MATERIA 2 LECCIÓN 3

DIAGNÓSTICO POR LA IMAGEN EN CARDIOLOGÍA

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés

Eva Laraudogoitia Zaldumbide

El campo de la imagen cardiovascular ha experimentado un enorme crecimiento en los últimos años. Se estima que el número de estudios de imagen cardiovascular realizados ha aumentado un 26% en los últimos 15 años. Hace sólo dos décadas la imagen cardiovascular consistía solo en la ecocardiografía y la cardiología nuclear. Estas dos técnicas han tenido abundantes desarrollos tecnológicos que nos han permitido disponer de ecocardiografía tridimensional tanto transtorácica como transesofágica, ecocardiografía de contraste, Doppler tisular, técnicas de deformación miocárdica… y en el campo de la cardiología nuclear de SPECT (single photon emission computed tomography) y PET (tomografía por emisión de positrones). Pero paralelamente al desarrollo de estas técnicas han aparecido y demostrado ampliamente su utilidad clínica dos técnicas emergentes que son la resonancia magnética cardiaca y la tomografía axial computerizada de múltiples cortes.

Estos avances han dado lugar a un nuevo escenario en el cual los especialistas en imagen cardiaca emplean múltiples modalidades diagnósticas para atender a las necesidades clínicas. Ello ha supuesto que las unidades de imagen cardiovascular tengan que sufrir importantes cambios tanto a nivel organizativo como de formación de especialistas en las diferentes técnicas de imagen cardiovascular. Así las unidades que clásicamente se llamaban de ecocardiografía han pasado a denominarse Unidades de Imagen Cardiovascular e idealmente deben incluir las cuatro modalidades de imagen cardiovascular:ecocardiografía, cardiología nuclear, resonancia magnética cardiaca y TAC(tomografía axial computarizada). Un importante reto de los cardiólogos es conseguir llegar a entender las características de las nuevas modalidades de imagen y conocer su impacto clínico. Debido a la sofisticación de los sistemas, el incremento en el número de las indicaciones y las complejas cuestiones clínicas que se plantean, son necesarios programas de entrenamiento específico en las diferentes técnicas de imagen cardiovascular.

El gran desarrollo de las diferentes técnicas de imagen y la enorme información que nos aportan han hecho que el clínico confíe y se apoye cada vez más en las técnicas de imagen para el diagnóstico de las enfermedades cardíacas. En el campo de los ultrasonidos, su alta disponibilidad, su bajo coste y la extensa información que nos aporta han hecho que en la actualidad más del 25% de los estudios de imagen efectuados en el mundo se realicen con ultrasonidos. En la práctica cardiológica diaria el estudio Eco-Doppler es hoy el primer estudio solicitado si hay una sospecha de enfermedad cardiológica.

La elevada prevalencia de la cardiopatía isquémica y sus altos índices de morbilidad y mortalidad han supuesto un importante estímulo para el desarrollo de formas de diagnóstico no invasivo de esta patología. El tratamiento de los pacientes con sospecha o diagnóstico de cardiopatía isquémica precisa con frecuencia la realización de pruebas de imagen no invasivas, tanto para establecer el diagnóstico como para estratificar el riesgo o valorar la viabilidad.

Las técnicas de imagen disponibles en la actualidad en el estudio de la enfermedad coronaria son la, ecocardiografía basal, ecocardiografía de estrés, gated-SPECT de perfusión miocárdica, resonancia magnética cardiaca (CRM) y tomografía computarizada (TC). El PET se utiliza fundamentalmente en investigación y muy

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

poco en la práctica clínica, ya que apenas está disponible en cardiología y resulta demasiado cara. Todas estas técnicas son muy distintas y cada una tiene ventajas e inconvenientes.

Las técnicas de imagen cardiaca pueden también aportar información muy útil en la estratificación de riesgo de la cardiopatía isquémica. Los pacientes que presentan una angina limitante son con frecuencia directamente remitidos a cateterismo cardíaco para considerar revascularización pero en muchas ocasiones los pacientes están ligera o moderadamente sintomáticos y necesitamos valorar su riesgo para decidir una opción terapéutica.

En la práctica clínica que realizamos en Europa, el eco de estrés ha tenido un enorme desarrollo y ello se ha debido en parte a la influencia cultural, a las leyes Europeas y a las guías de referencia para la utilización de las técnicas de imagen.

Es importante señalar, que el uso de radiación ionizante para los exámenes médicos constituye la principal fuente de irradiación a la que está expuesta la población. Por esta razón en Europa tanto las leyes como las guías de referencia para las técnicas de imagen recomiendan un uso justificado, optimizado y responsable de las técnicas de imagen que utilizan radiación ionizante. La directiva EURATON 97/43 establece que la indicación y ejecución de procedimientos diagnósticos que utilicen radiación ionizante debe seguir 3 principios básicos:

1. Principio de *justificación* (artículo 3) Si una exposición a radiación no puede ser justificada debe ser prohibida.
2. Principio de *optimización* (artículo 4): de acuerdo con el principio de ALARA todas las dosis de radiación debidas a estudios médicos deben ser tan bajas como sea posible para obtener el resultado
3. Principio de *responsabilidad* (artículo5): Ambos el médico prescriptor y el médico que realiza la prueba son responsables de la justificación de la exposición del paciente a la radiación ionizante.

La directiva EURATON señala que "debe utilizarse una técnica que no utilice radiación ionizante cuando la información que nos aporta sea comparable a la que nos aporta una técnica que utilice radiación".

Desde esta perspectiva médica, socioeconómica y de impacto biológico individual y ambiental es imperativo aumentar todos nuestros esfuerzos para mejorar el uso apropiado de la tecnología por el bien del individuo y de la sociedad en general.

