones metabólicas, disfunción diastólica, disinerxia regional, alteraciones electrocardiográficas y, por último, dolor torácico. Desde un punto de vista diagnóstico, los distintos elementos de la «cascada isquémica» siguen un gradiente de sensibilidad, siendo la alteración de la perfusión regional el más sensible, y el dolor torácico, el menos sensible. Este es el fundamento de la superioridad de las técnicas de diagnóstico por imagen sobre la ergometría convencional para la detección de EAC.

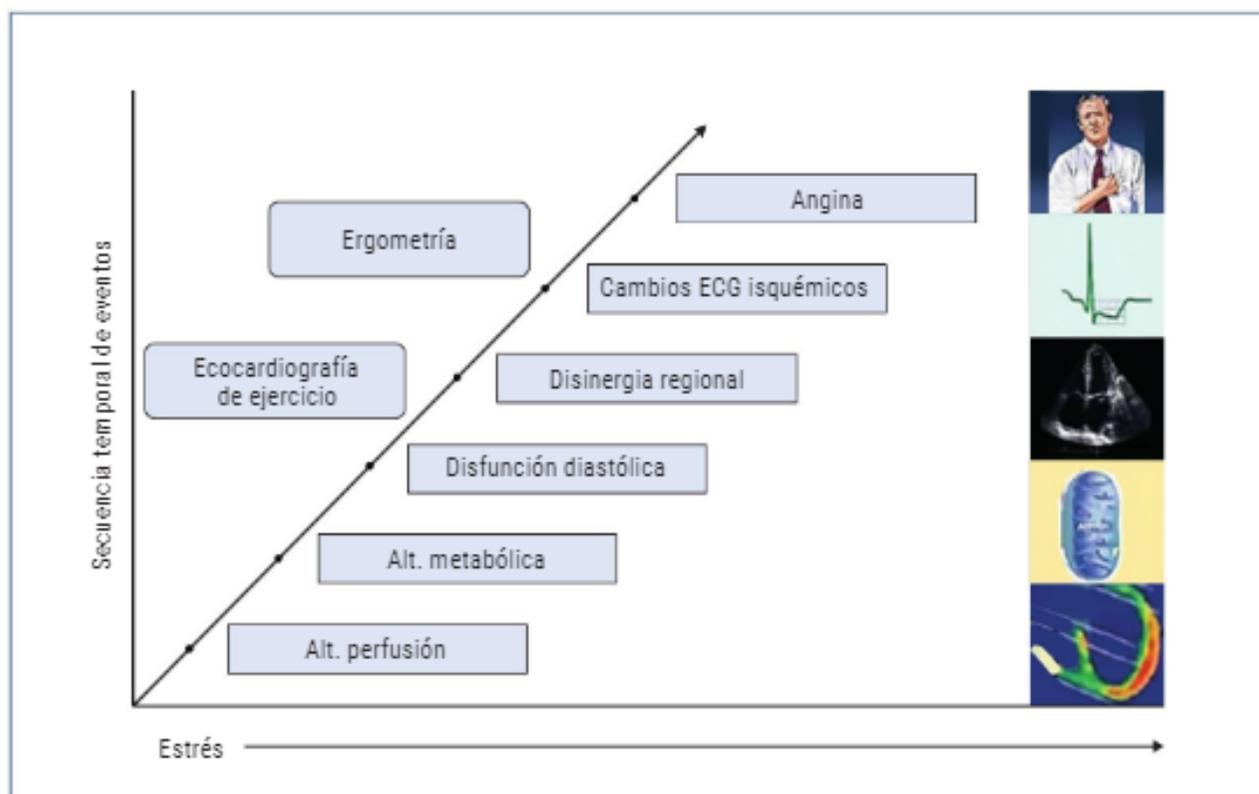


Figura 7-1. Secuencia temporal de eventos de la «cascada isquémica».

Los métodos de provocación de isquemia miocárdica se clasifican en función de su mecanismo de acción. El ejercicio, la dobutamina y la estimulación eléctrica aumentan la demanda miocárdica de oxígeno al ejercicio, mientras que la ergonovina disminuye su aporte. Los fármacos vasodilatadores, como el dipiridamol y la adenosina, producen isquemia por un fenómeno de «robo coronario». De todos ellos, el ejercicio, la dobutamina y el dipiridamol son los más ampliamente utilizados. Las guías de práctica clínica recomiendan el ejercicio como primera elección y reservar la dobutamina para pacientes que no puedan hacerlo.

INDICACIONES DE LA ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS EN CARDIOPATÍA ISQUÉMICA

La aplicación más importante de la EE es la **detección de isquemia miocárdica**. La EE es apropiada en pacientes sintomáticos con enfermedad coronaria conocida o sospechada y que presentan un electrocardiograma no interpretable (bloqueo de rama izquierda, ritmo de marcapasos ventricular, preexcitación, descenso basal del segmento ST > 1 mm), una ergometría previa dudosa, una historia previa de revascularización coronaria o estenosis coronarias de significado incierto en una coronariografía (invasiva o no invasiva). Además, está indicada en pacientes con síntomas estables y probabilidad pretest de EAC intermedia, así como en enfermos con dolor torácico agudo de posible etiología isquémica con electrocardiograma no diagnóstico y marcadores de daño miocárdico seriados normales. En cambio, no está indicada en pacientes con síntomas estables y probabilidad pretest de EAC < 5 %, así como en pacientes estables con probabilidad pretest entre el 5-15 % sin factores de riesgo (**Tabla 7-1**). Los factores de riesgo a considerar para someter a pacientes con probabilidad pretest de entre el 5-15 % a este tipo de pruebas serían los factores de riesgo coronario clásicos, la existencia de disfunción ventricular de posible origen isquémico, alteraciones del electrocardiograma (ECG), una prueba de esfuerzo positiva o hallazgos anormales en un *score* de calcio o un TAC coronario previos. En otro caso no se debería considerar estos test, aunque las guías recomiendan la realización de un ecocardiograma basal.

Tabla 7-1. Cálculo de la probabilidad pretest de enfermedad arterial coronaria*

Edad	Típico		Atípico		No anginoso		Disnea	
	H	M	H	M	H	M	H	M
30-39	3 %	5 %	4 %	3 %	1 %	1 %	0 %	3 %
40-49	22 %	10 %	10 %	6 %	3 %	2 %	12 %	3 %
50-59	32 %	13 %	17 %	6 %	11 %	3 %	20 %	9 %
60-69	44 %	16 %	26 %	11 %	22 %	6 %	27 %	14 %
70+	52 %	27 %	34 %	19 %	24 %	10 %	32 %	12 %

* Según edad, sexo y modo de presentación en pacientes con sospecha de síndrome coronario crónico [guías ESC 2020]. H: hombre; M: mujer.

ECOCARDIOGRAFÍA DE EJERCICIO

El *ejercicio* constituye el estrés más fisiológico y, en comparación con el estrés farmacológico, presenta una tasa de eventos adversos significativamente menor. Además, mantiene el valor diagnóstico de la angina y los cambios electrocardiográficos isquémicos inducidos por el ejercicio, así como el valor pronóstico de ciertas variables que, o bien no son proporcionadas por el estrés farmacológico (como la capacidad funcional), o bien tienen un valor pronóstico mucho más marcado que si son inducidas por fármacos (como la respuesta hipotensiva o la aparición de arritmias ventriculares, que son casi siempre debidas a los propios fármacos).

Las modalidades de ejercicio más utilizadas son la *cinta rodante* y el *cicloergómetro*. La primera tiene mayor disponibilidad y produce un mayor aumento de frecuencia cardíaca, el cual es el mayor determinante del consumo de oxígeno. El cicloergómetro tiene la ventaja de una mayor facilidad de adquisición de imágenes en pico de ejercicio y produce un mayor incremento de la tensión arterial, pero el cese del ejercicio sucede con mayor frecuencia por dolor de muslos o problemas de coordinación o adaptación (especialmente en pacientes ancianos y en mujeres, sobre todo, con cicloergómetro supino) en lugar de por agotamiento (**Tabla 7-2**).

