

Ecocardiografía de estrés. 30 años no es nada... Parte II

Jorge A. Lowenstein*
Víctor Darú**

Correspondencia

Jorge A. Lowenstein
email: lowensteinjorge@hotmail.com

* Servicio Cardiagnóstico Investigaciones Médicas, Buenos Aires y del Servicio de Ecocardiografía de Diagnóstico Médico. Sede Cabildo. Argentina

** Sección Ecocardiografía y Doppler Cardiovascular Sanatorio Finochietto. Cardiagnóstico Investigaciones Médicas. Buenos Aires. Argentina

Palabras clave

- ▷ Isquemia
- ▷ Ecocardiografía de estrés
- ▷ Dipyridamol
- ▷ Dobutamina
- ▷ Deformación miocárdica
- ▷ Reserva coronaria

Keywords

- ▷ Ischemia
- ▷ Stress echocardiography
- ▷ Dipyridamole
- ▷ Dobutamine
- ▷ Myocardial strain
- ▷ Coronary reserve

RESUMEN

Mientras que en la primera parte de este artículo (publicada en RETIC 2017, 7) se revisaron los principios básicos de la ecocardiografía de estrés, en esta segunda parte se verá toda una gama de indicaciones como el análisis de viabilidad miocárdica, la aplicación de la ecocardiografía de estrés en la enfermedad cardíaca no isquémica y la interpretación de la reserva de velocidad de flujo coronario, de la reserva contráctil y del estrés diastólico.

ABSTRACT

While in the first part of the article (released in RETIC 2017, 7) basic principles of stress echocardiography were reviewed, in this second part of the review we will address different aspects such as myocardial viability, stress echocardiography application on non-ischemic heart disease, diastolic stress, coronary flow velocity and contractile reserve interpretation.

Papel de la ecocardiografía de estrés en la viabilidad miocárdica

La disfunción ventricular crónica no necesariamente implica injuria miocárdica irreversible. Los indicadores de viabilidad incluyen la demostración de reserva contráctil con estímulos inotrópicos y la preservación del espesor miocárdico, así como también la presencia de metabolismo y perfusión.

Se puede realizar un test con dobutamina completo para tener algunas de las cuatro respuestas con dobutamina⁽¹⁾:

1. Respuesta bifásica (mejoría a dosis bajas con empeoramiento a dosis altas).
2. Mejoría persistente a bajas dosis que persiste o sigue mejorando a altas.
3. Empeoramiento de la función sin reserva contráctil.
4. Sin cambios en la función.

Con el fin de evitar complicaciones sólo se utiliza dosis hasta 20 µg/kg/min en pacientes en los que se conoce la anatomía coronaria o con fracción de eyección muy reducida y/o con arritmias cardíacas. La respuesta bifásica, aunque no la más frecuente, es indudablemente la más específica y confiere el valor predictivo positivo más elevado para recuperar la función tras la revascularización⁽¹⁾.

Trabajos observacionales sugieren que el miocardio disfuncional pero viable (más de 4 segmentos por cualquier método) es un predictor de futuros eventos cardíacos y alta mortalidad cuando no se revasculariza precozmente^(2,3). Estudios recientes como STICH, HEART y PARR "conmovieron" a la comunidad cardiológica con la conclusión de que el concepto de viabilidad ha perdido importancia para definir conductas, por tanto, los cirujanos cardiovasculares deciden operar, mientras que los cardiólogos clínicos interpretaron que el tratamiento médico óptimo no tiene ninguna desventaja respecto a la revascularización^(4,5).

Para muchos la fisiopatología de la viabilidad tiene consistencia y seguimos convencidos de que tener reserva contráctil es siempre mucho mejor que haberla perdido. Mientras se espera los resultados de nuevos ensayos que provean más información, la viabilidad no debe ser el único factor para decidir el camino más apropiado para los pacientes y en la actualidad existe un arsenal terapéutico que ha igualado los resultados quirúrgicos en los pacientes en que no se demuestre isquemia.

Uso de la ecocardiografía de estrés en la enfermedad cardíaca no isquémica

Cuando se comenzó a realizar estudios de ecocardiografía de estrés prácticamente no se utilizaba el Doppler y menos aún el color. Actualmente las técnicas de Doppler permiten la aplicación de la ecocardiografía de estrés en la evaluación de la enfermedad valvular cardíaca, en la determinación de la función diastólica y en otras entidades como la miocardiopatía hipertrófica y la hipertensión pulmonar.

Aunque la mayoría de los pacientes con estenosis valvulares tiene una evaluación concluyente con el estudio en reposo, existe un grupo no despreciable de pacientes con síntomas no interpretables o con estenosis mitral sólo moderada en reposo en los que es beneficiosa una reevaluación con esfuerzo. Una ecocardiografía con ejercicio (generalmente con bicicleta supina) provee la información de los gradientes durante el esfuerzo y la determinación simultánea de la presión sistólica pulmonar derivada del jet de regurgitación tricúspide⁽⁶⁾. Se utiliza de forma creciente para detectar disfunción subclínica en la insuficiencia mitral asintomática con buena función ventricular o para desenmascarar una estenosis aórtica severa sin síntomas y buena función ventricular. En

cualquiera de estas entidades es fundamental la medición de la capacidad de ejercicio, evaluar los síntomas y la reserva contráctil⁽⁷⁻⁹⁾.

El diagnóstico diferencial entre una estenosis aórtica verdadera y una pseudoestenosis en pacientes con disfunción ventricular con área y gradientes bajos se realiza desde los comienzos con bajas dosis de dobutamina. Recientemente se han incorporado estudios de estenosis aórtica paradójica (área pequeña y gradientes bajos con fracción de eyección normal) para confirmar el diagnóstico y en este caso es preferible el ejercicio a la dobutamina⁽¹⁰⁻¹¹⁾.

La reserva diastólica (véase más adelante el ejemplo plasmado en la **Figura 8**) es trascendental en los pacientes con disnea para descartar la etiología cardíaca, pues define el pronóstico y las conductas; porque hoy se sabe que tener disfunción diastólica con el ejercicio tiene tan mal pronóstico como una respuesta isquémica⁽¹²⁾.

Hay mucha información y bibliografía en relación con la utilidad de la ecocardiografía de estrés en cardiopatía no isquémica por lo que se remite al lector a las recientes recomendaciones conjuntas de la Asociación Europea de Imagen y la Sociedad Americana de Ecocardiografía, con la que el equipo de autores se adhiere totalmente⁽¹³⁾.

Importancia de determinar la reserva contráctil

Se denomina presencia de reserva contráctil a la mejoría de la función ventricular ante un estímulo extra (estrés). Puede ser una simple extrasístole ventricular o como respuesta al ejercicio, a la infusión de inotrópicos o al uso de vasodilatadores.

La medición más exacta de la función sistólica son las curvas de presión/volumen evaluadas de forma invasiva⁽¹⁴⁾. La ecocardiografía es el estudio aislado con mayor utilidad para el estudio de la función miocárdica en reposo y bajo un apremio. La fracción de eyección, con sus conocidas limitaciones, es en la práctica diaria el principal subrogante de la función sistólica global del ventrículo izquierdo (medido por el método de Simpson biplano, de forma automática, o por metodología tridimensional) y sus valores son la *lingua franca* de la cardiología actual. Hoy en día en todos los informes se facilitan los datos de los volúmenes ventriculares de fin de sístole (VFS) y la fracción de eyección en reposo y en el pico del estrés (véase más adelante el **Video 8**). Hay estudios del grupo del doctor Eugenio Picano que concluyen que la relación del índice de presión sistólica medido con maguito/el VFS del ventrículo izquierdo (elastancia) fue más exacto para demostrar disfunción miocárdica que el comportamiento de la fracción de eyección durante la ecocardiografía de estrés, ya que este índice es independiente de la carga y del volumen de fin de diástole^(15,16).

Hay que reconocer la importancia del análisis de la ecocardiografía en reposo para predecir la ausencia de reserva contráctil: un aumento de reflectividad de los tejidos con un espesor del miocardio $\leq 0,6$ cm, la presencia de trombo, dimensiones diastólicas del ventrículo izquierdo $> 7,5$ cm y VFS ≥ 140 ml y/o VFD > 220 ml, una patente de lleno restrictivo irreversible y zonas discínéticas tienen escasa probabilidad de presentarla^(17,18).