Por todo ello el ecocardiograma y el ecocardiograma de estrés que reúnen ausencia de impacto ambiental, ausencia de efectos biológicos nocivos para el paciente y el operador, precio barato que contribuye a la sostenibilidad del sistema y excelente sensibilidad y especificidad en manos expertas, se ha convertido en la primera "técnica de imagen" para el estudio del paciente con sospecha de enfermedad coronaria.

ECOCARDIOGRAFÍA EN LA CARDIOPATIA ISQUEMICA

La prueba inicial más solicitada ante un paciente con sospecha o diagnostico de cardiopatía isquémica es un ecocardiograma transtorácico para valoración de la función del ventrículo izquierdo. Dada la alta prevalencia de la cardiopatía isquémica, la evaluación de estos pacientes es una de las indicaciones más frecuentes de un estudio ecocardiográfico.

En un estudio ecocardiográfico de un paciente con cardiopatía isquémica se debe realizar además del estudio específico de la función del ventrículo izquierdo (VI), un estudio sistemático de todo el corazón para descartar posible patología asociada como patología valvular, anomalías del pericardio y patología de la aorta torácica.

Es importante conocer que el ecocardiograma permite establecer el diagnóstico diferencial con otras causas de dolor torácico. Existen un número de patologías graves que pueden no diagnosticarse por acompañarse de escasos signos electrocardiográficos y analíticos y que pueden ser diagnosticados por ecocardiografía como la disección aórtica, tromboembolismo pulmonar, estenosis aórtica etc.

VALORACIÓN DE LA FUNCION SISTOLICA GLOBAL DEL VENTRICULO IZQUIERDO

Uno de los avances más importantes de la Ecocardiografía ha sido permitir el análisis cuantitativo de la función sistólica del VI que es una información básica para establecer un diagnostico, para indicar un pronós-

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

tico, estudiar la evolución e indicar pautas de actuación de tratamiento. En el caso de la cardiopatía isquémica tiene una especial relevancia ya que nos va a aportar el principal dato pronóstico. En los pacientes con sospecha o diagnóstico de cardiopatía isquémica, además de cuantificar la función es fundamental valorar el engrosamiento de las paredes y la morfología del ventrículo izquierdo.

Uno de los parámetros más sencillos para evaluar la función ventricular es el cálculo de los diámetros y los volúmenes ventriculares y de aquí inferir un parámetro básico como es la fracción de eyección del VI (FEVI), parámetro elemental y extremadamente útil en el estudio de la función cardiaca. La fracción de eyección (FEVI) es el índice de función sistólica global utilizado con mayor frecuencia. Se calcula:

$$\text{Fracción de eyección} = \frac{\text{Volumen telediastólico} - \text{Volumen telesistólico}}{\text{Volumen telediastólico}} \text{ X } 100$$

La FE de VI normal es > de 50% (ver Lección 1)

Las mediciones de la cavidad del V.I. y el espesor de sus paredes pueden deducirse fácilmente de los registros en Modo M. A partir de los diámetros medidos y haciendo una serie de asunciones geométricas podemos calcular los volúmenes en telediástole y en telesístole y de ellos deducir la fracción de eyección. La utilización de este método tiene importantes limitaciones, especialmente en los pacientes con cardiopatía isquémica. En el enfermo coronario las alteraciones de la contractilidad segmentaria y las deformaciones que se pueden producir en la cavidad hacen que no se pueda medir el volumen global de la cavidad a partir de un solo diámetro, por ello en estos pacientes deben realizarse los cálculos siempre con eco bidimensional.

La ecocardiografía bidimensional presenta la ventaja de ser un método en dos dimensiones que aporta información sobre la configuración geométrica de grandes sectores de la cavidad cardiaca, superando gran parte de las limitaciones del modo M. son muchos los métodos que pueden utilizarse para el cálculo de los volúmenes ventriculares con eco bidimensional. Actualmente el método más fiable y el más utilizado es el método de Simpson modificado que deduce las mediciones dividiendo el V.I. por planos paralelos en una serie de pequeños discos y luego sumando las áreas de cada disco. Deben realizarse las mediciones en dos planos apicales, habitualmente 4 y 2 Cámaras. Su realización en la práctica diaria resulta sencilla ya que sólo debemos de trazar el borde endocárdico en diástole en sístole y el cálculo se realiza de forma automática (Figura 2).

Los cálculos exactos de los volúmenes ventriculares son sumamente dependientes de la buena calidad de la imagen para poder delinear correctamente todo el endocardio en diástole y sístole. Actualmente con las máquinas de última generación es frecuente la obtención de imágenes de calidad suficiente para realizar

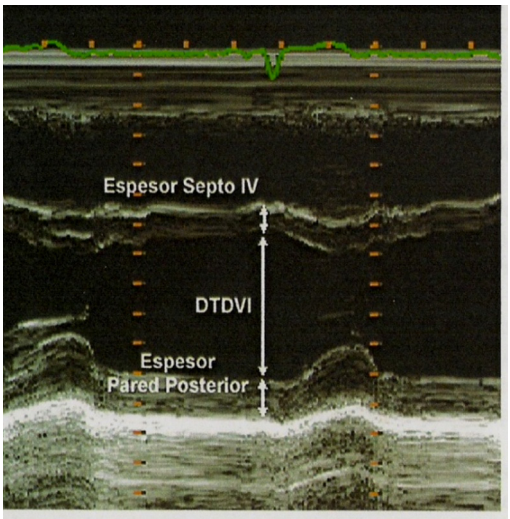


Figura1. Ecocardiograma en modo M guiado por 2-D a la altura de los músculos papilares. Se observa la medición de los espesores de septo y pared posterior y el diámetro telediastólico.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