Durante la EE, el paciente debe estar monitorizado mediante registro de tensión arterial y electrocardiograma de forma similar a una ergometría convencional. Se deben utilizar protocolos ajustados a las características del paciente, aunque el más utilizado es el de Bruce (basado en un cambio de la velocidad y de la pendiente de la cinta cada 3 minutos). En caso de dudas sobre la habilidad

Tabla 7-2. Diferencias en la facilidad de adquisición de imágenes en pico de ejercicio, tensión arterial máxima, % alcanzado de la frecuencia cardíaca máxima teórica y factibilidad para realizar la prueba en el global de pacientes entre las principales modalidades de ejercicio físico

Tipo de ejercicio	Facilidad de adquisición imágenes pico	Tensión arterial máxima	% alcanzado de la FCMT	Consumo de O ₂ máximo	Factibilidad
Cinta rodante	Algo difícil	++	80-100	+++	++++
Bicicleta ortostática	Fácil	++	80-100	+++	+++
Bicicleta supino	Algo más fácil	+++	70-90	++	++

FCMT = calculado según $220 - \text{edad}$. FCMT: frecuencia cardíaca máxima teórica; O₂: oxígeno.

física de los pacientes, se puede hacer que caminen fuera de la cinta antes de la prueba para decidir el protocolo más adecuado para cada caso. Las imágenes ecocardiográficas estándar para EE son los planos apicales de 4 y 2 cámaras y los paraesternales de eje largo y eje corto en la base. En nuestro laboratorio también adquirimos el plano apical de 4 cámaras más aorta y el plano paraesternal de eje corto apical. La adquisición de imágenes se lleva a cabo en reposo y en el pico de ejercicio (<https://www.youtube.com/watch?v=gnYRa6PoYVw>) o en postejercicio inmediato. Aunque la adquisición de la imagen en pico de ejercicio es rutinaria en el caso de la ecocardiografía de ejercicio en bicicleta, puede entrañar una mayor dificultad en el caso de la ecocardiografía en cinta rodante. Sin embargo, la imagen en pico de ejercicio es más sensible que la de postejercicio para el diagnóstico de EAC. La imagen en pico de ejercicio aporta, además, otra serie de ventajas importantes:

- Permite escanear al paciente durante distintas fases de la prueba o cuando existen dudas sobre la conveniencia de suspenderla; por ejemplo, en caso de síntomas o cambios en el segmento ST.
- Permite disponer de un mayor margen temporal para la adquisición de imágenes. En el caso de la adquisición en postejercicio, esta debe llevarse a cabo en los 45 segundos posteriores al cese del ejercicio, ya que las anomalías contráctiles pueden recuperarse rápidamente, sobre todo en sujetos jóvenes o bajo tratamiento betabloqueante.
- Para escanear al paciente durante el pico de ejercicio en cinta rodante (así como rápidamente en el postejercicio inmediato), la cinta, el ecocardiógrafo y la camilla deben estar situados muy próximos (**Fig. 7-2**). Además, se requiere un sistema de adquisición continua de imágenes (que permite adquirir múltiples ciclos cardíacos durante varios minutos y escoger *a posteriori* las imágenes correspondientes a los distintos planos para compararlas con las previamente obtenidas en situación basal), así como un sistema de pantalla en formato *quad* que permita la comparación de

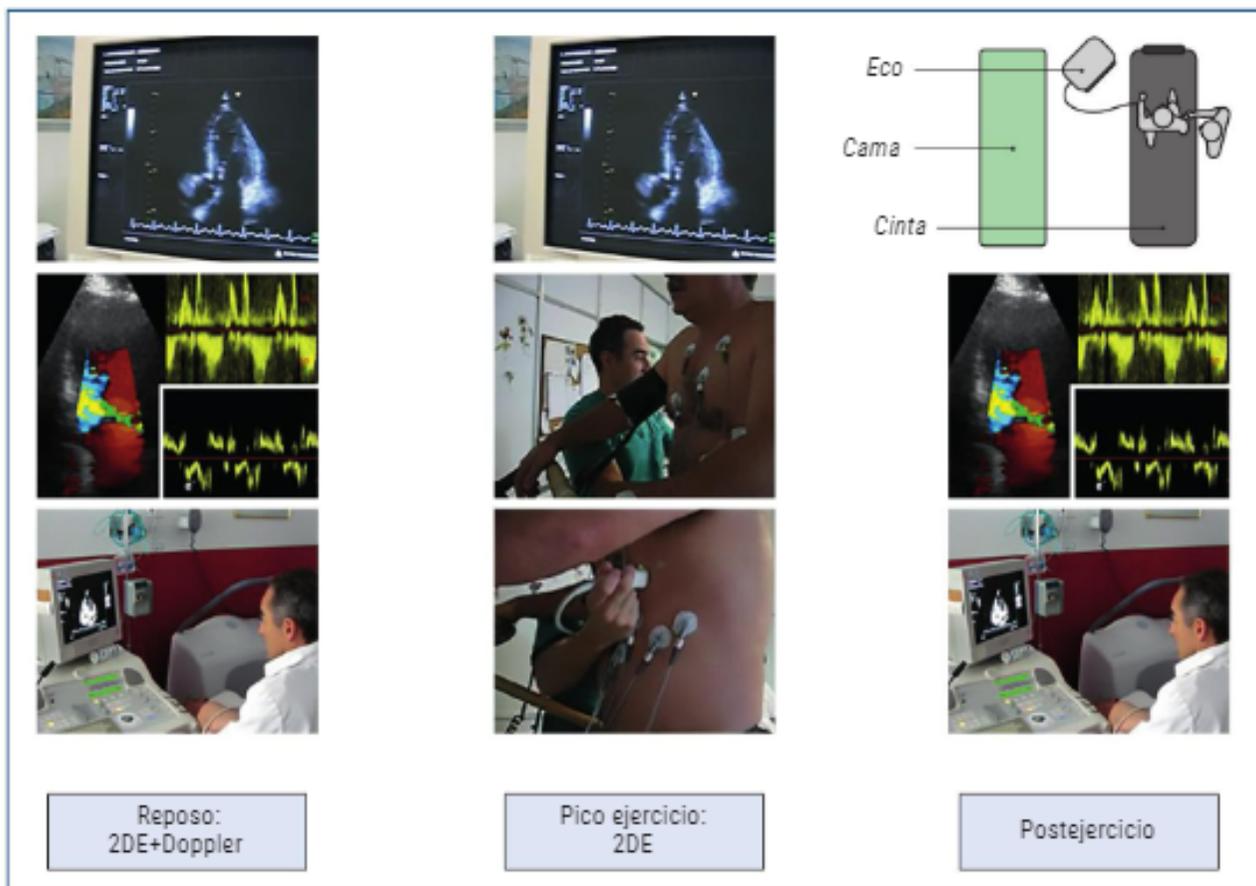


Figura 7-2. Disposición de un laboratorio de estrés preparado para hacer imagen pico en la cinta rodante. 2DE: ecocardiografía bidimensional.

las imágenes basales y de ejercicio (común en aparatos modernos). También es precisa una **conexión directa** entre el ecocardiógrafo y la consola del ergómetro para no tener que colocar cables para ECG adicionales.

ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS FARMACOLÓGICO

Ecocardiografía de estrés con dobutamina

La dobutamina es una catecolamina sintética que actúa principalmente sobre los receptores miocárdicos beta-1 y tiene un menor efecto sobre los receptores alfa y beta-2. La estimulación de los receptores beta-1 da lugar a un incremento de la contractilidad, la frecuencia cardíaca y la conducción auriculoventricular. La actividad alfa-adrenérgica puede también producir un incremento de la vasoconstricción sistémica y de la presión arterial. La estimulación simultánea de los receptores beta-2 puede inducir a una vasodilatación arterial. Esto explica que la tensión arterial puede aumentar (por aumento del gasto cardíaco o por efecto más marcado alfa-adrenérgico, vasoconstrictor) o disminuir (por efecto más marcado sobre los receptores beta-2). Los protocolos habituales para la detección de isquemia miocárdica emplean dosis crecientes de dobutamina de 10 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ cada 3 minutos, hasta una dosis de 40 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, con adición de hasta 2 mg de atropina en dosis fraccionadas de 0,5 mg si no se alcanza la frecuencia cardíaca submáxima o no existe otro criterio de terminación (**Fig. 7-3**). La adición de atropina aumenta la precisión del test y es particularmente útil si el paciente ha recibido tratamiento betabloqueante reciente. Un protocolo de dobutamina debería incluir estudio basal, dosis baja (10 μg), dosis alta (40 μg +/- atropina) y estudio tras beta-