Son varias las respuestas que se pueden evaluar para determinar la reserva contráctil. Las más utilizadas son un aumento de la fracción de eyección de 5 a 10 puntos como valor absoluto (otros utilizan valores entre 5 a 10%), una mejoría en el índice de motilidad parietal $> 20\%$ (Δ WMSI $> 0,44$) o un incremento del volumen de eyección sistólico (VTI x área TSVI) en promedio $> 20\%$ ⁽¹⁹⁻²¹⁾. Pueden utilizarse diferentes grados de ascenso en los valores de velocidad y deformación ventricular; por ejemplo, con Doppler tisular un aumento de la velocidad de la

onda S con el ejercicio > 5 cm/s es un buen corte para demostrar la existencia de reserva contráctil; otro dato es que con ejercicio un incremento inferior del 2% en valor absoluto del *strain* bidimensional sugiere ausencia de reserva contráctil en los pacientes con insuficiencia mitral degenerativa^(22,23).

Los métodos de estrés a utilizar son la conocida dobutamina, el ejercicio y el dipiridamol según la situación clínica del paciente. Sin entrar en mayores detalles, se debe evaluar la reserva contráctil en todos los pacientes independientemente que se trate de una cardiopatía isquémica, una miocardiopatía dilatada, una valvulopatía, un paciente candidato a resincronización o un corazón trasplantado. Para que un paciente presente reserva contráctil debe tener adecuada perfusión tisular, intercambio metabólico a nivel de la fibra miocárdica suficiente en cantidad y calidad, microcirculación conservada y un miocardio que tenga aún la capacidad de respuesta evaluada por los índices mencionados anteriormente. La reserva contráctil se puede medir no sólo en el ventrículo izquierdo, sino también en las otras cavidades cardíacas. El mensaje más importante relativo a este aspecto es que en cualquier situación clínica la presencia o ausencia de reserva contráctil cambia el pronóstico del paciente. Su determinación es fundamental, especialmente en aquellos pacientes con disfunción ventricular izquierda y derecha, y la información pronóstica que brinda ayuda en la toma de decisiones.

Utilidad de determinar la presión pulmonar

Después de 30 años de escepticismo la hipertensión pulmonar sistólica provocada por ejercicio se considera relevante y se debe medir la presión pulmonar sistólica (PPS) en reposo y durante el ejercicio (véase más adelante la **Figura 9**). También se ha aprendido a estimar simultáneamente las resistencias pulmonares mediante la fórmula (velocidad de regurgitación tricúspide/VTI del tracto de salida del VD) y reconocer cuándo un aumento es secundario al incremento del volumen minuto del ventrículo derecho y cuándo es patológico⁽²⁴⁻²⁶⁾.

Su interpretación debe estar siempre en relación al contexto clínico del paciente individual. En la experiencia de los autores y en la bibliografía consultada es muy difícil que en personas sanas con ejercicio a baja carga la PPS supere los 60 mmHg. Hay que recordar que en pacientes mayores de 70 años el 40% alcanza una PPS de ≥ 60 mmHg en el ejercicio máximo. En atletas la PPS suele ser mucho más alta⁽²⁷⁾.

Las guías indican niveles de corte en pacientes no valvulares, pero en las insuficiencias o estenosis mitral y en la estenosis aórtica severa sintomática una PPS con el esfuerzo > 60 mmHg tiene peor pronóstico^(28,29). En pacientes con diagnóstico de hipertensión pulmonar primaria en reposo es discutible realizar la prueba para establecer el pronóstico, aunque la ausencia de un incremento durante el ejercicio confirma la disfunción del ventrículo derecho⁽³⁰⁾.

Visualización de las arterias coronarias y la reserva coronaria por ecocardiografía transtorácica. Volver a las fuentes

La angiografía coronaria es la técnica de referencia para determinar la anatomía coronaria, pero está bien establecido de forma experimental y clínica que la reserva coronaria, expresión de la máxima capacidad de vasodilatación del territorio de una arteria coronaria, es una medida fisiológica que correlaciona con la integridad y funcionalidad de la microvasculatura, además de estar estrechamente relacionada con el grado de gravedad de una obstrucción^(31,32).

La posibilidad de evaluar el flujo distal de la arteria descendente anterior (ADA) y su reserva coronaria hoy en día supera el 95% de los pacientes, es menor en la arteria descendente posterior con un 60-70% de éxitos, y en el

territorio de la circunfleja es de alrededor del 50-60%. En más de la mitad de los pacientes, y en especial si son jóvenes, es factible estudiar completamente el árbol coronario a nivel mediodistal de sus tres principales ramas⁽³³⁻³⁵⁾.

La ADA se estudia mediodistal con el paciente en decúbito lateral izquierdo y la aproximación puede ser desde un eje largo "paraesternal bajo", un eje paraesternal corto o el apical de tres cámaras. Actualmente se coloca el color con una escala Nyquist de alrededor de 20 cm/s cuando se está seguro de que se ve el surco interventricular, con lo que es posible confirmar la presencia de un flujo anterógrado.

El análisis basal con Doppler color permite en ocasiones distinguir la presencia de velocidades muy elevadas (> 80-100 cm/s), con gradientes entre la zona sospechosa y las zonas adyacentes, y/o con flujos en mosaico (*aliasing*) intralésión, que correlacionan bien con la zona estenótica.

En condiciones patológicas suelen estar alteradas la morfología, la velocidad y la duración de los flujos normales con patrones típicos que a veces permiten identificar la enfermedad subyacente con sólo el análisis visual de sus características en reposo⁽³⁶⁾.

Está establecido que la reserva coronaria que representa la máxima capacidad vasodilatadora de la arteria es una medida fisiológica de la gravedad de una obstrucción y no hay duda de que su importancia es aún mayor que la propia anatomía. De las diferentes formas de medir la reserva coronaria, la más utilizada es calcular la relación de las velocidades entre el pico máximo y la velocidad basal (normal ≥ 2) (Figura 1).

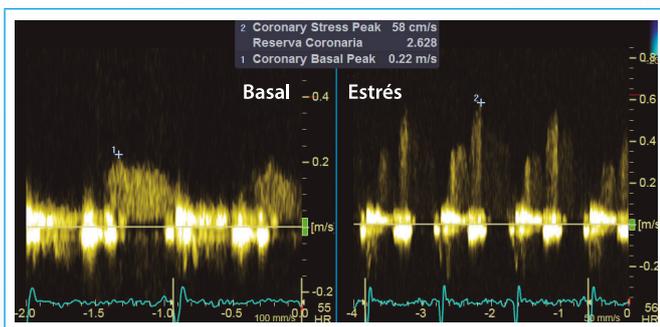


Figura 1. Determinación de la velocidad basal y posthiperemia. Un valor ≥ 2 se considera adecuado para descartar estenosis funcionalmente significativa

Con la medición directa de la reserva coronaria se da paso a la segunda generación de protocolos de ecocardiografía de estrés (era neolítica; **Tabla 1**); mediante esta información se pudo demostrar un incremento en la sensibilidad diagnóstica especialmente en pacientes con ventana dificultosa, bajo medicación antiisquémica, ventrículos hipertróficos, lesiones de grado intermedio, enfermedad de un solo vaso y pacientes con bloqueo completo de rama izquierda, entre otros factores, y actualmente puede considerarse la verdadera llave pronóstica de la ecocardiografía de estrés farmacológico⁽³⁷⁻⁴⁵⁾.