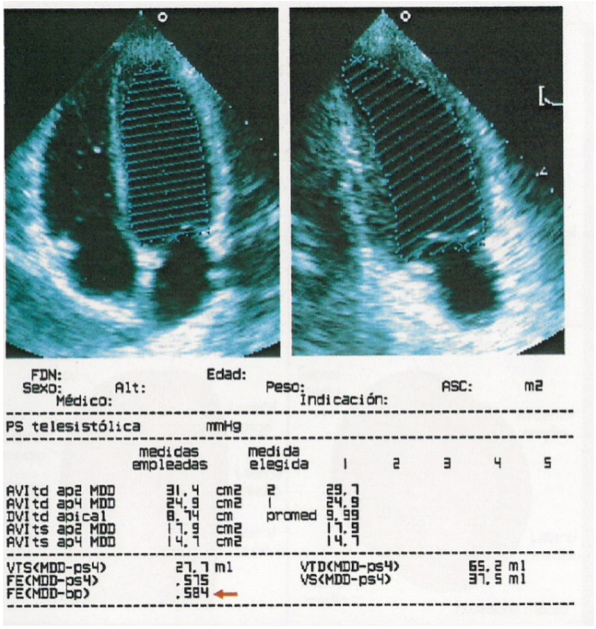


Figura 2. Planos apicales de 4 (Izquierda) y 2 cámara en imagen parada telediastólica. Permite calcular el volumen telediastólico en dos planos. El mismo procedimiento en telesístole permite calcular el volumen telesistólico y calcular la fracción de eyección (FE)

estos cálculos, pero cuando la imagen no nos permite visualizar correctamente todo el endocardio utilizamos contraste ecocardiográfico para opacificación del V.I. que nos permite una delineación correcta de todo el endocardio.

El contraste ecocardiográfico se ha convertido en una herramienta indispensable en el mundo de la ecocardiografía. Su utilización he demostrado aportar un gran beneficio en la visualización del borde endocárdico y con ello mejorar la valoración de la contractilidad global y segmentaria del V.I.

Los agentes de contraste utilizados son suspensiones de microburbujas que tienen el mismo tamaño que los hematíes y están llenos de gas inocuo de alto peso molecular que facilita su persistencia circulatoria. Dada la gran sensibilidad de las máquinas actuales para la obtención de imágenes con contraste son necesarias pequeñas dosis de contraste para obtener imágenes de gran calidad. Además de mejorar la visualización del borde endocárdico nos facilitan la medición del engrosamiento de la pared y nos permiten valorar la perfusión miocárdica. Aproximadamente el 10% de todos los estudios realizados para valorar función de V.I. precisan de la ayuda de contraste para mejorar la imagen.

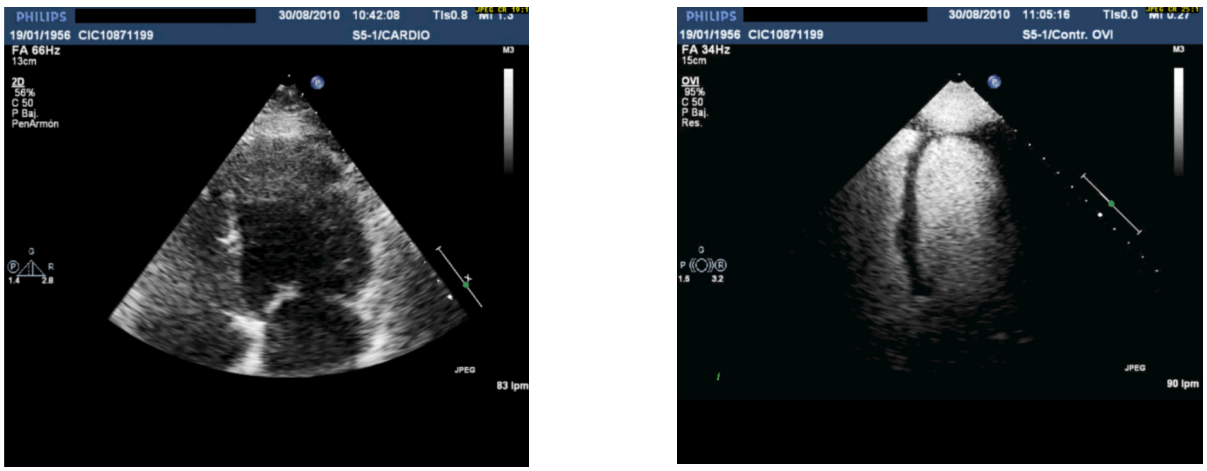


Figura 3. Videos. Imagen izquierda: Plano apical de 4 cámaras en un paciente con pobre ventana acústica. Derecha: el mismo paciente evaluado con contraste ecocardiográfico.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

ECOCARDIOGRAFÍA TRIDIMENSIONAL (3-D)

Valoración de diámetros y volúmenes ventriculares

Este es probablemente uno de los campos que ha despertado un mayor interés. La medición precisa de la función ventricular izquierda es esencial para el manejo clínico del paciente, ya que ha sido ampliamente demostrado que la fracción de eyección es un importante predictor de supervivencia. Aunque el Eco 2-D se utiliza de forma rutinaria y con éxito para valorar los diámetros, volúmenes, espesores y FEVI, esta técnica tiene una importante limitación como es la asunción geométrica de la forma del ventrículo. La principal ventaja de los cálculos de la función ventricular realizados con 3-D, es que no se basa en asunciones geométricas. Esto es especialmente importante en los ventrículos con alteraciones segmentarias de la contractilidad.