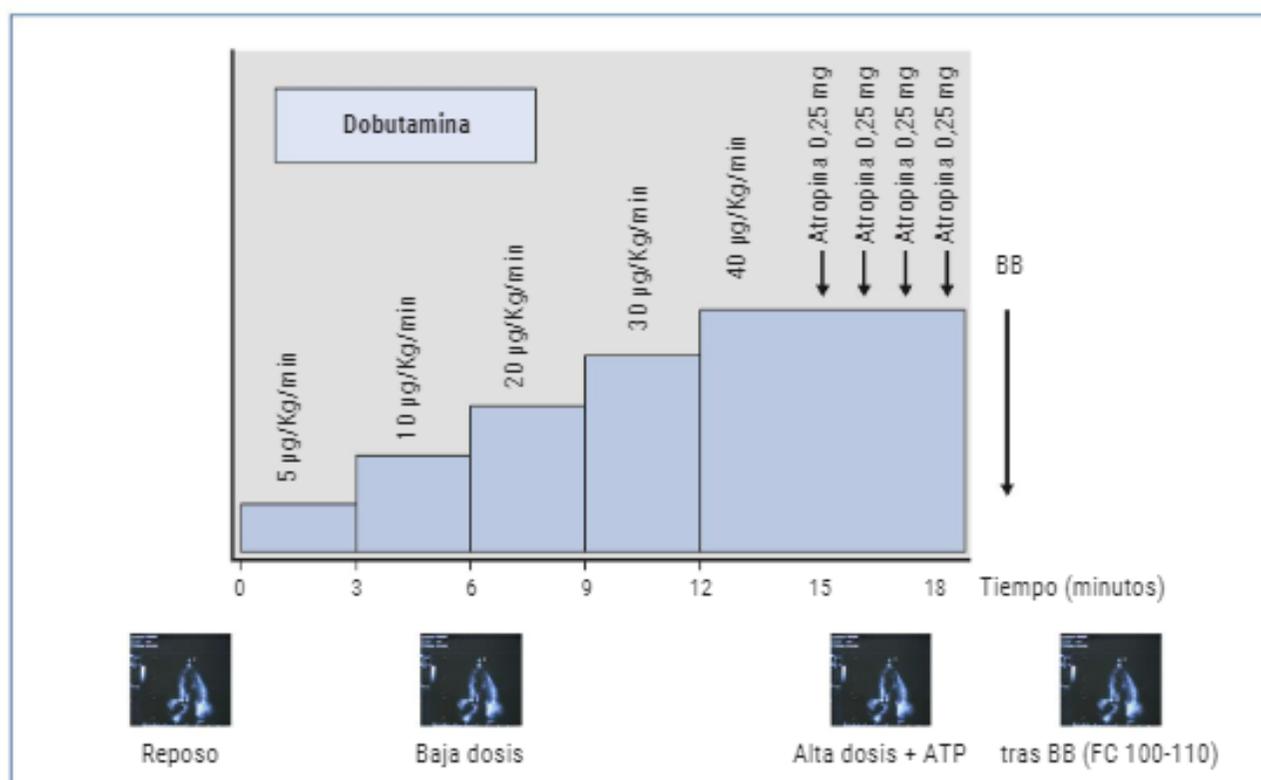


Figura 7-3. Protocolo de ecocardiografía de estrés con dobutamina a dosis altas.

Se puede considerar empezar a administrar atropina desde dosis de 20 o 30 μg si no se eleva adecuadamente la frecuencia cardíaca. Se debe reevaluar al paciente tras betabloqueante puesto inmediatamente después de suspender la infusión, porque a veces se ve respuesta isquémica en ese momento (a 100-110 lpm). ATP: trifosfato de adenosina; BB: bloqueadores beta; FC: frecuencia cardíaca.

bloqueante a unos 100-110 lpm. Este último estudio a veces evidencia una respuesta isquémica que no se habría visto antes.

Las posibles causas para ello incluyen reducción abrupta de vasodilatación por dobutamina/vasoespasma, existencia de isquemia subendocárdica, que estaría enmascarada por incremento de contractilidad epicárdica durante la dobutamina, o un doble producto todavía elevado con el beta-bloqueante en comparación con reposo.

La seguridad de la dobutamina es menor que la del ejercicio o el dipiridamol, y se han comunicado eventos serios (fibrilación ventricular, infarto agudo de miocardio, rotura cardíaca tras infarto o muerte) en 1 de cada 300-400 estudios. Los pacientes con historia de arritmias ventriculares o hipertensión severa no deberían ser sometidos a estrés con dobutamina. Además, las dosis altas de dobutamina deben usarse con cautela en pacientes con disfunción ventricular severa por el riesgo de arritmias graves en este contexto.

Ecocardiografía de estrés con dipiridamol

El dipiridamol es un vasodilatador que produce una redistribución del flujo coronario hacia territorios «sanos» a costa de producir un «robo coronario» a los territorios con estenosis coronarias significativas. Este fenómeno está mediado por una reducción en la recaptación celular y el metabolismo de la adenosina, que dan lugar a un incremento en los niveles endógenos de esta, lo que a su vez estimula los receptores adenosinérgicos A₂ presentes en las células endoteliales y musculares lisas de las arteriolas coronarias. Como consecuencia de la redistribución del flujo coronario se produce una heterogeneidad en la perfusión coronaria y si la isquemia miocárdica es lo suficientemente intensa, alteraciones en la contractilidad segmentaria del ventrículo izquierdo. El empleo de vasodilatadores permite evaluar simultáneamente la contractilidad, la perfusión coronaria (mediante el uso de ecocardiografía de contraste) y la reserva de flujo coronario (al menos en la arteria descendente anterior). El protocolo más actual y moderno consiste en la administración de 0,84 mg/kg en 6 minutos o en 10 minutos y seguido de hasta 1-2 mg de atropina fraccionada en los 2 minutos siguientes.

En hasta un 5% de los casos se producen efectos secundarios menores (hipotensión, náuseas, cefalea, sudoración, enrojecimiento). La vida media del dipiridamol es de unas 6 horas, por lo que el antídoto aminofilina debe ser administrado rutinariamente, incluso en los casos negativos. La isquemia resistente a la aminofilina es infrecuente y debe ser tratada con nitritos. Por otra parte, la aminofilina puede producir espasmo coronario que debe también ser tratado con nitritos (no con dosis adicionales de aminofilina ni betabloqueantes). Las complicaciones serias, muy infrecuentes, se producen en 1/1.000 pacientes y la mortalidad, en 1/10.000 casos. Su uso está contraindicado en caso de broncoespasmo activo, \geq bloqueo AV de 2º grado, disfunción sinusal e hipotensión. Se debe evitar la ingesta de cafeína (café, té, cola, chocolate, plátanos) hasta 12 horas antes de la prueba y los fármacos con teofilina, hasta 24 horas antes.

Ecocardiografía de estrés con adenosina

La adenosina tiene un mecanismo de acción similar al dipiridamol. Se emplea con una dosis máxima de 140 μ g/kg/min en 6 minutos. Los efectos secundarios son más frecuentes que en el caso del dipiridamol, pero no requiere antídoto, ya que su vida media es mucho más breve (10 segundos).

Ecocardiografía de estrés con ergonovina

Se utiliza para el diagnóstico de vasoespasma coronario tras haber descartado previamente la presencia de estenosis coronarias significativas. El protocolo clásico consiste en dosis de 50 μ g cada 5 minutos, hasta una dosis total de 350 μ g. El test se considera positivo si se observa una elevación del seg-

mento ST de al menos 1 mm o la aparición de una nueva alteración de la contractilidad segmentaria. Aunque se consideraba que este tipo de test debería realizarse en el laboratorio de hemodinámica, datos recientes han enfatizado su seguridad cuando se realiza fuera de este guiándose con ecocardiografía.

OTRAS MODALIDADES DE ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

En pacientes portadores de marcapasos, se puede aprovechar la posibilidad de modificar externamente la frecuencia de este para realizar un ecocardiograma de estrés. El protocolo más recomendado consiste en programar una frecuencia inicial de 100 lpm e incrementarla en 10 lpm cada 2 minutos, hasta alcanzar el 85 % de la frecuencia cardíaca máxima teórica.

La posición en cuclillas (*squatting*) es otra modalidad de estrés que produce un aumento de la precarga y poscarga, y que puede llegar a inducir isquemia miocárdica. La realización de ejercicios isométricos (apretar el puño con fuerza) se ha propuesto como complemento a otras modalidades de estrés. Finalmente, los test de hiperventilación y la inmersión de la mano en agua fría se han utilizado para el diagnóstico de vasoespasmo coronario.

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS IMÁGENES

Para el análisis e interpretación de las imágenes adquiridas se emplea un modelo de división del ventrículo izquierdo en 16 o 17 segmentos, cada uno de los cuales se puede adscribir a un territorio coronario, si bien puede existir una variación individual (Fig. 7-4). Cada segmento se evalúa en una escala de 4 puntos en función de su motilidad; se asigna un valor de 1 a los segmentos con motilidad normal, 2 a los hipocinéticos, 3 a los acinéticos y 4 a los discinéticos. El *índice de motilidad segmentaria* se calcula mediante la suma de los *scores* asignados a cada uno de los segmentos, dividida por el número total de segmentos visualizados. Además, muchos laboratorios incluyen los valores de fracción de eyección basal y pico en sus informes. Las figuras 7-5 y 7-6 muestran informes de ecocardiografía de ejercicio y de estrés con dobutamina de nuestro centro.



Figura 7-4. Modelo de 17 segmentos del ventrículo izquierdo para la evaluación de la contractilidad segmentaria ventricular izquierda.

Cada segmento se puede adscribir a un territorio coronario.

CD: arteria coronaria derecha; CX: arteria circunfleja; DA: arteria descendente anterior.