La información de la reserva coronaria es aditiva al resultado exclusivo de la motilidad parietal, como fue confirmado por varios autores y en un metanálisis realizado por F Rigo⁽⁴⁰⁻⁴⁵⁾. La reserva preservada en territorio de la ADA y CD fue altamente predictiva de evolución muy favorable, mientras que una reserva coronaria reducida en alguna de las dos arterias, especialmente la ADA, resultó un fuerte vaticinador de futuros eventos. La reserva coronaria normal en la miocardiopatía dilatada tiene mejor pronóstico que cuando está reducida. La restricción de la reserva coronaria es más relevante cuando ocurre en el territorio de la ADA, por lo que es redundante hacerla en también en la CD⁽⁴⁶⁾. Es de destacar que, con una ecocardiografía de estrés farmacológico, aún con motilidad normal con dobutamina o dipiridamol, la tasa de eventos mayores a largo plazo en pacientes diabé-

ticos y no diabéticos estuvo directamente relacionada con el grado de restricción de la reserva coronaria, sin diferencias en relación al apremio utilizado^(47,48). Es importante recordar que la medicación antiisquémica puede reducir el efecto sobre la contractilidad, pero no modifica el efecto pronóstico sobre la reserva coronaria⁽⁴⁹⁾. Aunque los vasodilatadores son los fármacos más apropiados para determinarla, la reserva coronaria se puede evaluar con una factibilidad superior al 95% con dobutamina, considerándose adecuada cuando es ≥ 2 al alcanzar al menos el 75% de la máxima frecuencia cardíaca estimada para la edad^(50,51).

	Primera	Segunda	Tercera
Era	Pasado	Presente	Futuro
Herramienta	Eco 2D	Doppler pulsado de la ADA	Strain 2D
Objetivo	Trastornos de motilidad parietal	Reserva coronaria	Strain longitudinal, radial y torsión
Evaluación	Cualitativa	Cuantitativa	Cuantitativa
Época	Comienzos de 1980	Finales de 1990	2010
Estado	Estándar clínico	Estándar clínico avanzado	En validación

Tabla 1. Las tres generaciones de la ecocardiografía de estrés

Incorporación del *strain* bidimensional a la ecocardiografía de estrés. ¿Ayuda o confunde?

Con el agregado de la información que brinda el *strain* bidimensional, basado en el *speckle tracking*, según Eugenio Picano, se está en presencia del nacimiento de una tercera generación de protocolos (era moderna; véase la **Tabla 1**) con resultados que pueden ser subrogantes de la reserva coronaria, especialmente, en el territorio de la ADA⁽⁵²⁾.

En la experiencia de los autores, que no está apoyada por la bibliografía existente, el valor del *strain* longitudinal en reposo es incapaz de predecir los resultados de la ecocardiografía de estrés (véase más adelante la **Figura 2**) ni tampoco confirmar o descartar la presencia de enfermedad coronaria; sin embargo, cuando se utiliza durante el apremio a baja dosis o carga, es capaz de detectar la presencia de reserva contractil⁽⁵³⁻⁵⁵⁾.

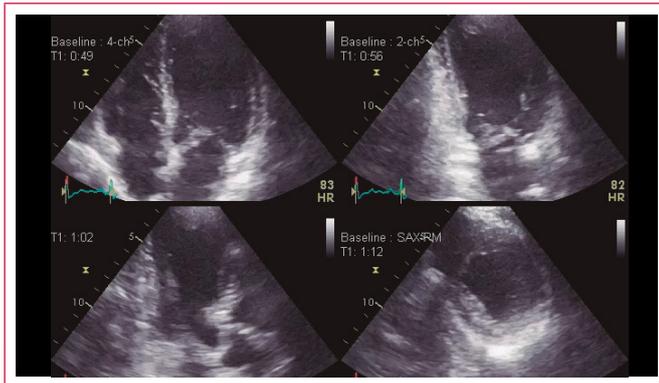
Gracias al progreso tecnológico, la mejora de la resolución temporal y la calidad de las imágenes en la actualidad también el *speckle tracking* tiene alta sensibilidad y especificidad para reconocer a frecuencias cardíacas elevadas la respuesta isquémica que hasta hace poco era patrimonio exclusivo del análisis visual y del Doppler tisular, al menos en el territorio de la ADA⁽⁵⁶⁾. La deformación postsistólica es muy evidente durante la isquemia (véase más adelante la **Figura 13**). Aunque la tendencia actual es automatizar la mayoría de las herramientas, por el momento nada es absolutamente automático, la mayoría de las veces el ecocardiografista debe realizar ajustes o correcciones. Es conveniente recordar que el resultado de estas nuevas técnicas es operador-dependiente y que también se necesita experiencia y entrenamiento⁽⁵⁷⁾. Los resultados deben ser consistentes y siempre interpretados en el contexto clínico del paciente.

Caso clínico 1

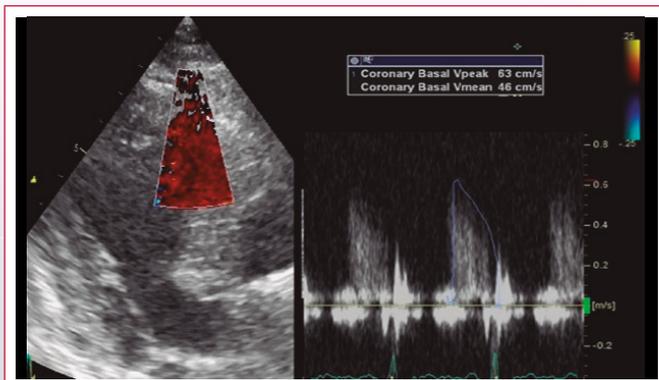
Varón, de 69 años, con antecedentes de hipertensión arterial, diabetes, ex fumador, sedentarismo, estrés y con fibrilación auricular paroxística. Refiere angina crónica estable de esfuerzo desde hace aproximadamente 1 año, encon-

trándose en tratamiento con metformina, AAS, rosuvastatina, atenolol (25 mg; suspendido 72 horas antes).

Se le ha solicitado una ecocardiografía de estrés con dipiridamol. En el registro basal presenta leve dilatación auricular izquierda, diámetros de cavidades normales sin alteraciones de la contracción segmentaria regionales, con fracción de eyección preservada 80% (Video 1). Se detectó flujo anterógrado en la ADA con una velocidad de 63 cm/s (Video 2). El strain bidimensional presenta un valor promedio normal (Figura 2).



Video 1. Vistas en reposo con motilidad parietal normal, fracción de eyección del 80%



Video 2. Flujo de la arteria descendente anterior distal. Velocidad pico diastólica 63 cm/s

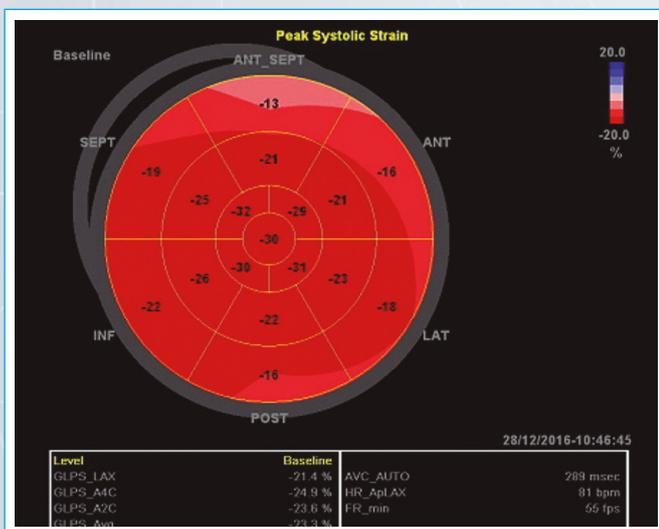
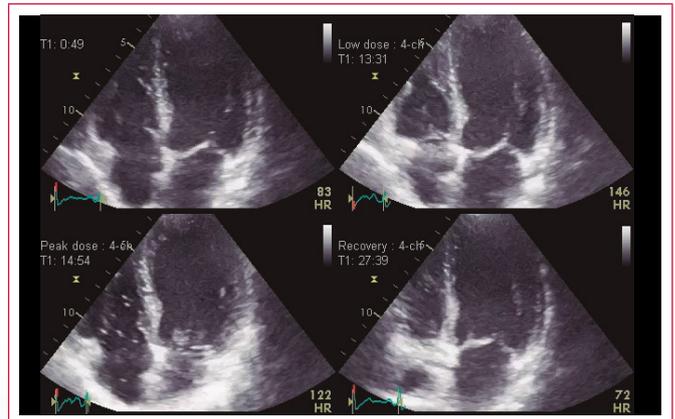