Varios estudios han demostrado la superioridad del Eco 3-D con respecto al Eco 2-D en la valoración de la función ventricular izquierda. Hay también múltiples estudios que han comparado los valores de los volúmenes ventriculares, de la masa ventricular y de la FE por gammagrafía isotópica, Cardio-RM y Eco 3-D, encontrando valores muy similares. Todos estos estudios estaban realizados con diferentes métodos de reconstrucción 3-D "off line"a partir de imágenes 2-D. El Eco 3-D no se ha incorporado a la practica clínica porque hasta muy recientemente la reconstrucción 3-D a partir de imágenes 2-D era muy laboriosa y consumía mucho tiempo. Es ahora cuando disponemos de Eco 3-D en tiempo real con una sonda full-matrix array que nos va a permitir el estudio de la función ventricular en un tiempo similar a un estudio estándar. El V.I. se adquiere habitualmente desde la vía apical utilizando un ángulo de adquisición amplio. Las imágenes pueden mostrarse utilizando ejes largos o múltiples ejes cortos obtenidos a nivel del apex, músculos papilares y la base. En los próximos años el Eco 3-D formará parte de la rutina del examen ecocardiográfico. Avances futuros en la tecnología de los transductores y los ordenadores nos permitirá adquisiciones con ángulos más anchos en un solo ciclo cardiaco. La cuantificación de la función ventricular con 3-D se realizará probablemente de forma rutinaria en todos los laboratorios de ecocardiografía.

ESTUDIO DE LA MOTILIDAD SEGMENTARIA

El estudio de la motilidad consiste en observar de forma visual el movimiento y engrosamiento sistólico de los diferentes segmentos. La motilidad regional del V.I. puede valorarse en el ecocardiograma transtorácico combinando los datos obtenidos en múltiples planos. Los planos estándar para su valoración son:

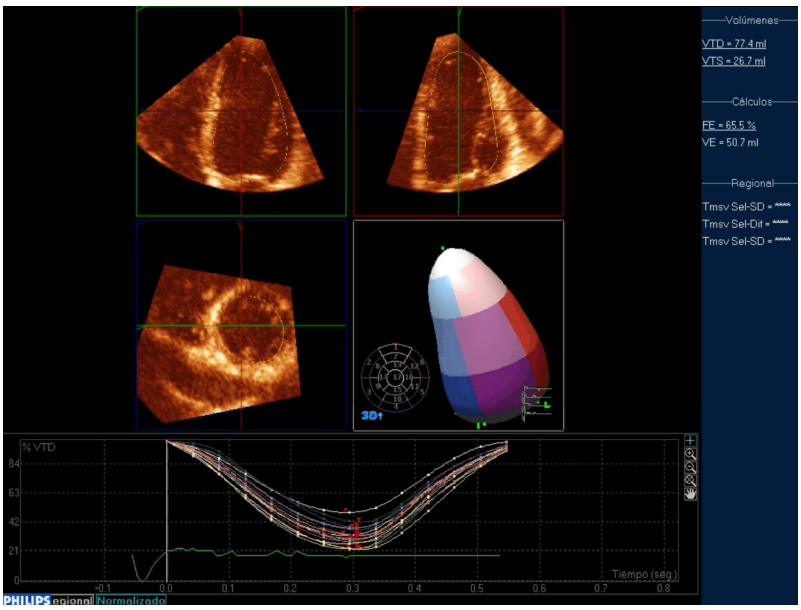


Figura 4: Video. Cálculo de la fracción de eyección por Eco 3-D *—ver vídeo 1—.*

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

- Eje corto del V.I. (de base a Apex)
- Plano apical de 4 cámaras
- Plano apical de 2 cámaras
- Eje largo apical

Con estos 4 planos somos capaces de visualizar los 17 segmentos del V.I. que debemos valorar para el estudio de la motilidad regional del V.I., siguiendo las recomendaciones de la American Heart Association (AHA).

Los diferentes segmentos se corresponden con los territorios irrigados por las diferentes arterias coronarias según los colores mostrados en el gráfico. (Figura 5)

Las alteraciones de la motilidad en los diferentes segmentos se corresponden con las alteraciones correspondientes en la anatomía coronaria.

Así:

1. *La enfermedad de la arteria descendente anterior:* da lugar a alteraciones del septo anterior, pared anterior y apex. Dependiendo de la anatomía de las arterias diagonales podemos encontrar también alteraciones en los segmentos anterolaterales.
2. *La enfermedad de la arteria circunfleja:* da lugar a alteraciones de los segmentos anterolaterales y posterolaterales del V.I.. El ecocardiograma es especialmente útil en detectar enfermedad de la circunfleja ya que en muchas ocasiones los segmentos laterales no se expresan en el electrocardiograma.
3. *La enfermedad de la coronaria derecha:* da lugar a alteraciones en los segmentos inferiores, posterior e inferoseptal. Si la descendente posterior es muy larga podemos encontrar alteraciones también en el ápex.

VALORACIÓN DE LA MOTILIDAD DE PARED DEL V.I. (figura 5)

En el caso de que la interrupción del flujo sea lo suficientemente breve para no exista necrosis, el restablecimiento del flujo se acompaña de la normalización inmediata de la contracción. Por ello, el ecocardiograma puede ser normal una vez que ha pasado la fase de isquemia aguda si no ha habido infarto. Por el contrario cuando se genera un infarto de miocardio puede haber muerte celular que produce anomalías de la contracción segmentaria de una manera permanente, fundamentalmente cuando la interrupción del flujo coronario ha afectado tanto al subendocardio como al subepicardio.