SERVICIO DE MEDICINA Complejo Hospitalario Universitario A Coruña

Paciente: [REDACTED] 00/1991 Sexo: [REDACTED]
 NHC: [REDACTED] NSS: [REDACTED]
 Evidencia: [REDACTED] Teléfono: [REDACTED]

SINCR - PRUEBAS FUNCIONALES CARDIACAS

ECOCARDIOGRAFÍA DE EJERCICIO

Edad: 59 Peso (kg): 90.0 Talla (cm): 172.0 Superficie corporal (m²): 2.03
 Servicio solicitante: CARDIOLOGIA CONSULTA HIAC
 Médico Realizador: [REDACTED]
 Protocolo: BRUCE Fecha Realización: [REDACTED]

DATOS CLÍNICOS
 Factores de riesgo: Tabaco. Enfermedades previas y procedimientos: Infarto agudo (Inferior). Motivo de petición: Asintomático. Evaluativa. Medicación: IECA. ECG Basal: Alterado. Necrosis Inf - Post.

RESULTADOS
 Motivo interrupción: Agotamiento. Clínica: Negativa. Eléctrica: Negativa.
 F. Cardíaca basal: 60 l/min. F. Cardíaca Máx (teórica): 90 l. Alcanzada: 151 l/min. Por Fc: 93.0%.
 Duración Ejercicio: 7.0 min. Máx. Costo Energético: 8.4 Met.
 Tensión Art. Sist. Basal: 120 mmHg. Máx.: 172 mmHg.
 OPR: 83. DPM: 320. IDP: 237.

ESTUDIO ECOCARDIOGRÁFICO
 - Estudio basal (Score basal: 1.31, FEVI basal: 60)
 DA: 1-[-] 2-[-] 3-[-] 4-[-] 5-[-] 6-[-] 7-[-] 8-[-] 9-[-] 10-[-] 11-[-] 14-[-] Segmento no visible: 0
 CD: 9-[-] 6-[-] 11-[-] Normal o Hipocontractil: 1
 CX: 3-[-] 4-[-] 9-[-] 10-[-] Hipocinesia: 2
 DA y/o CX: 15-[-] DA y/o CD: 16-[-] Akinésia: 3
 Disinesia: 4

- Estudio ejercicio (Score ejercicio: 2.25, FEVI pico: 36)
 DA: 1-[-] 2-[-] 3-[-] 4-[-] 5-[-] 6-[-] 7-[-] 8-[-] 9-[-] 10-[-] 11-[-] 14-[-]
 CD: 9-[-] 6-[-] 11-[-]
 CX: 3-[-] 4-[-] 9-[-] 10-[-]
 DA y/o CX: 15-[-] DA y/o CD: 16-[-]

FEVI No
 IA: Reposo: 9 cm³ Ejercicio: 0 cm³
 SA: Reposo: 12.1 Ejercicio: 8.6
 AI-Sinistro (mm): 40 mm

CONCLUSIONES
 Nequemia DA extensa (> 2 segmentos); Isquemia CD extensa; Isquemia CX localizada; Necrosis CX

COMENTARIOS
 Prueba subclínica: clínica (-), ECG (-), see (+) para pequeña necrosis cicatricial en ter de Cx y (+) para isquemia global severa con caída de FEVI cícic

Fdo: [REDACTED]

Figura 7-5. Informe de ecocardiografía de ejercicio de nuestro centro.

ECOCARDIOGRAFIA CON DOBUTAMINA (N°: [REDACTED])

Servicio de Cardiología

Paciente: [REDACTED]

Nº Historia: [REDACTED] 06/30/1975 - 82 AÑOS

Solicitado Por: CARDIOLOGIA HIAC Fecha de Realización: [REDACTED]

Protocolo: DOBUTAMINA ALTA DOSIS
 Motivo de Petición: ASIGNA
 Medicación: ASPIRINA
 ECG Basal: NECROSIS INF-POST

Datos Clínicos

Factores de Riesgo:
 - HTA - COLÉST. >229

Enfermedades Previas y Procedimientos:
 - INFARTO ANTERIO-POSTERIOR
 - POST-ACIP: DA/CD

CK: Infarto agudo. Tiempo post-ICP: 126 meses. Tiempo post- cirugía: meses

Resúmenes

Motivo Interrupción: FIN DEL PROTOCOLO HVI: SEVERA
 Dosis DOBUTAMINA: 40 Dosis ATP: 100.00
 Clínica: NEGATIVA Eléctrica: NEGATIVA
 Morfología NT:

Base	Baja Dosis	Alta Dosis
FC Basal: 72.00 l/m	FC Baja Dosis: 83.00 l/m	máxima: 150.00 l/m
TA Basal: 176.00 mmHg	TA Baja Dosis: 182.00 mmHg	máxima: 195.00 mmHg
DP Basal: 126	DP Baja Dosis: 134	máxima: 232
Fc Máxima teórica: 118.00		Por. Por: 198.79

Incremento del Doble Producto: 306

Score Basal: 1.25 Score Bajo Dosis: 1.25 Post-Ejercicio: 1.25
 FE Basal: 60.00% FE Bajo Dosis: 65.00% Post-Ejercicio: 45.00%
 FC Inseguro Basal: 72.00 l/m FC Inseguro Post-Ejercicio: 150.00 l/m

IV reposo: 5.00 cm³ IV ejercicio: 1.00 cm³

Conclusiones: NECROSIS CD

Comentarios: ECO DOBUTA A ALTA DOSIS. CLINICA NEGATIVA. ELÉCTRICA NEGATIVA. A ECO POSITIVA PARA NECROSIS EN CD SIN DATOS DE ISQUEMIA. IM 2+ (PISA E.C.). DERRAME PERICARDIO MODERADO (1.2 CM)

Figura 7-6. Informe de ecocardiografía de estrés con dobutamina de nuestro centro.

El diagnóstico de enfermedad coronaria se establece cuando se objetivan anomalías de la contractilidad segmentaria en reposo o durante el estrés. Si estas anomalías están presentes en reposo y ejercicio, hablamos de *necrosis o alteración fija de la contractilidad*; si solo se presentan durante el estrés, hablamos de *isquemia*, y si existen anomalías en reposo que empeoran con el estrés, hablamos de *necrosis con isquemia asociada*.

La aparición de nuevas alteraciones de la contractilidad segmentaria no presentes en reposo o el empeoramiento de las previamente presentes en situación basal lleva al diagnóstico de isquemia excepto en dos situaciones:

- La hipocinesia de los segmentos inferior basal e inferoseptal basal inducida por el estrés (que se puede observar con frecuencia en ausencia de enfermedad coronaria).
- Paso de acinesia en reposo a discinesia en ejercicio (que se considera necrosis y simplemente traduce un aumento de las presiones intracavitarias con el estrés).

Además, los pacientes con bloqueo de rama izquierda o portadores de marcapasos presentan una motilidad septal anormal, aun en ausencia de enfermedad coronaria, por lo que el diagnóstico de isquemia en la arteria descendente anterior requiere el análisis del engrosamiento septal y de la contractilidad de los segmentos anteriores y apicales en el plano apical 2 cámaras.

Existen varios signos ecocardiográficos de isquemia según el territorio afectado. En caso de isquemia global por afectación multivaso, se observará caída de la fracción de eyección del VI, habitualmente con dilatación de la cavidad y paso a una forma esférica del VI. En caso de isquemia en el territorio de la arteria descendente anterior, es posible ver una forma del ventrículo izquierdo de «8» en los planos apicales (*signo del 8*), así como el *signo de la «tecla del piano»* en el plano paraesternal largo. Además, el ápex muestra un aumento del giro antihorario; la base puede también mostrar un giro antihorario (paradójico) si la isquemia es severa (giro antihorario en bloque) (**Fig. 7-7**). Cuando existe isquemia en el territorio de la arteria circunfleja, la pared lateral adopta frecuentemente una forma curva tipo «bumerán», mientras que si existe isquemia en el territorio de la arteria coronaria derecha, la pared posteroinferior y septobasal adoptan una forma exagerada de «C» (*signo de la «C»*) (v. **▶ Vídeos 7-1 a 7-7** como ejemplos de casos normales e isquémicos).