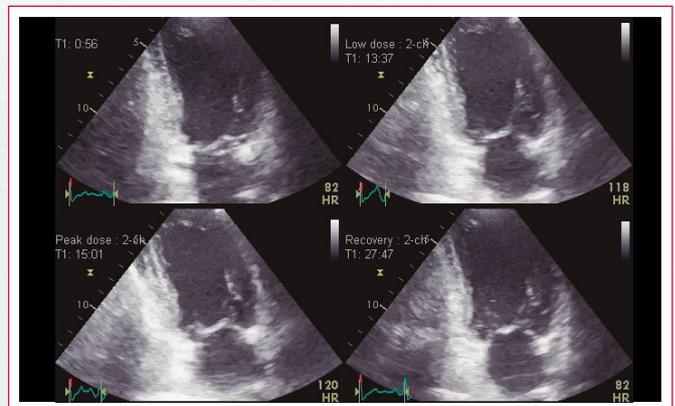
Figura 2. Análisis de deformación en las vistas de reposo. Strain longitudinal promedio -23,3%

Se inicia la infusión de 0,84 mg/kg de dipiridamol de forma rápida (4 minutos), controlando la velocidad de flujo de la ADA. A los 8 minutos del inicio de la infusión se obtienen imágenes de motilidad parietal temprana, y a los 12 minutos, las vistas tardías. Alcanzó una frecuencia cardíaca de 110 lpm, presión arterial de 130/70 mmHg, con leve angina y ligero supradesnivel ST en V2-V3.

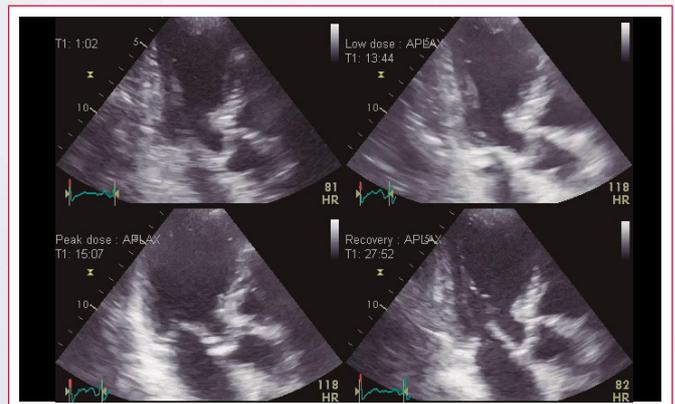
Del análisis de motilidad se destaca hipocinesia apicoseptal y lateral media, con ligera dilatación del ápex (Video 3), acinesia anteroapical e hipocinesia inferoapical (Video 4), hipocinesia apicoseptal y del septum anterior medio (Video 5, Video 6). Los trastornos de motilidad, el supradesnivel del segmento ST y la angina desaparecen con la infusión de aminofilina.



Video 3. Vista de cuatro cámaras. El estrés farmacológico induce hipocinesia apicoseptal y lateral. En las vistas inferiores derechas se observa la recuperación de la motilidad tras aplicar aminofilina como antídoto del dipiridamol



Video 4. El dipiridamol provoca hipocinesia anteroapical e inferoapical



Video 5. Eje largo apical. Hipocinesia apicoseptal

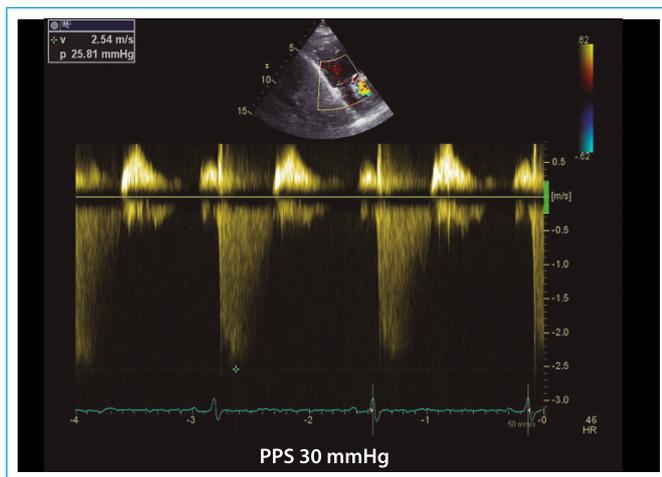


Figura 6. La velocidad del reflujo tricúspide (2,54 m/s) sugiere presión pulmonar en reposo

Se efectuó una ecocardiografía de estrés con ejercicio. Durante el apremio se observa que el perfil de llenado se pseudonormaliza, la onda E duplica su velocidad con escaso incremento de la onda e' septal, aumentando la relación E/e' a 15 (Figura 7 y Figura 8), con motilidad parietal normal e incremento esperado de la fracción de eyección (Video 8) y exagerado de la presión pulmonar (Figura 9).

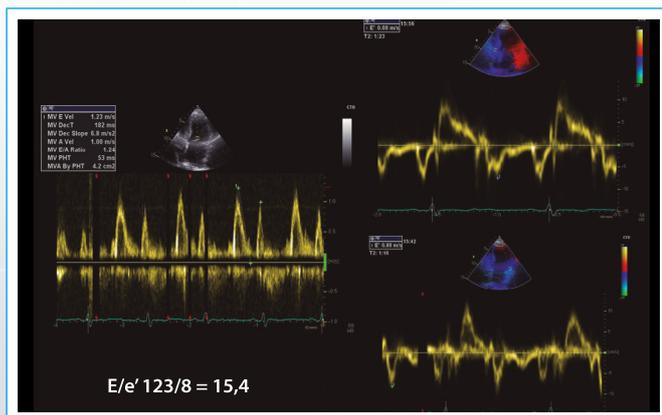


Figura 7. En las primeras etapas del estrés (50 W) el patrón de llenado del ventrículo izquierdo se hace pseudonormal y la relación E/e' promedio septolateral se eleva a 15,4

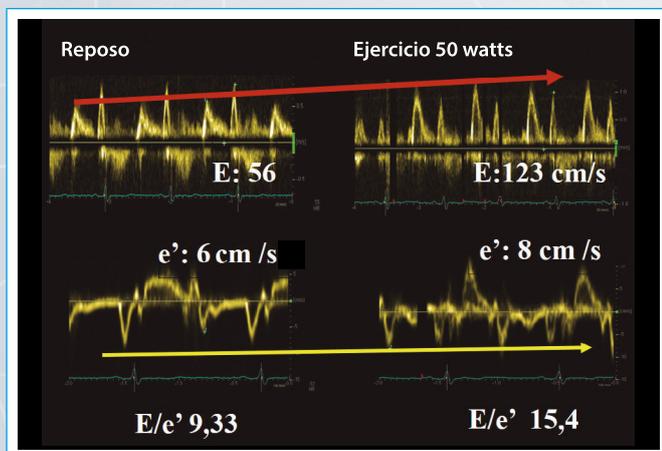
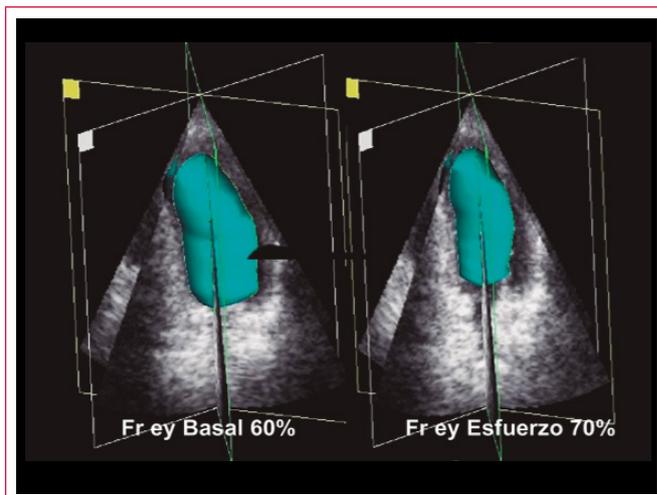