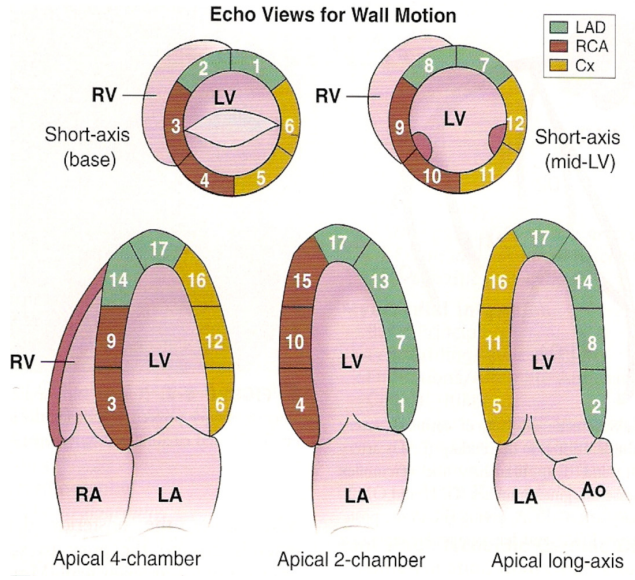


Figura 5. Proyecciones o vistas ecocardiográficas empleadas para la valoración de alteraciones de la motilidad segmentaria. RV:Ventriculo derecho, LV:Ventrículo izquierdo. Eje corto,apical 4 cámaras-Apical eje largo; mid-LV: ejes corto a nivel basal del VI (base) y a nivel medio (mid-LV)

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

La valoración de la motilidad de los diferentes segmentos del miocardio del V.I. es cualitativa y por ello dependiente del observador, lo que supone la principal limitación de la técnica. El movimiento endocárdico para cada uno de los segmentos se describe como: NORMAL, HIPOQUINETICO, AQUINETICO Y DISQUINETICO y se puntúan según una puntuación del 1 al 4 para cada segmento evaluado.

Algunos autores prefieren subclasificar el grado de hipocinesia en ligero, moderado y severo, pero ello conlleva un mayor grado de variabilidad intra e interobservador.

Con los valores obtenidos de la puntuación de los diferentes segmentos se calcula un ÍNDICE DE MOTILIDAD (wall motion score index) que es igual a la suma de todas las puntuaciones obtenidas divididas por el número de segmentos evaluados.

PUNTOS	MOVIMIENTO	DEFINICIÓN
1	Normal	Movimiento normal hacia adentro y engrosamiento normal de la pared en sístole
2	Hipocinético	Movimiento y engrosamiento reducido en sístole
3	Aquinético	Ausencia de movimiento y engrosamiento en sístole
4	Discinético	Movimiento hacia fuera del endocardio o "bulging" en sístole, habitualmente asociado a adelgazamiento de la pared

Se han propuesto varias aproximaciones sofisticadas para la cuantificación de la motilidad segmentaria, la mayoría de ellas basadas en modificaciones de técnicas angiográficas. La evaluación cuantitativa requiere una identificación precisa y trazado del endocardio en sístole y diástole, una evaluación en múltiples planos y una corrección de los efectos de rotación, traslación y torsión del V.I. Dada la complejidad de la técnica no tiene en la actualidad aplicación en la práctica diaria de ningún laboratorio de ecocardiografía.

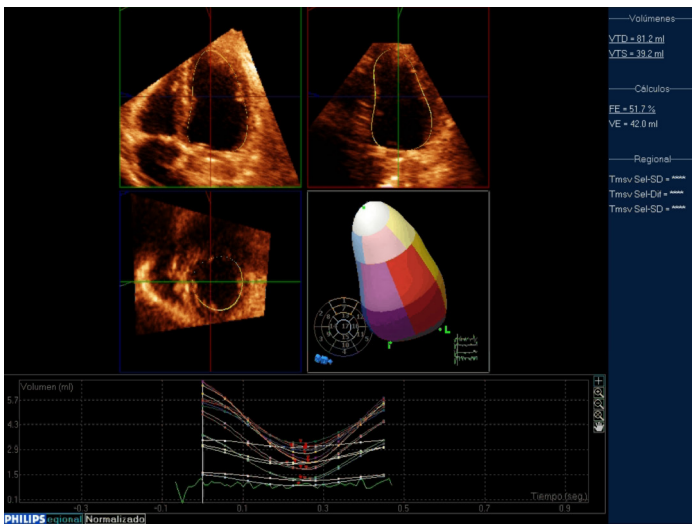


Figura 6. Video. Ecocardiograma 3-D para valoración de la contractilidad segmentaria. Podemos apreciar como existe una aquinesia del segmento apical (segmento en color blanco) —*ver vídeo 2*—.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

ECOCARDIOGRAMA EN EL INFARTO DE MIOCARDIO

El ecocardiograma tiene un papel fundamental en la evaluación de los pacientes con IAM y se utiliza frecuentemente para el diagnostico, la valoración funcional, la estratificación de riego y la detección de complicaciones.

La mortalidad intrahospitalaria causada por un IAM se debe fundamentalmente al fallo circulatorio que resulta de una disfunción severa de la función ventricular o por complicaciones mecánicas del IAM y un ecocardiograma es capaz de una manera rápida y eficiente de detectar estas complicaciones.

En todo paciente que ha sufrido un IAM es obligatorio realizar un ecocardiograma previo al alta con la finalidad de valorar la motilidad global y segmentaria, descartar complicaciones y establecer un pronóstico.

Detección de complicaciones en el IAM

1. *Expansión del IAM. Aneurisma ventricular*

La expansión del infarto produce un adelgazamiento agudo de la pared ventricular que ocurre 24- 72 horas después del episodio agudo de un IAM transmural. La expansión del área consiste en tejido necrótico con rotura de células que da lugar a una reducción en el espesor de la pared > del 50% (4-6 mm en lugar de 10-11 mm que sería lo normal). La expansión del infarto es un importante precursor del desarrollo de un aneurisma ventricular. Un aneurisma ventricular se caracteriza por adelgazamiento severo de la pared con movimiento disquinético. El 85% de los aneurismas están localizados en segmentos apicales y anteroseptales. El 50% de los aneurismas ventriculares desarrollan trombos murales que pueden ser bien visualizados en un estudio ecocardiográfico basal o con la ayuda de contraste ecocardiográfico. Los trombos ventriculares están habitualmente localizados en los segmentos apicales y pueden ser laminares o protruyentes y móviles. Estos últimos se asocian a riesgo elevado de embolismo.