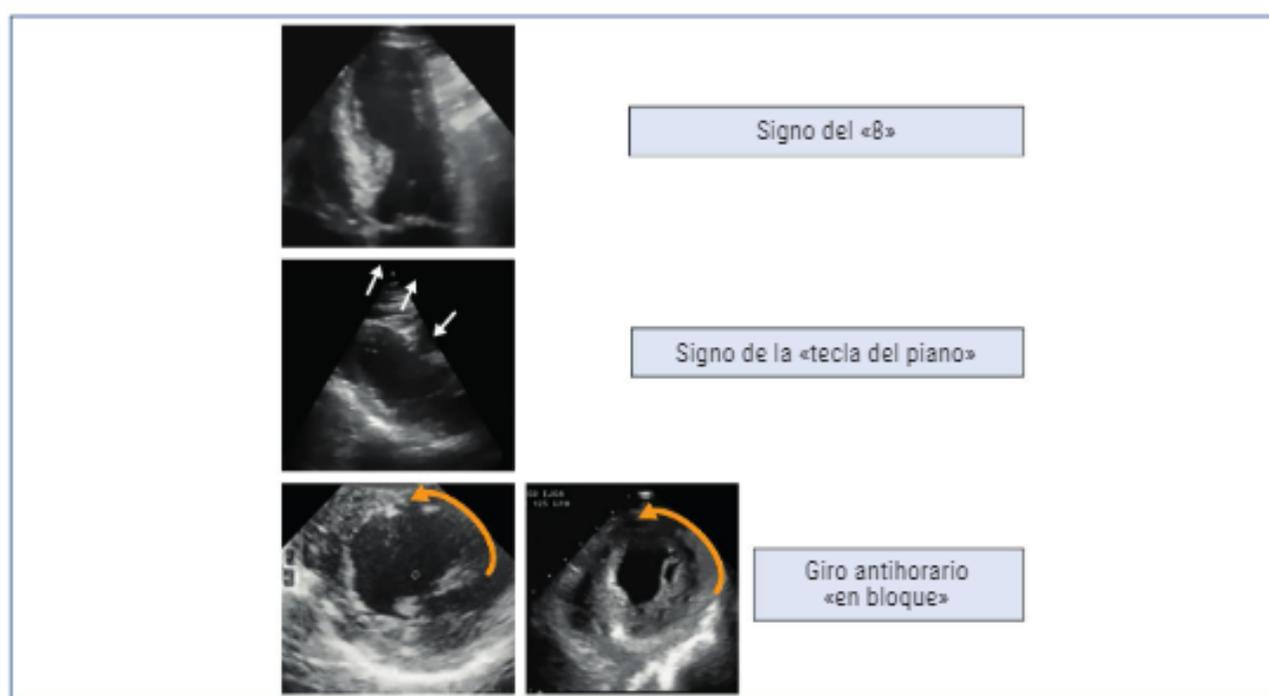


Figura 7-7. Signos de isquemia en el territorio de la arteria descendente anterior.

Independientemente del territorio afectado, no es infrecuente ver, en casos de isquemia severa, desarrollo/incremento de insuficiencia mitral con el ejercicio, así como aparición de patrón restrictivo en el flujo transmitral con incremento del índice E/e' . Todos ellos son datos de mal pronóstico.

PRECISIÓN DIAGNÓSTICA Y VALOR PRONÓSTICO

Se han documentado cifras de sensibilidad de la EE en torno al 80 %, con una especificidad del 85-90 %, aunque esto está basado en estudios de sujetos sintomáticos y, en ocasiones, con infarto o alteraciones contráctiles ya en reposo, lo mismo acontece con estudios con otras técnicas de imagen funcional. De todos modos, la precisión diagnóstica es claramente superior a la de la prueba de esfuerzo convencional. Los estudios comparativos entre ejercicio y estrés farmacológico han demostrado mayor sensibilidad con ejercicio y dobutamina que con dipiridamol, con similares especificidades.

La evaluación de la precisión diagnóstica de la ecocardiografía de estrés se basa en la comparación de índices anatómicos (coronariografía) y funcionales (ecocardiografía) de enfermedad coronaria. El dintel que define la presencia de enfermedad coronaria significativa es arbitrario, y esto influye en los valores de sensibilidad y especificidad. Algunas discrepancias reflejan simplemente estas limitaciones; por ejemplo, una EE falsamente negativa en presencia de una estenosis del 60 % puede ser debido tan solo a que dicha lesión no produce isquemia, y no a una limitación propia de la EE. Sin embargo, no todas las discrepancias se deben a problemas inherentes a la comparación de test anatómicos y funcionales. Una estenosis coronaria puede inducir isquemia en una región miocárdica de pequeño tamaño, que puede no ser identificada mediante EE. Otras causas de resultados falsamente negativos incluyen una calidad de imagen subóptima, adquisición tardía de imágenes en el postejercicio, realización de test bajo la influencia de medicación antiisquémica y pruebas submáximas. Los tres últimos pueden ocurrir porque la isquemia no llega a aparecer o porque esta se resuelve antes de la adquisición de las imágenes (en particular, si se adquieren tras el pico de estrés). En estas situaciones, se utiliza el término *no concluyente* para reportar estos resultados negativos, si bien se sabe que la incompetencia cronotrópica (incapacidad de alcanzar la frecuencia cardíaca submáxima con un estrés adecuado en ausencia de tratamiento cronotrópico negativo) está claramente asociada a un pronóstico adverso. La dependencia de la EE en la generación de isquemia para la aparición de alteraciones de la contractilidad segmentaria hace que los estudios submáximos realizados con ejercicio y dobutamina sean una causa frecuente de resultados falsamente negativos. Por el contrario, la generación de isquemia mediante estrés con vasodilatadores no se basa en un incremento del consumo de oxígeno, por lo que el aumento de la frecuencia cardíaca puede tener menor importancia.

Las causas de falsos positivos en EE pueden reflejar problemas metodológicos (que pueden ser debidos a una sobreinterpretación de anomalías leves de la contractilidad segmentaria, especialmente en planos subóptimos y, en particular, si implican a los segmentos basales inferior e inferoseptal) o problemas relacionados con el enfermo (p. ej.: miocardiopatías, insuficiencia aórtica o una respuesta hipertensiva con el ejercicio).

La EE proporciona información pronóstica muy valiosa para la estratificación del riesgo tanto de pacientes con enfermedad arterial coronaria (EAC) estable como tras un síndrome coronario agudo. Una EE normal se asocia a un riesgo anual de eventos cardíacos espontáneos inferior al 1 %, que son cifras similares a las de una tomografía computarizada por emisión de fotón único (SPECT) negativa o una resonancia magnética (RM) de estrés negativa. Aunque se considera que el tratamiento de la enfermedad multivaso después de un infarto agudo de miocardio reperfundido con angioplastia debe ser una revascularización completa, en un estudio reciente se vio que los pacientes con EE negativa en esta situación tenían igual pronóstico que los sometidos a revascularización multivaso.

En los pacientes con una EE negativa existen varias características que se han asociado a una mayor tasa de eventos: baja carga de esfuerzo, edad avanzada, angina en ausencia de alteraciones de

la contractilidad segmentaria e hipertrofia ventricular izquierda. Aunque el pronóstico para eventos cardíacos mayores en pacientes con EE negativa es similar, independientemente de la positividad clínica o eléctrica, sí que es cierto que los pacientes con cambios ECG o clínica de angina, a pesar de tener una ecocardiografía normal durante el estrés, podrían tener más frecuencia de EAC que los que no. En estos pacientes con resultados dudosos de la EE, el TAC coronario o la coronariografía serían una opción diagnóstica. El mejor escenario es cuando la EE es clínica, eléctrica y ecocardiográficamente negativa (*triple tranquilidad*).

LIMITACIONES DE LA ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

La principal limitación de la EE es la existencia de un porcentaje de pacientes con una ventana ecocardiográfica subóptima. Este problema se ha visto reducido significativamente con la generalización de la imagen armónica. En el 5-10 % restante de pacientes con pobre ventana acústica, el empleo de agentes de contraste permite una mejor detección de los bordes endocárdicos (Fig. 7-8). Se considera indicada su utilización cuando la visualización de dos o más segmentos del ventrículo izquierdo es inadecuada. Por el contrario, su aplicación rutinaria no es coste-efectiva.

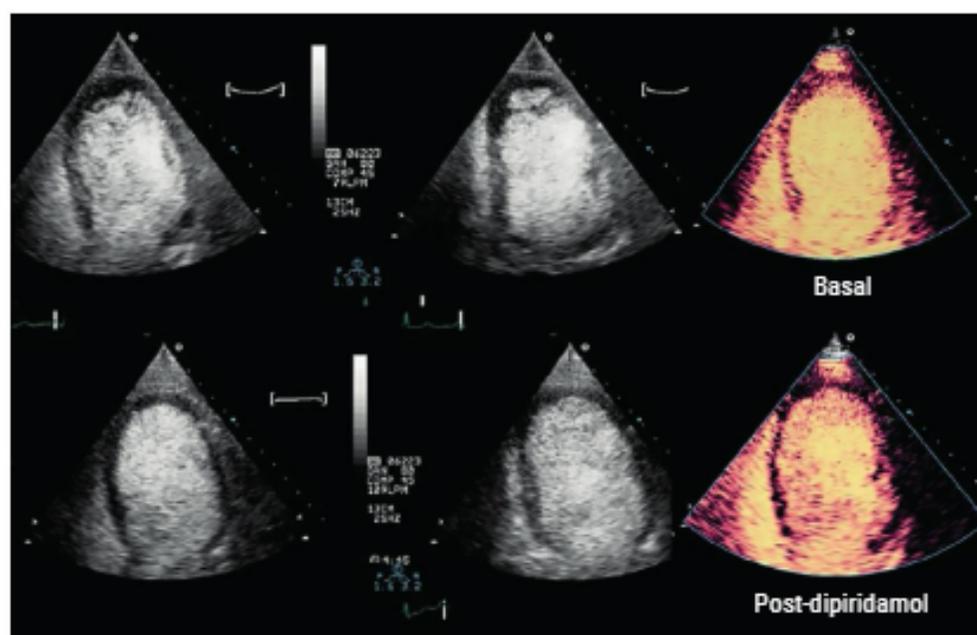


Figura 7-8. Ejemplo de uso de contraste para opacificación de bordes y para estudio de perfusión en un paciente isquémico durante estrés con dipiridamol. Obsérvese hipoperfusión generalizada en el estudio con estrés.