Figura 8. Valoración de tendencias de la relación E/e' septal durante el esfuerzo (de mejor validación pronóstica). A pesar de la duplicación de la velocidad de onda E con el apremio, la onda e' presenta un escaso incremento, haciéndose anormal la relación E/e'



Video 8. Incremento adecuado de la motilidad y de la fracción de eyección en el pico del estrés

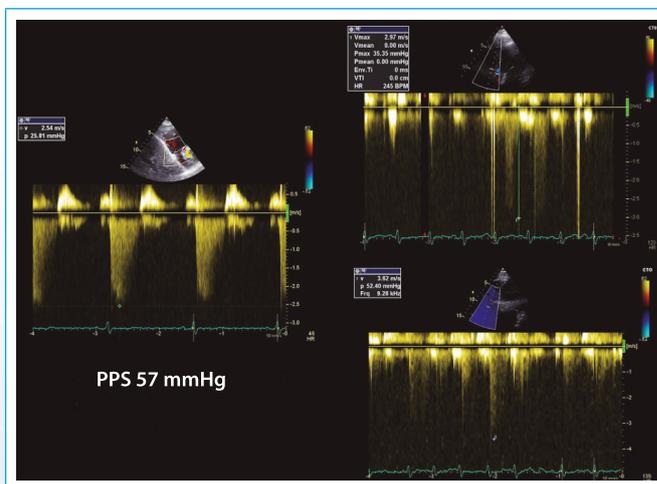


Figura 9. La velocidad del reflujo tricúspide en el esfuerzo alcanza 3,62 m/s estimando una PPS de 57 mmHg

Se concluye que la paciente con disnea de esfuerzo de causa no aclarada presenta un test negativo para isquemia con incremento de la E/e' en esfuerzo y de la presión pulmonar.

De este caso cabe destacar:

- La sintomatología de la paciente se explica por disfunción diastólica con fracción de eyección preservada.
- El escaso aumento del valor de la onda e' (< de 3 cm/s) es anormal.
- El aumento de la presión pulmonar sistólica a baja carga puede corresponder a hipertensión pasiva y ser parte del síndrome de disfunción diastólica.

Caso clínico 3

Varón de 67 años, obeso, ex-fumador. Se solicita ecocardiografía con dobutamina por angina crónica estable. Actualmente no recibe tratamiento farmacológico.

La ecocardiografía basal muestra leve dilatación de la aurícula izquierda, con perfil de llenado sugestivo de relajación prolongada (Figura 10). No se detectan asinergias regionales y la fracción de eyección es del 65% (Video 9). El flujo

distal de la ADA es normal (Video 10). El strain longitudinal global es normal (Figura 11).

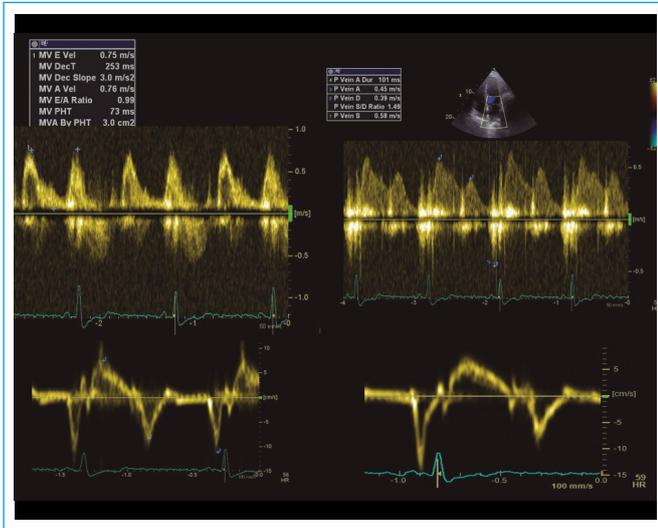
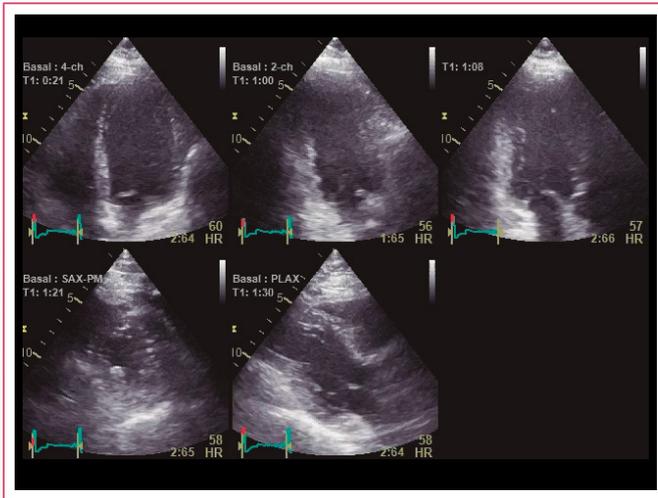
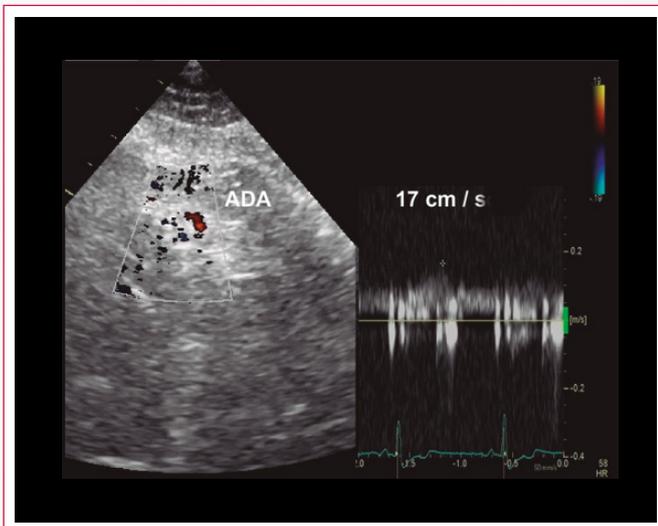


Figura 10. Perfil de llenado sugestivo de relajación prolongada. Flujo de vena pulmonar normal. Relación E/e 6



Video 9. Motilidad parietal normal en reposo



Video 10. Flujo en reposo de la ADA

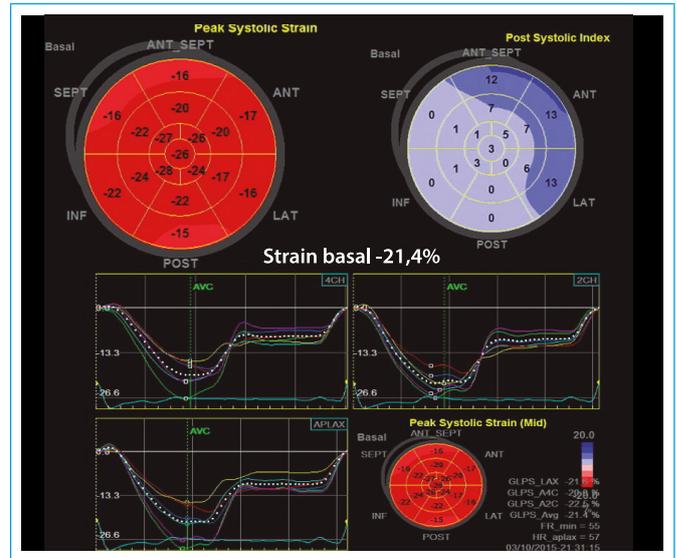
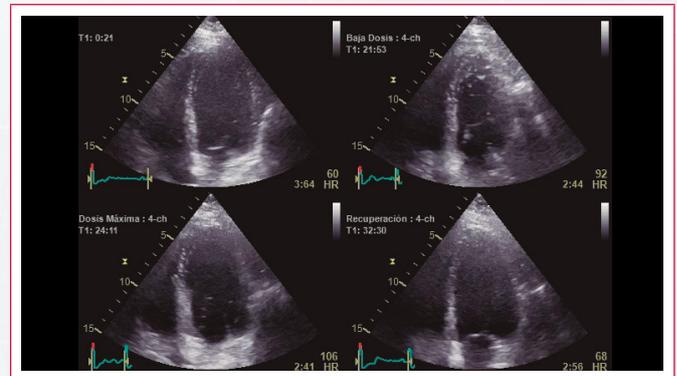
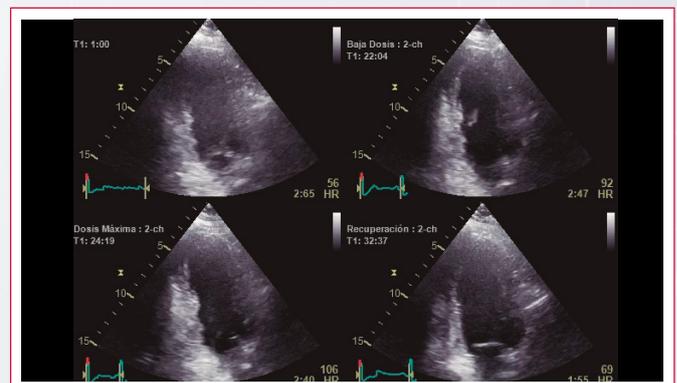