Sin embargo los "seudoaneurismas ventriculares" se forman cuando una rotura de la pared tras el infarto es contenida por el pericardio.

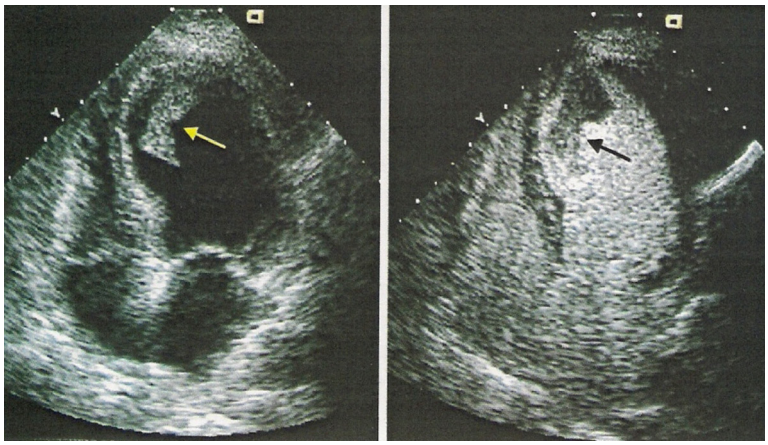


Figura 7: Plano apical 4 cámaras. Imagen de aneurisma apical con expansión de sus paredes y gran trombo apical (flechas). En la figura de la derecha la imagen se ha obtenido tras la inyección de contraste ecocardiográfico

2. *Insuficiencia mitral*

La insuficiencia mitral de origen isquémico ocurre fundamentalmente en los infartos de localización inferior. La incidencia de insuficiencia mitral es de un 38% en los IAM inferiores frente a un 10% en los infartos anteriores. La insuficiencia mitral isquémica ocurre debido a la disfunción, desplazamiento o rotura de los músculos papilares. La insuficiencia mitral funcional puede tener lugar por la dilatación del V.I. el remodelado esférico, la dilatación del anillo o la disincronía de los músculos papilares. El desplazamiento de los músculos papilares ocurre la mayoría de las veces en la cardiopatía isquémica crónica, mientras que la rotura de los músculos papilares ocurre en la fase aguda del IAM.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

Una insuficiencia mitral ligera o moderada es frecuente en los días posteriores de un IAM y a menudo disminuye o se resuelve tras el remodelado inverso. En cambio la insuficiencia mitral severa ocasionada por una rotura del músculo papilar es una complicación muy grave que aunque poco frecuente ocasiona el 5% de las muertes hospitalarias por IAM. Esta grave complicación no está necesariamente asociada con infartos de gran tamaño. El músculo que se rompe más frecuentemente es el posteromedial que es frecuentemente irrigado por la arteria descendente posterior de la coronaria derecha.

El estudio ecocardiográfico transtorácico es de gran utilidad para detectar esta complicación. El estudio con Doppler color nos muestra la insuficiencia mitral severa y en la imagen 2-D podemos apreciar la mayoría de las veces con claridad la rotura del músculo papilar. Si la imagen 2-D y Doppler color no son concluyentes se debe realizar un estudio transesofágico para determinar con precisión la causa de la insuficiencia mitral ya que estos pacientes deben ser remitidos de forma urgente a cirugía de sustitución valvular mitral

3. Rotura de la pared ventricular

La rotura de la pared ventricular puede presentarse tanto en los infartos anteriores como en los inferiores y generalmente van precedidos de expansión del infarto. Se ha comunicado que la rotura de la pared ventricular ocurre entre el 6% de los infartos agudos de miocardio transmurales y es la causa del 10% de las muertes por IAM.

La rotura de la pared libre del V.I. ocurre con mayor frecuencia en

- Pacientes > de 60 años
- Mujeres
- Hipertensos
- Ausencia de hipertrofia ventricular izquierda
- Primer infarto de miocardio
- Infartos transmurales medioventriculares y laterales

La mayoría de las roturas ocurren en la primera semana tras un IAM. Los hallazgos ecocardiográficos incluyen:

- Adelgazamiento de la pared libre
- Formación de seudoaneurisma
- Derrame pericárdico, en ocasiones con datos hemodinámicos de taponamiento

En algunas ocasiones la rotura de la pared da lugar a un seudoaneurisma. Es una complicación infrecuente y se trata de una rotura miocárdica que se cubre de reacción pericárdica y hematoma, formando un falso aneurisma que comunica directamente con la cavidad ventricular a través del orificio de rotura. Ecocardiograficamente, el diagnóstico diferencial con el aneurisma verdadero puede ser complejo. En general el seudoaneurisma presenta un cuello con dimensiones más reducidas el aneurisma verdadero. Un criterio ecocardiográfico del seudoaneurisma es que el mayor de sus diámetros debe ser mayor o igual al doble que el diámetro del orificio de entrada.

4. Rotura del septo interventricular

Esta complicación se produce en el 2-4% de los IAM. El intervalo desde el infarto agudo a la rotura del septo suele tener una media de 4 días, siendo más frecuentes en pacientes con enfermedad de 1 vaso coronario. La rotura de la pared septal se asocia al infarto de localización anterior y el defecto se encuentra habitualmente en la pared septoapical. En el caso del infarto de localización inferior la rotura ocurre en la base del corazón.