En segundo lugar, la EE es una técnica altamente dependiente del operador y, por tanto, son fundamentales la experiencia y el entrenamiento previos. Este punto es especialmente importante en el caso de la ecocardiografía de ejercicio y, en particular, en determinadas condiciones, como el bloqueo de rama izquierda o el ritmo de marcapasos.

Finalmente, la ecocardiografía de ejercicio requiere que el paciente sea capaz de llevar a cabo un esfuerzo adecuado. En torno a un 25 % de los pacientes no alcanzan el 85 % de la frecuencia cardíaca máxima teórica; estos test se consideran no concluyentes. Este porcentaje se puede reducir mediante el uso de atropina durante el ejercicio, que es particularmente útil en pacientes que han recibido tratamiento betabloqueante reciente o en aquellos con limitación funcional no severa secundaria a artropatía o claudicación intermitente.

OTRAS APLICACIONES DE LA ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

Disnea

La ecocardiografía de ejercicio permite evaluar la *función diastólica durante el ejercicio* y ayuda a clarificar las posibles causas de una disnea de esfuerzo. Los pacientes con disnea de esfuerzo y fracción de eyección preservada pueden tener insuficiencia cardíaca (ICFEP), pero, además, un porcentaje de 20-40% tienen también EAC concomitante o causal, por lo que la EE con ejercicio es una prueba fundamental en ellos para descartar EAC y a la vez diagnosticar ICFEP.

El test puede realizarse en cicloergómetro o en cinta rodante, e implica la adquisición del Doppler pulsado del flujo transmitral, las velocidades de Doppler tisular del anillo mitral y el espectro Doppler continuo de la insuficiencia tricúspide, tanto en situación basal como en ejercicio o recuperación. Teniendo en cuenta que la taquicardia sinusal inducida por el esfuerzo puede producir una fusión de las ondas E y A, puede ser conveniente realizar la adquisición en recuperación más tardía.

El resultado se considera anormal si existen cociente E/e' septal > 15 con el ejercicio y velocidad máxima del espectro Doppler continuo de la insuficiencia tricúspide > 3,4 m/s con el ejercicio. Si solo existe elevación de presión de arteria pulmonar, no se considera ICFE preservada, porque esto puede deberse a neumopatía o a otra patología. Las últimas guías de práctica clínica (2020) en síndrome coronario crónico ofrecen datos de probabilidad pretest de EAC para pacientes con disnea (v. **Tabla 7-1**). Además, las guías de disfunción diastólica consideran el valor de la EE con ejercicio para pacientes con disnea y probabilidad intermedia de disfunción diastólica con objeto de diagnosticar insuficiencia cardíaca con fracción de eyección preservada (**Tabla 7-3**).

Tabla 7-3. Algoritmo para diagnosticar insuficiencia cardíaca con FE preservada

	Funcional	Morfológico	Biomarcador (RS)	Biomarcador (FA)
Mayor	e' septal < 7 cm/s o e' lateral < 10 cm/s o promedio E/e' ≥ 15 o velocidad IT > 2,8 m/s (PSP > 35 mm Hg)	Volumen AI indexado > 34 mL/m ² o masa del VI ≥ 149/122 g/m ² [h/m] y grosor relativo de pared > 0,42	NT-proBNP > 220 pg/mL o BNP > 80 pg/mL	NT-proBNP > 660 pg/mL o BNP > 240 pg/mL
Menor	promedio E/e' 9-14 o SLG < 16%	Volumen AI indexado 29-34 mL/m ² o masa del VI ≥ 115/95 g/m ² [h/m] o grosor relativo de pared > 0,42 o grosor de pared VI ≥ 12 mm	NT-proBNP 125-220 pg/mL o BNP 35-80 pg/mL	NT-proBNP 365-660 pg/mL o BNP 105-240 pg/mL
criterio mayor: 2 puntos	≥ 5 puntos: insuficiencia cardíaca con FE preservada			
criterio menor: 1 punto	2-4 puntos: test de estrés diastólico o medidas invasivas			
Criterios adicionales				
<ul style="list-style-type: none"> • Si E/e' > 15 con ejercicio: +2 • Si E/e' > 15 & velocidad tricúspide > 3,4 m/s (PSP > 51 mm Hg): +3 • Si velocidad tricúspide > 3,4 m/s (con E/e' no elevada): 0 				

Pieske B, Tschöpe C, Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E et al. The HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal* (2019) 40, 3297-317. AI: aurícula izquierda; FA: fibrilación auricular; FE: fracción de eyección; h/m: hombres/mujeres; IT: insuficiencia tricúspide; RS: ritmo sinusal; SLG: strain longitudinal global; VI: ventrículo izquierdo.

Nuestro protocolo para estudio de disnea no difiere del empleado para pacientes con dolor precordial e incluye imágenes basales de eco 2D, función diastólica (flujo de llenado del VI y E/c' septal) y medición de insuficiencia mitral, todo ello en reposo y en postejercicio inmediato; se reservan las imágenes en pico de ejercicio para estudios con 2D de función sistólica global y regional (v. **Video 7-8** como ejemplo de la utilidad del eco de ejercicio para pacientes con disnea).

Estratificación del riesgo previo a la cirugía no cardíaca

La estratificación del riesgo previo a una cirugía no cardíaca mediante EE está indicada en pacientes que van a ser sometidos a cirugía vascular, con pobre capacidad funcional (<4 METs) y que presentan tres o más factores de riesgo clínicos, entre los que se incluyen historia de enfermedad coronaria, insuficiencia cardíaca compensada o previa, enfermedad cerebrovascular, diabetes *mellitus* insulino-dependiente e insuficiencia renal.

PAPEL DE OTRAS TÉCNICAS ECOCARDIOGRÁFICAS

El contraste ecocardiográfico para la opacificación del ventrículo izquierdo se puede emplear en casos de ventana ecocardiográfica subóptima (falta de visualización de dos o más segmentos miocárdicos) para mejorar la detección de los bordes endocárdicos y, consecuentemente, la precisión diagnóstica. El contraste puede utilizarse, además, para evaluar la perfusión miocárdica durante el estrés (v. **Fig. 7-8**). Dado que los defectos de perfusión preceden a las anomalías de la contractilidad segmentaria del ventrículo izquierdo en la cascada isquémica, esta técnica puede proporcionar una mayor sensibilidad a expensas de una menor especificidad en algunos estudios.

El Doppler tisular y el *speckle tracking* permiten medir las velocidades y la deformación tisular del miocardio; estas técnicas pueden aumentar la reproducibilidad y la precisión diagnóstica entre observadores poco entrenados, pero no aumentan la precisión del diagnóstico visual llevado a cabo por observadores experimentados. El *speckle tracking* puede ser utilizado para evaluar el movimiento rotacional del miocardio, que está alterado en la isquemia miocárdica (**Fig. 7-9**). El principal problema con el *speckle tracking* es la pérdida de información si la imagen no es de buena calidad y que el *frame rate* quede limitado cuando la frecuencia cardíaca alcanzada es superior a 150 lpm.

La ecocardiografía tridimensional permite adquirir un volumen de todo el corazón en pocos latidos (o incluso en uno solo), a partir del cual se pueden obtener *offline* todos planos descados. Sin embargo, no ha demostrado su superioridad con respecto a la EE bidimensional. Sus limitaciones incluyen una calidad de imagen inferior a la de la ecocardiografía bidimensional y un bajo *frame rate*.

ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS EN COMPARACIÓN CON OTRAS TÉCNICAS PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD ARTERIAL CORONARIA

Aunque la EE es una excelente prueba para el manejo/toma de decisiones clínicas en pacientes con EAC conocida, desde el punto de vista del cribado inicial de pacientes con sospecha de EAC tiene que competir actualmente con otras pruebas de imagen funcional o anatómica (TAC coronario).

Desde la perspectiva del diagnóstico y pronóstico, la EE es similar a las otras técnicas de imagen funcional (MIBI-SPECT, resonancia magnética). Por lo tanto, lo que más prima en cuanto a elección de una u otra es la *disponibilidad y experiencia* del grupo examinador, aunque sí es cierto que la EE sería más recomendable para centros que quisieran iniciarse en la evaluación con imagen funcional, dadas las ventajas comentadas, sobre todo en cuanto a coste, tecnología verde e información aditiva.