Figura 11. Strain bidimensional en las vistas en reposo

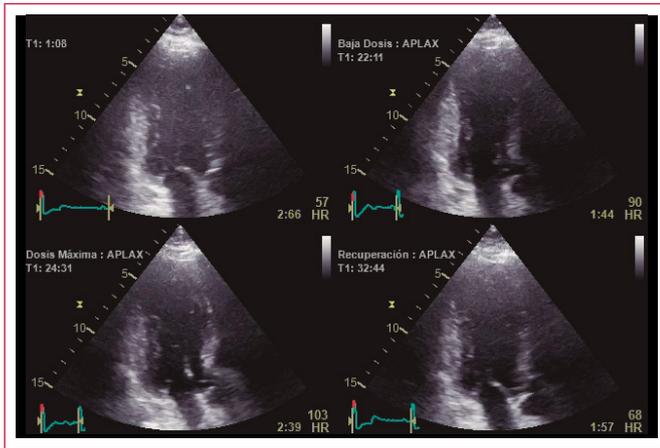
Se efectuó una ecocardiografía de estrés con dobutamina, en dosis de 5, 10 y 20 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$, deteniendo el estudio por angina y evidencia de isquemia miocárdica (FC Mx 106 lpm; P art 145/85 mmHg; doble producto 15370). No presentó desnivel del segmento ST intrasquemia. La motilidad parietal indica hipocinesia apico-septal, del septum medioapical e inferoapical (Video 11, Video 12 y Video 13) sin caída de la fracción de eyección (75%). El strain global no presenta el incremento esperado con dobutamina (-21,4%, sin cambios de magnitud global), pero marcada dispersión de las curvas y contracción postsistólica (Figura 12). En las vistas tardías se observa recuperación de la motilidad, con mejoría en la deformación del patrón heterogéneo intrasquemia (Figura 13). La Figura 14 resume el comportamiento de la deformación miocárdica en las distintas etapas del aprieto.



Video 11. Vista de cuatro cámaras. Hipocinesia septal y apico-septal



Video 12. Vista de dos cámaras. Hipocinesia inferoapical



Vídeo 13. Eje largo apical. Hipocinesia apicoseptal y del septum anterior medio

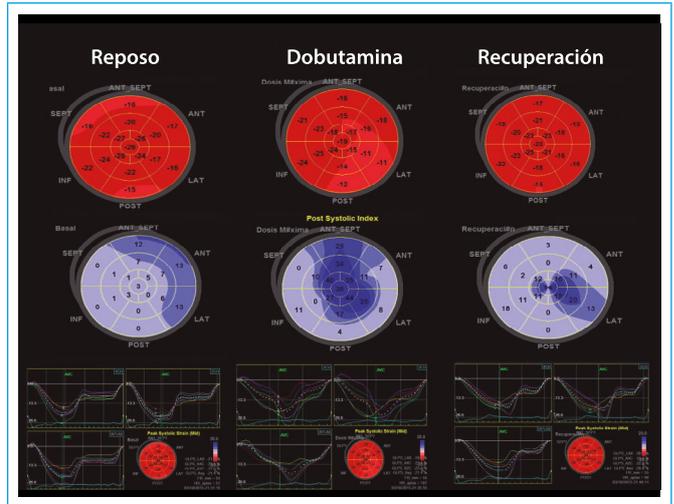


Figura 14. Resumen de las alteraciones en la deformación y contracción postsistólica en las distintas etapas del apremio

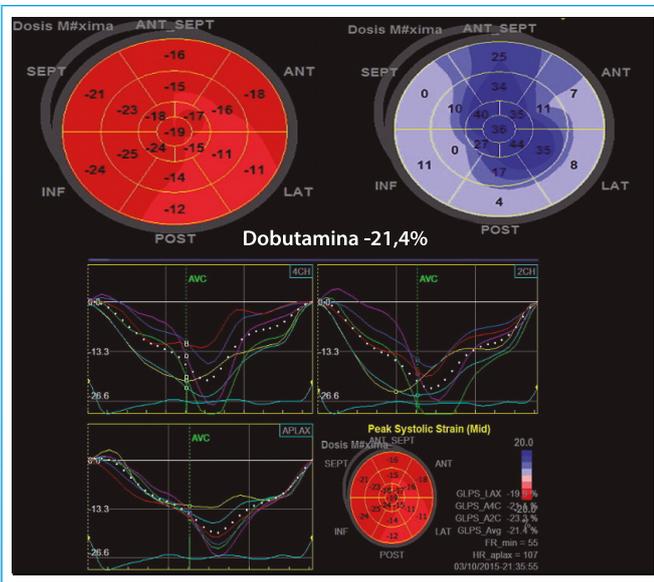


Figura 12. Strain bidimensional en dosis pico (20 µg/kg/min) con alteraciones en la deformación intraisquémica y contracción postsistólica

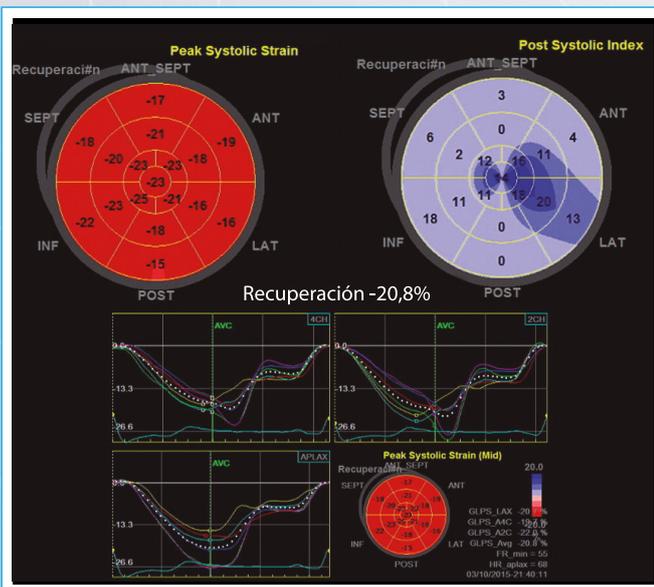


Figura 13. Mejoría del patrón heterogéneo previo en la recuperación

Cabe preguntarse si se trata de una verdadera isquemia apical y septoapical o simplemente aparenta una isquemia por hipercontractilidad de los segmentos basales y medios con el apremio. ¿Se debe, entonces, llevar al paciente a angiografía coronaria en seguida o solamente aplicar el tratamiento médico óptimo?

Se sospecha lesión grave de tres vasos por la rápida aparición de la disineria con dosis bajas de dobutamina y bajo doble producto. Posiblemente la ADA tenga la mayor obstrucción y la coronaria derecha sea la menos afectada (así lo indica el strain bidimensional). La coronariografía mostró lesión del 90% en tercio medio y del 50% distal de la ADA, obstrucción de diagonal del 70%, la arteria circunfleja presenta lesión de lateral alta del 80% y ramo marginal del 70%, y la arteria coronaria derecha dominante del 80% proximal, descendente posterior del 70%. Con lesión grave de tres vasos se realizó una revascularización quirúrgica con óptimos resultados.