El diagnóstico ecocardiográfico de rotura septal es habitualmente sencillo y se basa tanto en los datos de la ecocardiografía bidimensional con en el estudio con Doppler. El análisis con imagen bidimensional nos permite localizar el defecto anatómico en el septo. El estudio con Doppler puede ser definitivo en aquellos casos en los que el ecocardiograma bidimensional no sea concluyente. Habitualmente registramos una turbulencia sistólica de flujo a nivel del septo interventricular dirigiéndose hacia el ventrículo derecho... La ecocardiografía de contraste puede ser muy útil en la detección del cortocircuito (shunt).

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

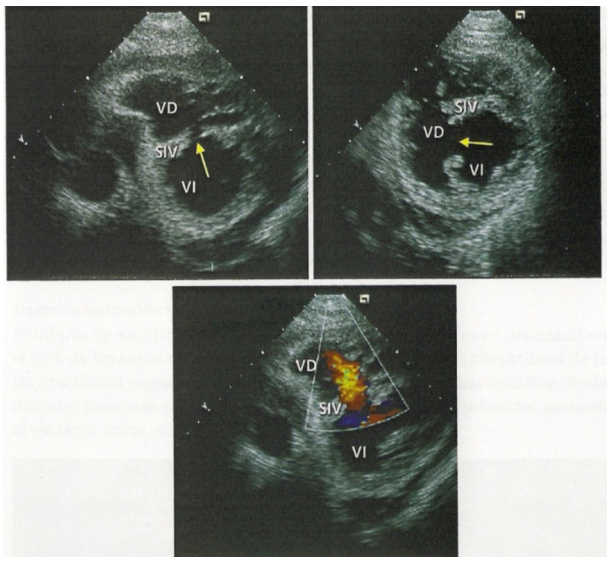


Figura 8. Eco transtorácico en eje corto de ventrículo izquierdo. La flecha señala el defecto del tabique interventricular. En la imagen con Doppler color se aprecia el paso de flujo de VI a VD a través de la rotura septal

La mortalidad es mayor en pacientes con comunicación interventricular en el contexto de infarto agudo de miocardio inferior, porque tiene con más frecuencia roturas complejas (rotura anfractuosa, lacerada) que son más difíciles de reparar quirúrgicamente y con mayor frecuencia se acompaña de disfunción de ventrículo derecho (V.D.).

5. Infarto de ventrículo derecho

El infarto de ventrículo derecho aislado es muy raro pero se detecta en el 20% de los infartos de ventrículo izquierdo. El infarto de ventrículo derecho se asocia con infarto de V.I. de localización inferior y está causado por una oclusión proximal de la arteria coronaria derecha. En el ecocardiograma se aprecia una dilatación del ventrículo derecho con alteraciones de la motilidad regional (hipoquinesia severa o aquinesia). Es frecuente una dilatación del anillo tricuspídeo y presencia de insuficiencia tricúspide. Las anomalías regionales de la motilidad se ven mejor en planos subcostales y paraesternales.

6. Derrame pericárdico

Un derrame pericárdico ligero es frecuente en la fase precoz de un IAM y es debido probablemente al proceso inflamatorio post-isquémico. Si el derrame pericárdico es severo nos debe hacer sospechar la posibilidad de una rotura de pared libre de V.I..

ECOCARDIOGRAFÍA DE ESTRÉS

DETECCIÓN DE ENFERMEDAD CORONARIA

Si el paciente se presenta con dolor torácico la primera prueba solicitada para descartar isquemia es habitualmente un prueba de esfuerzo electrocardiográfica. La ergometría es la modalidad mas establecida, ampliamente disponible y bien validada para el diagnostico inicial de enfermedad coronaria, pero presenta importantes limitaciones en su sensibilidad especialmente en pacientes con enfermedad de 1 vaso, bloqueo de rama izquierda, datos de hipertrofia en el ECG, mujeres…). La exactitud diagnóstica de la prueba de esfuerzo ECG es razonable cuando se aplica a poblaciones de pacientes apropiadas. En un estudio reciente de 12.000 pacientes la sensibilidad media era de 67% con una especificidad del 72%.

La ecocardiografía de estrés integra la imagen ecocardiográfica con el ECG para ayudar en el diagnóstico no invasivo de la enfermedad coronaria, proporcionando una visualización directa en tiempo real de la función

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

miocárdica. En cambio el SPECT está basado en la hipocaptación del radiotrazador en los segmentos isquémicos, localizando áreas "frías", hipoperfundidas en las distintas paredes. El Eco de estrés permite la visualización de las alteraciones de la contractilidad que se originan en los diferentes segmentos ventriculares durante la isquemia miocárdica. La disfunción contráctil transitoria es una manifestación directa de la isquemia miocárdica.

La función contráctil del corazón depende de un adecuado equilibrio entre el suministro de flujo coronario y la demanda metabólica. Demandas superiores al suministro originan isquemia miocárdica cuando este desequilibrio se mantiene durante bastante tiempo. La isquemia miocárdica progresa siguiendo una secuencia de eventos bien definida denominada *cascada isquémica*, iniciada por la hipoperfusión regional de un lecho coronario. Las primeras alteraciones en manifestarse son las metabólicas. A continuación hay alteraciones en la función diastólica y posteriormente aparecen las alteraciones de la contractilidad que detectamos en el ecocardiograma como anomalías de la motilidad. Sólo en los estadios más tardíos de la isquemia aparecen los cambios característicos en el electrocardiograma y los síntomas. Con la supresión del estrés y la restauración del flujo coronario, las anomalías de la contractilidad desaparecen con rapidez pero pueden ser persistentes si la isquemia es grave o prolongada.