En cuanto al diagnóstico inicial de EAC, la EE ha de competir con el TAC coronario, que está ganando terreno, aunque hoy en día se trata de una técnica exclusivamente anatómica. Algunas guías, como las NICE (Reino Unido), consideran el TAC coronario como la prueba inicial para el diagnós-

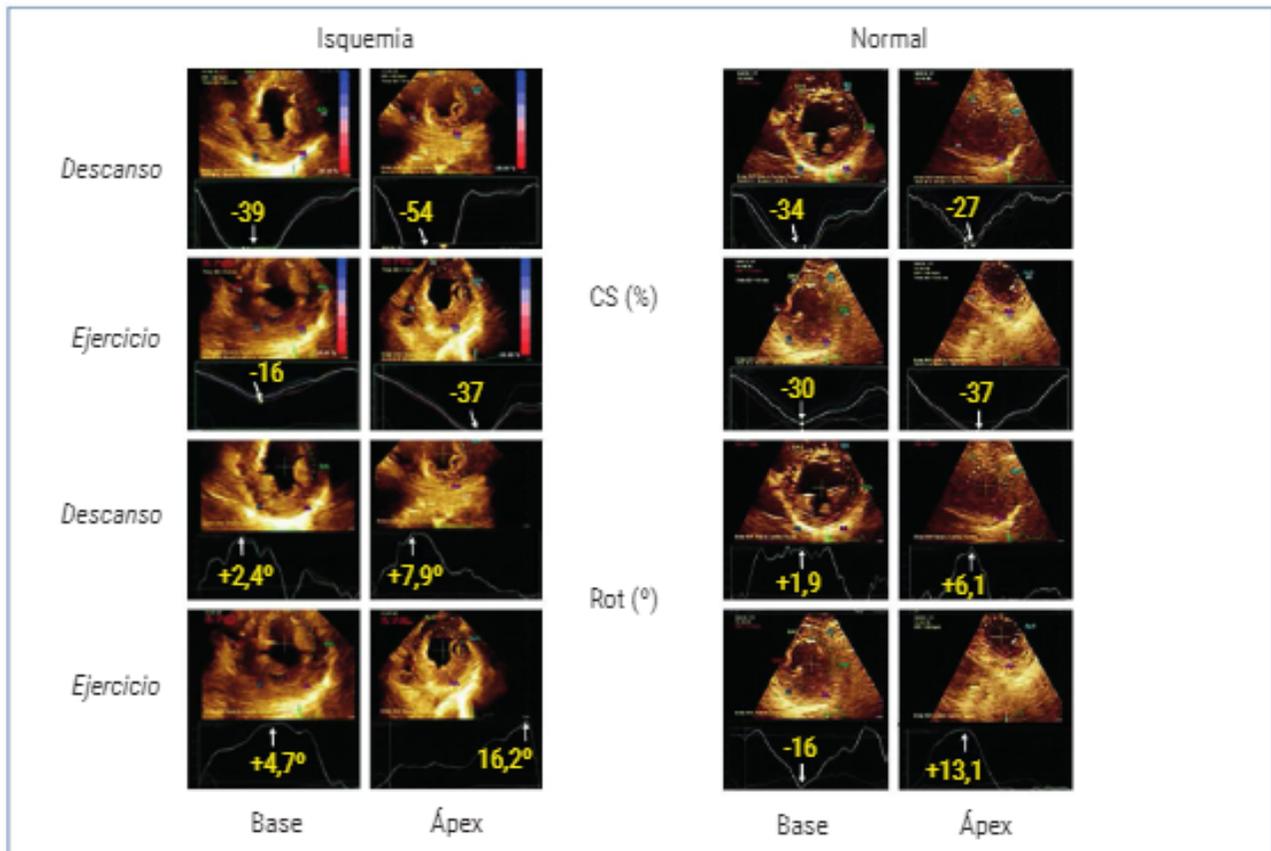


Figura 7-9. Strain circunferencial y rotación apical y basal en reposo y ejercicio en pacientes normales y con isquemia durante eco de ejercicio.

En el sujeto normal el *strain* circunferencial de la base y del ápex mejora con ejercicio, y el giro antihorario del ápex se incrementa, sin cambios llamativos en la rotación de la base. En el paciente con isquemia global o en el territorio de la arteria descendente anterior el *strain* circunferencial empeora tanto en la base como en el ápex, el giro antihorario del ápex se incrementa (como en el sujeto normal) y el giro antihorario de la base pasa a ser horario [rotación «paradójica» del ápex y giro antihorario global «en bloque»].

Peteiro J et al. Int J Cardiovasc Imaging 2017.

CS: *strain* circunferencial; Rot: rotación.

tico de pacientes con angina probable o típica, aunque se ha visto que esto sobrepasa la capacidad del sistema en el propio Reino Unido. Las ventajas de utilizar, en primer lugar, un TAC coronario en comparación con otras técnicas funcionales se han evaluado en diferentes estudios, tanto en el escenario agudo como en el crónico. En un metaanálisis que incluyó todos estos estudios, se vio que el TAC era similar a las pruebas funcionales en el escenario agudo en cuanto a eventos en el seguimiento, mientras que en el escenario crónico habría menos infartos con la estrategia TAC, sobre todo en función de los resultados del estudio SCOT-HEART, pero sin ninguna diferencia en mortalidad total a los 5 años. Sin embargo, el único estudio justo fue el PROMISE, puesto que se comparaba una estrategia TAC frente a una estrategia de pruebas funcionales, aunque eran con imagen en el 90 % de los casos; en este estudio ambas estrategias fueron similares. En el SCOT-HEART, en realidad se comparaba una estrategia de prueba de esfuerzo convencional con una estrategia de prueba de esfuerzo convencional más TAC coronario. En el escenario agudo sucedía lo mismo y solo en unos pocos estudios se comparó TAC con imagen funcional. La **tabla 7-4** muestra los resultados de los estudios en los que se comparó TAC con imagen de EE en el escenario agudo.

Uno de los problemas de empezar con una estrategia puramente anatómica en el cribado de EAC es el de asumir falsa normalidad en caso de pacientes con isquemia con arterias coronarias normales (INOCA), que supone aproximadamente el 20 % de pacientes con angina.

Tabla 7-4. Eco estrés (EE) vs. TAC coronario en el escenario agudo (Unidad de Dolor Torácico)

Estudio	n	Precocidad del alta	Pruebas subsiguientes	Pronóstico	CG/Rev	Coste
<i>Perfect trial</i> Uretsky S, J Nuclear Cardiology, 2017	411	Igual	Igual	Igual	Más con TAC	-
Levsky DM, JACC Cardiovasc Imaging, 2018	400	EE mejor	Más con TAC	Igual	Igual	-
COECOTAC Piñeiro M, Rev Esp Cardiol, 2020	203	Igual	Más con TAC	Igual	Igual	Menos con EE en test (-)

CG/Rev: coronariografía/revascularización; EE: ecocardiografía de estrés; TAC: TAC coronario.

Sin embargo, a partir del estudio ISCHEMIA, el TAC coronario podría tener un papel en la estratificación inicial de pacientes con EAC y angina estable. En el estudio ISCHEMIA, se aleatorizó a pacientes con angina estable e isquemia, al menos moderada, que no tenían lesión en el tronco principal izquierdo, a una estrategia de tratamiento médico óptimo (TTMO) frente a una estrategia de TTMO más revascularización coronaria. No se encontraron diferencias entre grupos en el *endpoint* compuesto de muerte cardiovascular, infarto de miocardio, hospitalización por angina inestable, fallo cardíaco o paro cardíaco. Hubo más infartos periprocedimiento en el primer año en la estrategia intervencionista y más infartos espontáneos en el segundo año en la conservadora, con igualdad en el número de infartos totales. Las muertes por cualquier causa en el seguimiento medio de 3,2 años también fueron iguales (145 en la estrategia invasiva, 144 en la conservadora). La cantidad de isquemia no determinó el pronóstico ni hizo que una u otra estrategia fuera mejor, mientras que sí se vio que los pacientes más sintomáticos obtenían beneficio sintomático con la estrategia invasiva. En la misma línea, en cuanto al impacto de la isquemia, los resultados a 10 años del STICH muestran que esta no debe impactar la decisión de revascularizar quirúrgicamente a los pacientes con disfunción ventricular severa (fracción de eyección del ventrículo izquierdo [FEVI] <35%), puesto que estos pacientes van mejor con cirugía, independientemente de la presencia/ausencia de isquemia.

De este modo, del estudio ISCHEMIA se desprende que el TAC coronario podría usarse para tener la seguridad de que el paciente con isquemia significativa y angina estable tiene un TPI indemne y, por tanto, podría indicarse una estrategia conservadora inicial. Por otra parte, puesto que los síntomas, y no la isquemia, deberían primar en estos pacientes para considerar una revascularización, las pruebas de detección de isquemia pierden *momentum*, en contraste con una prueba de esfuerzo convencional, que podría usarse para estudiar síntomas y capacidad funcional de forma sencilla, en casos de EAC ya conocida.

★ CONCLUSIONES

- La ecocardiografía de estrés permite la evaluación de la respuesta cardíaca a un estrés, físico, farmacológico o de otro tipo.
- Sus indicaciones más relevantes incluyen la detección de isquemia miocárdica en el escenario agudo y crónico, y el apoyo en las decisiones clínicas de pacientes con EAC conocida, aunque también puede ser útil para otras indicaciones, como la valoración de la disnea de esfuerzo.
- Su bajo coste, su gran versatilidad y la ausencia de exposición a radiación son ventajas que hay que tener en cuenta frente a otras técnicas alternativas de diagnóstico por la imagen.