De este caso cabe destacar:

- Un test de dobutamina positivo con 20 µg/kg/min o menos, y/o a frecuencia relativamente baja revela enfermedad de tres vasos.
- No conviene proseguir con la prueba.
- Como ocurre muy frecuentemente el strain bidimensional basal no predice resultados ni presencia de enfermedad coronaria.
- La recuperación del strain a los pocos minutos es prácticamente total (no hay memoria isquémica en la deformación).

Conclusiones y futuras direcciones

- Los cardiólogos aprenden que, a nivel similar de información, y si no existe una contraindicación, siempre se debe optar por la técnica que aporte más información útil, sea más segura, menos invasiva, más económica y "ecológicamente pura", por lo que la ecocardiografía de estrés tiene innumerables ventajas respecto a las otras modalidades de imagen.
- Como ecocardiografistas es necesario utilizar las técnicas cuantitativas para mejorar la exactitud, disminuir subjetividad y aumentar la reproducibilidad de la interpretación de la ecocardiografía de estrés. En la actualidad ya están presentes nuevas herramientas para estudiar mejor la mecánica ventricular; el strain, strain rate, la ecocardiografía de contraste y las imágenes tridimensionales y tienen un futuro prometedor. La reserva coronaria es una de las llaves pronósticas de la ecocardiografía de estrés y su determinación tendría que expandirse en los laboratorios si se pretende trabajar según el estado actual del arte. La determinación simultánea de la respuesta visual de la contractilidad parietal más la reserva coronaria (en los estudios farmacológicos)

y la reserva contráctil (con medición de la elastancia ventricular) y el comportamiento del *strain* proveen de información adicional e independiente.

- El valor de todas estas herramientas en las nuevas indicaciones de la ecocardiografía de estrés sólo pueden confirmarse si se obtienen resultados similares en diferentes laboratorios del mundo y este estudio está en marcha en el proyecto *Eco estrés 2020* liderado desde Pisa por el profesor Eugenio Picano con participación de más de 100 laboratorios certificados, incluido el del equipo de los autores⁽⁵⁸⁾. La intención es estandarizar procedimientos, validar nuevos signos e integrar la información novedosa con conocimientos bien demostrados para ayudar a construir la nueva generación de laboratorios de ecocardiografía de estrés.

Ideas para recordar

- La introducción de herramientas cuantitativas en la ecocardiografía de estrés permite ser más objetivos y transmitir al médico tratante informes numéricos.
- El éxito del laboratorio de ecocardiografía de estrés depende de utilizar el mejor equipamiento disponible, utilizar todas las técnicas reconocidas en el momento adecuado, dar a cada estudio el tiempo óptimo, perfeccionar los recursos humanos en base a la experiencia analizada y llevar un estricto control de calidad.
- Es fundamental para dicho control de calidad la comparación con otros métodos de diagnóstico, con la angiografía y con la evolución clínica, con revisión periódica grupal de estudios con diagnóstico dificultoso.

Bibliografía

1. Afridi I, Kleiman NS, Raizner AE, Zoghbi WA. Dobutamine echocardiography in myocardial hibernation. Optimal dose and accuracy in predicting recovery of ventricular function after coronary angioplasty. *Circulation* 1995; 91 (3): 663-670.
2. Allman KC, Shaw LJ, Hachamovitch R, Udelson JE. Myocardial viability testing and impact of revascularization on prognosis in patients with coronary artery disease and left ventricular dysfunction: a meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2002; 39 (7): 1.151-1.158.
3. Bax JJ, Schinkel AF, Boersma E, et al. Early versus delayed revascularization in patients with ischemic cardiomyopathy and substantial viability: impact on outcome. *Circulation* 2003; 108 (1): 139-42.
4. Shroyer AL, Collins JF, Grover FL. Evaluating clinical applicability: the STICH trial's findings. *J Am Coll Cardiol* 2010; 56 (6): 508-509.
5. Bhat A, Gan GCH, Tan TC, et al. Myocardial Viability: From Proof of Concept to Clinical Practice. *Cardiol Res Pract* 2016; Published online 2016 May 29.
6. Aviles RJ, Nishimura RA, Pellikka PA, et al. Utility of stress Doppler echocardiography in patients undergoing percutaneous mitral balloon valvotomy. *J Am Soc Echocardiogr* 2001; 14 (7): 676-681.
7. Lee R, Haluska B, Leung DY, et al. Functional and prognostic implications of left ventricular contractile reserve in patients with asymptomatic severe mitral regurgitation. *Heart* 2005; 91 (11): 1.407-1.412.
8. Lancellotti P, Lebois F, Simon M, et al. Prognostic importance of quantitative exercise Doppler echocardiography in asymptomatic valvular aortic stenosis. *Circulation* 2005; 112 (9 Suppl): I377-382.
9. Henri C, Piérard LA, Lancellotti P, et al. Exercise testing and stress imaging in valvular heart disease. *Can J Cardiol* 2014; 1.012-1.026.
10. De Filippi CR, Willett DL, Brickner ME, et al. Usefulness of dobutamine echocardiography in distinguishing severe from nonsevere valvular aortic stenosis in patients with depressed left ventricular function and low transvalvular gradients. *Am J Cardiol* 1995; 75 (2): 191-194.
11. Clavel MA, Ennezat PV, Maréchaux S, et al. Stress echocardiography to assess stenosis severity and predict outcome in patients with paradoxical low-flow, low-gradient aortic stenosis and preserved LVEF. *JACC Cardiovasc Imaging* 2013; 6 (2): 175-183.
12. Holland DJ, Prasad SB, Marwick TH. Prognostic implications of left ventricular filling pressure with exercise. *Circ Cardiovasc Imaging* 2010; 3: 149-156.
13. P, Pellikka PA, Budts W, et al. The Clinical Use of Stress Echocardiography in Non-Ischaemic Heart Disease: Recommendations from the European Association of Cardiovascular Imaging and the American Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 30 (2): 101-138.
14. San Román JA, Candell-Riera J, Arnold R, et al. Quantitative analysis of left ventricular function as a tool in clinical research. Theoretical basis and methodology. *Rev Esp Cardiol* 2009; 62 (5): 535-551.
15. Bombardini T, Zoppè M, Ciamp Q, et al. Myocardial contractility in the stress echo lab: from pathophysiological toy to clinical tool Cardiovascular Ultrasound. *Cardiovasc Ultrasound* 2013; 11: 41.
16. Bombardini T, Mulieri LA, Salvadori S, et al. Pressure-volume Relationship in the Stress-echocardiography Laboratory: Does (Left Ventricular End-diastolic) Size Matter? *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2017; 70 (2): 96-104.
17. Cwajg JM, Cwajg E, Nagueh SF. End-diastolic wall thickness as a predictor of recovery of function in myocardial hibernation: relation to rest-redistribution T1-201 tomography and dobutamine stress. *J Am Coll Cardiol* 2000; 35 (5): 1.152-1.161.
18. Schinkel AF, Poldermans D, Rizzello V, et al. Why do patients with ischemic cardiomyopathy and a substantial amount of viable myocardium not always recover in function after revascularization? *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004; 127 (2): 385-390.
19. Yong Y, Quiñones M, Zoghbi W. Deceleration Time in Ischemic Cardiomyopathy: Relation to Echocardiographic and Scintigraphic Indices of Myocardial Viability and Functional Recovery After revascularization. *Circulation* 2001; 103: 1.232-1.237.
20. Cigarroa CG, De Filippi CR, Brickner ME, et al. Dobutamine stress echocardiography identifies hibernating myocardium and predicts recovery of left ventricular function after coronary revascularization. *Circulation* 1993; 88 (2): 430-436.
21. Pratali L, Picano E, Otasevic P, et al. Prognostic significance of the dobutamine echocardiography test in idiopathic dilated cardiomyopathy. *Am J Cardiol* 2001; 88 (12): 1.374-1.378.
22. Van Pelt NC, Stewart RA, Legget ME, et al. Longitudinal left ventricular contractile dysfunction after exercise in aortic stenosis. *Heart* 2007; 93 (6): 732-738.
23. Lancellotti P, Cosyns B, Zacharakis D, et al. Importance of Left Ventricular Longitudinal Function and Functional Reserve in Patients With Degenerative Mitral Regurgitation: Assessment by Two-Dimensional Speckle Tracking. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21 (12): 1.331-1.336.
24. Lim AY, Kim C, Park SJ, et al. Clinical characteristics and determinants of exercise-induced pulmonary hypertension in patients with preserved left ventricular ejection fraction. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging* 2017; 18 (3): 276-283.
25. Bidart CM, Abbas AE, Parish JM, et al. The Noninvasive Evaluation of Exercise-induced Changes in Pulmonary Artery Pressure and Pulmonary Vascular Resistance. *J Am Soc Echocardiogr* 2007; 20 (3): 270-275.
26. Kovacs G, Avian A, Olschewski H. Proposed new definition of exercise pulmonary hypertension decreases false-positive cases. *Eur Respir J* 2016; 47 (4): 1.270-1.273.
27. Naeije R, Vanderpool R, Dhakal BP, et al. Exercise-induced Pulmonary Hypertension Physiological Basis and Methodological Concerns. *Am J Respir Crit Care Med* 2013; 187 (6): 576-583.
28. Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010; 23: 685-713.

29. Magne J, Lancellotti P, Pierard L. Exercise Pulmonary Hypertension in Asymptomatic Degenerative Mitral Regurgitation. *Circulation* 2010; 122: 33-41.
30. Grünig E, Tiede H, Enyimayew EO, et al. Assessment and prognosis relevance of right ventricular reserve in patients with severe Pulmonary hypertension. *Circulation* 2013; 128: 2.005-2.015.
31. Gould KL, Kirkeeide R, Buchi M. Coronary flow reserve as a physiologic measure of stenosis severity. *J Am Coll Cardiol* 1990; 15: 459-474.
32. Hoffman J. Maximal coronary flow and the concept of coronary vascular reserve. *Circulation* 1984; 70: 153-159.
33. Krzanowski M, Bodzoń W, Dimitrow PP. Imaging of all three coronary arteries by transthoracic echocardiography. An illustrated guide. *Cardiovascular Ultrasound* 2003; 1: 16.
34. Picano E, Rigo F, Lowenstein J. Stress echocardiography. *Eur J of Echo* 2008; 9: 415-437.
35. Murata E, Hozumi T, Matsumura Y, et al. Coronary flow velocity reserve measurement in three major coronary arteries using transthoracic Doppler echocardiography. *Echocardiography* 2006; 23 (4): 279-286.
36. Lowenstein J. *Ecocardiografía de estrés*. En: *Ecocardiografía e imagen cardiovascular en la práctica clínica. Ecocardiografía de estrés con reserva de flujo coronario*. Editorial Distribuna, 2015; 763-778.
37. Lowenstein J, Tian C, Marquez G, et al. Simultaneous analysis of wall motion and coronary flow reserve of left anterior descending coronary artery by transthoracic Doppler echocardiography during Dipyridamole stress. *J Am Soc Echocardiogr* 2003; 16: 735-744.
38. Rigo F. Coronary flow reserve in stress-echo lab. From pathophysiologic toy to diagnostic tool. *Cardiovasc Ultrasound* 2005; 3: 8.
39. Rigo F, Sicari R, Gherardi S, et al. The additive prognostic value of wall motion abnormalities and coronary flow reserve during dipyridamole stress echo. *Eur Heart J* 2008; 29: 79-88.
40. Cortigiani L, Rigo F, Sicari R, et al. Prognostic correlates of combined coronary flow reserve assessment on left anterior descending and right coronary artery in patients with negative stress echocardiography by wall motion criteria. *Heart* 2009; 95: 1.423-1.428.
41. Lowenstein J, Caniggia C, Garcia A, et al. Additional prognostic value of coronary flow reserve in left anterior descending artery in patients with normal contractile response during pharmacological stress echocardiography. *Eur J Echocardiogr* 2010; 11 (suppl 2). Copenhagen abstract.
42. J, Tian C. Assessment of Coronary Flow During Stress Testing: Does it Add Diagnostic and Prognostic Value? *Current Cardiovascular Imaging Reports* 2011; 4 (5): 378-391.
43. Rigo F, Sicari R, Gherardi S, et al. The additive prognostic value of wall motion abnormalities and coronary flow reserve during dipyridamole stress echo. *Eur Heart J* 2008; 29: 79-88.
44. Lowenstein J, Darú V, Amor M, et al. Análisis simultáneo del strain 2D, de la reserva coronaria y de la contractilidad parietal durante el eco estrés con dipiridamol. Resultados comparativos. *Rev Argent Cardiol* 2010; 78: 499-506.
45. Rigo F, Sicari R, Gherardi S, et al. Prognostic value of coronary flow reserve in medically treated patients with left anterior descending coronary disease with stenosis 51% to 75% in diameter. *Am J Cardiol* 2007; 100: 1.527-1.531.
46. Rigo F, Ciampi Q, Ossena G, et al. Prognostic value of left and right coronary flow reserve assessment in nonischemic dilated cardiomyopathy by transthoracic Doppler echocardiography. *J Card Fail* 2011; 17: 39-46.
47. Lowenstein JA, Caniggia C, Rouse G, et al. Coronary flow velocity reserve during pharmacologic stress echocardiography with normal contractility adds important prognostic value in diabetic and nondiabetic patients. *J Am Soc Echocardiogr* 2014; 27 (10): 1.113-1.119.
48. L, Rigo F, Gherardi S, et al. Additional prognostic value of coronary flow reserve in diabetic and nondiabetic patients with negative dipyridamole stress echocardiography by wall motion criteria. *J Am Coll Cardiol* 2007; 50: 1.354-1.361.
49. Sicari R, Rigo F, Gherardi S, et al. The prognostic value of Doppler echocardiographic-derived coronary flow reserve is not affected by concomitant antiischemic therapy at the time of testing. *Am Heart J* 2008; 6 (3): 573-579.
50. Takeuchi M, Miyazaki C, Yoshitani H, et al. Assessment of coronary flow velocity with transthoracic Doppler echocardiography during dobutamine stress echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 2001; 38 (1): 117-123.
51. Forte E, Rouse G, Lowenstein J. The Importance of Achieving a Target Heart Rate to Determine the Normal Limit Value of Coronary Flow Reserve in the Territory of the Left Anterior Descending Coronary Artery During Dobutamine Stress Echocardiography. *Cardiovascular Ultrasound* 2011; 9: 10.
52. Picano E. The dawn of third-generation stress echocardiography? ¿Es el comienzo del eco-estrés de tercera generación? *Rev Argent Cardiol* 2010; 78: 474-475.
53. Lowenstein L, Darú V, Amor M, et al. Análisis simultáneo del strain 2D, de la reserva coronaria y de la contractilidad parietal durante el eco estrés con dipiridamol. Resultados comparativos. *Rev Arg Cardiol* 2010; 78: 499-506.
54. Gastaldello N, Merlo P, Amor M, et al. El strain longitudinal en reposo no predice el resultado del eco estrés. *Rev Arg Cardiol* 2016; 84: 343-348.
55. Lowenstein L, Gastaldello N, Merlo P, et al. El strain longitudinal no tiene memoria isquémica. *Rev Arg Cardiol* 2016; 84: 343-348.
56. Caniggia C, Amor M, Lowenstein HD, et al. Factibilidad y aportes del análisis de la deformación longitudinal 2D global y regional durante el eco estrés con ejercicio. *Rev Arg Cardiol* 2014; 82: 111-119.
57. Negishi K. Is Speckle-Tracking Echocardiography a Panacea? Experience Is Still Required. *J Am Soc Echocardiogr* 2017; 30 (2): 168-169.
58. Picano E, Ciampi Q, Citro R, D'Andrea A. Stress echo 2020: the international stress echo study in ischemic and non-ischemic heart disease. *Cardiovasc Ultrasound* 2017; 15 (1): 3.