BIBLIOGRAFÍA

- Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Álvarez-García N, Broullón FJ, Mosquera VX, García-Bueno L et al. Prediction of mortality and major cardiac events by exercise echocardiography in patients with normal exercise electrocardiographic testing. *J Am Coll Cardiol*. 2009; 53: 1981-90.
- Douglas PS, García MJ, Haines DE, Lai WW, Manning WJ, Patel AR et al. ACCF/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Heart Failure Society of America, Heart Rhythm Society, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Critical Care Medicine, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 57: 1126-66.
- Foy AJ, Dhruva SS, Peterson B, Mandrola JM, Morgan DJ, Redberg RF. Coronary Computed Tomography Angiography vs Functional Stress Testing for Patients With Suspected Coronary Artery Disease: A Systematic Review and Meta-analysis. *JAMA Intern Med*. 2017; 177: 1623-31.
- Knuuti J, Wijns W, Saraste A, Capodanno D, Barbato E, Funck-Brentano C et al. 2019 ESC Guidelines for the diagnosis and management of chronic coronary syndromes. *Eur Heart J*. 2020; 41: 407-77.
- Maron DJ, Hochman JS, Reynolds HR, Bangalore S, O'Brien SM, Boden WE et al. Initial Invasive or Conservative Strategy for Stable Coronary Disease. *N Engl J Med*. 2020; 382: 1395-407.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Barge-Caballero G, Martínez D, Yáñez JC, López-Pérez M, et al. Left ventricular torsion during exercise in patients with and without ischemic response to exercise echocardiography. *Rev Esp Cardiol*. 2014; 67: 706-16.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón J, Larrañaga JM, Vázquez-Rodríguez JM. Abnormal exercise echocardiography plus abnormal E/e' ratio at exercise portends worse outcome in patients with dyspnea. *J Cardiol*. 2019; 73: 73-80.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullón J, Sánchez-Fernández G, Pérez-Cebey L, Yáñez J et al. Outcome by Exercise Echocardiography in Patients with Low Pretest Probability of Coronary Artery Disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2016; 29: 736-44.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estévez R, Pazos P, Piñeiro M, Castro-Beiras A. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at postexercise for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr*. 2012; 25: 319-26.
- Pieske B, Tschöpe C, De Boer RA, Fraser AG, Anker SD, Donal E et al. How to diagnose heart failure with preserved ejection fraction: the HFA-PEFF diagnostic algorithm: a consensus recommendation from the Heart Failure Association (HFA) of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J*. 2019; 40: 3297-317.

Ecocardiografía de estrés en miocardiopatías e insuficiencia cardíaca

8

M. J. Oliva Sandoval y D. Saura Espín



OBJETIVOS

- Conocer las indicaciones de la ecocardiografía de estrés en pacientes con miocardiopatías y con insuficiencia cardíaca.
- Aprender a realizar e interpretar un ecocardiograma de estrés con ejercicio en pacientes con diagnóstico de miocardiopatía hipertrófica.
- Comprender la utilidad del ecocardiograma de estrés diastólico en el diagnóstico de sospecha de la insuficiencia cardíaca con fracción de eyección normal. Aprender a realizar la técnica e interpretar resultados.
- Conocer las aplicaciones terapéuticas derivadas de la información que aporta la ecocardiografía de estrés.

INTRODUCCIÓN

La ecocardiografía de estrés (EE) permite la evaluación simultánea de la presencia de síntomas y de la función miocárdica y hemodinámica en condiciones fisiológicas (ejercicio) o farmacológicas (inotrópicos o vasodilatadores). En este sentido, ayuda a desenmascarar anomalías estructurales o funcionales que pueden ocurrir en condiciones de actividad o estrés, y conducir a anomalías en el movimiento de la pared, disfunción valvular o anomalías hemodinámicas, lo que supone una información adicional a la obtenida con una ergometría simple (**Tabla 8-1**).



La EE es una técnica no invasiva, de bajo coste y ampliamente disponible que proporciona información pronóstica adicional más allá de la detección de isquemia.

Tabla 8-1. Información funcional y hemodinámica que aporta la ecocardiografía de estrés de ejercicio

Protocolo de ejercicio	Ecografía 2D	Doppler y DTI
<ul style="list-style-type: none">• Capacidad funcional• Síntomas• ΔFC• ΔPA• Alteraciones ECG	<ul style="list-style-type: none">• Función sistólica• Motilidad regional	<ul style="list-style-type: none">• Gradiente transvalvular• Gradiente TSVI• Estimación de la presión arterial pulmonar• Estimación de las presiones de llenado

La ecocardiografía en el momento del ejercicio permite establecer vínculos entre síntomas cardiovasculares, carga de trabajo, anomalías del movimiento de la pared y respuestas hemodinámicas, como la presión pulmonar, los flujos y los gradientes intracavitarios y transvalvulares. DTI: Doppler tisular; ECG: electrocardiograma; FC: frecuencia cardíaca; PA: presión arterial; TSVI: tracto de salida del ventrículo izquierdo.

En la actualidad, en el estudio de las miocardiopatías y en el campo de la insuficiencia cardíaca constituye una herramienta fundamental, en constante auge y expansión. Ayuda a la comprensión de la historia natural de la enfermedad. En pacientes sintomáticos, aporta información de la capacidad funcional del individuo, posee valor pronóstico y ayuda a establecer la estrategia terapéutica y valorar resultados.

El ejercicio es el método de estrés de elección. Como regla general, cualquier paciente capaz de realizar ejercicio físico debe ser evaluado con una modalidad de ejercicio, ya que preserva la integridad de la respuesta electromecánica y proporciona información valiosa sobre el estado funcional de forma más fisiológica.

La EE con ejercicio se puede realizar en tapiz rodante o en cicloergómetro. La EE farmacológica no replica el complejo hemodinámico y los cambios neurohormonales provocados por el ejercicio. La dobutamina es la modalidad alternativa preferida para la evaluación de la reserva contráctil y de flujo. El uso de vasodilatadores es especialmente adecuado para la evaluación combinada del movimiento de la pared y la reserva de flujo coronario.

Una correcta anamnesis y exploración previa permite adaptar la prueba correcta a cada paciente.

MIOCARDIOPATÍAS

Miocardiopatía hipertrófica

La miocardiopatía hipertrófica (MCH) se define por la presencia de un aumento del grosor de la pared del ventrículo izquierdo (VI) que no se puede explicar únicamente por condiciones de carga anómalas. Es una enfermedad caracterizada por una enorme variabilidad genética y fenotípica. Es una entidad dinámica con una compleja fisiopatología en la que intervienen factores como la disfunción diastólica, la obstrucción al tracto de salida del ventrículo izquierdo (OTSVI), la insuficiencia mitral (IM) y la isquemia microvascular. También se caracteriza por su variabilidad clínica. Los pacientes presentan una sintomatología muy heterogénea; algunos están asintomáticos, mientras que otros presentan síntomas de insuficiencia cardíaca (IC), dolor torácico y desarrollo de arritmias, como fibrilación auricular o muerte súbita (MS). Los síntomas característicos son la disnea de esfuerzo, el dolor torácico, el presíncope y el síncope. La historia natural puede cambiar con diferentes intervenciones terapéuticas, como el implante de desfibrilador automático implantable (DAI) en pacientes con factores de riesgo de MS, la indicación de fármacos para reducir la OTSVI y mejorar la función diastólica con alivio de los síntomas, la realización de miectomía quirúrgica o técnicas de ablación septal alcohólica en pacientes con OTSVI refractarios a tratamiento médico. Por último, algunos pacientes pueden precisar un trasplante cardíaco en la fase final de la enfermedad.

En pacientes asintomáticos o con síntomas equívocos se recomienda la evaluación de la capacidad funcional y la estratificación del riesgo de MS.

La capacidad funcional reducida es un hallazgo común en pacientes con MCH, incluso en aquellos asintomáticos. Se debe, principalmente, a una incapacidad para incrementar el gasto cardíaco durante el ejercicio y ha sido atribuido a una variedad de mecanismos fisiopatológicos que incluyen el incremento de la obstrucción intracavitaria, tamaño reducido de la cavidad del VI, incompetencia cronotropa, disfunción sistólica del VI inducida por el ejercicio, isquemia subendocárdica, empeoramiento de la gravedad de la IM inducida con el esfuerzo, arritmias y disfunción diastólica.

Las pruebas de estrés proporcionan información crítica respecto a los mecanismos de la limitación funcional, la historia natural y la estrategia terapéutica.

En este sentido, la EE de esfuerzo aporta información adicional a la ergometría simple con la posibilidad de documentar el empeoramiento o aparición de gradientes en el TSVI y la severidad de la IM.