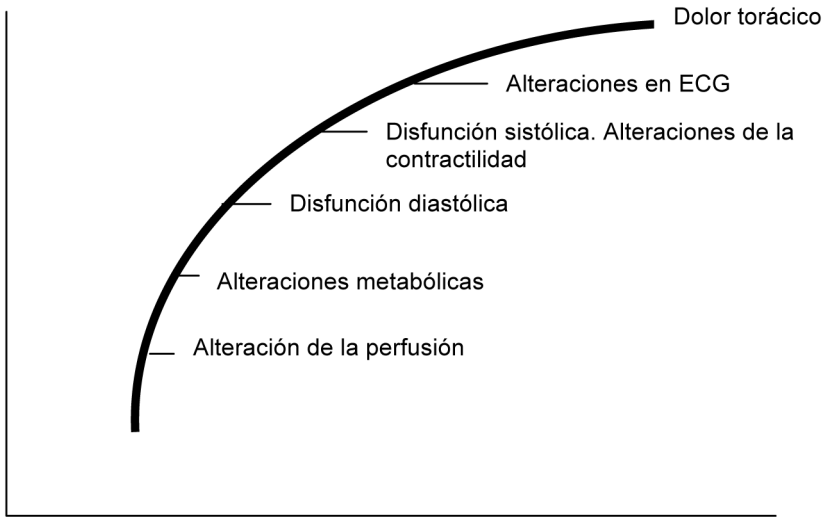


Figura. 9 Cascada Isquémica

El subendocardio es la capa funcionalmente más activa del miocardio con una baja reserva de perfusión lo que la hace más vulnerable a la isquemia y al infarto. La isquemia miocárdica empieza en el subendocardio y puede o bien limitarse a el o extenderse hasta el subepicardio y dar lugar a necrosis transmural.

La precisión de la ecocardiografía de estrés para detectar la extensión y la localización de la isquemia miocárdica es excelente particularmente cuando las anomalías ECG basales hacen que la prueba estándar ECG no sea diagnostica. La sensibilidad obtenida con el eco de estrés para diagnostico de enfermedad coronaria es de un 85% con una especificidad de 87%.

Además del diagnostico inicial de enfermedad arterial coronaria, la ecocardiografía de estrés es de gran ayuda para controlar la progresión de la enfermedad y valorar la respuesta clínica al tratamiento en pacientes con enfermedad conocida.

TÉCNICAS DE PROVOCACIÓN DE ISQUEMIA

Las maniobras de provocación de isquemia básicamente pueden agruparse según su mecanismo en dos grupos: las que producen isquemia por aumento de demanda de oxigeno y las que provocan isquemia por redistribución de flujo coronario.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

1. *Provocación de isquemia por aumento de la demanda*

El incremento de la demanda de oxigeno mediante maniobras de provocación esta basado en la modificación de alguno de los factores que lo determinan como son: la frecuencia cardiaca, la contractilidad, la presión arterial, el volumen sistólico etc... Este es el mecanismo de actuación del esfuerzo físico, que puede ser dinámico (en cinta rodante o cicloergómetro) o isométrico (dinamómetro), de la estimulación auricular y de fármacos inotrópicos.

El esfuerzo físico mediante ejercicio dinámico en cinta sin fin es el procedimiento utilizado en la mayor parte de los laboratorios ya que es el más fisiológico y el más sencillo de realizar. La carga puede regularse adecuadamente, la respuesta cardiovascular es progresiva y se alcanzan valores de doble producto más altos a expensas sobre todo de la frecuencia cardiaca. Con la bicicleta la respuesta cronotrópica es menos intensa pero se logra un mayor incremento en las cifras de tensión arterial. La elección de bicicleta o cinta rodante depende de las preferencias de cada centro. Si se elige la bicicleta en decúbito se precisa de una mesa especial con inclinación de 30º para poder adquirir las imágenes ecocardiográficas.

Cuando no es posible o no se quiere realizar ejercicio la demanda puede aumentarse por estimulación auricular o con la administración de fármacos adrenérgicos siendo el más utilizado la Dobutamina.

2. *Provocación de isquemia por redistribución de flujo*

Se utilizan fármacos como el Dipiridamol o la Adenosina que provocan un flujo heterogéneo con fenómeno de robo coronario. El robo coronario se origina durante la vasodilatación máxima por reducción de las resistencias en las arterias normales, lo que produce un aumento de flujo en las zonas sanas y una reducción en las arterias con lesiones significativas. La redistribución de flujo del subendocardio hacia el subepicardio provoca una isquemia de regiones subendocárdicas debido a que su reserva coronaria esta disminuida.

> El ecocardiograma de estrés con esfuerzo, con Dobutamina o con vasodilatadores, realizados adecuadamente es igualmente eficaz para inducir isquemia en pacientes con enfermedad significativa de las arterias coronarias epicárdicas.

PROTOCOLOS DE ESTUDIO

Durante la realización del estudio el paciente está monitorizado con un ECG de 12 derivaciones, colocando las derivaciones precordiales ligeramente desplazadas para no interferir con la ventana ecocardiográfica. Se registra un ECG basal y cada 3 minutos o cuando presente cambios que interese registrar. Se mide la presión arterial basal y se toma posteriormente cada 3 minutos.

Independientemente del tipo de estrés que se vaya a realizar siempre se obtienen imágenes en reposo que son las que se van a utilizar para la comparación de las imágenes de estrés. Se coloca al paciente en decúbito lateral izquierdo y se adquieren las imágenes ecocardiográficas basales mediante un programa digital específico para estudios de estrés. Habitualmente se obtienen dos planos paraesternales (eje largo y eje corto) y dos apicales (4 cámaras y dos o tres cámaras), o tres planos apicales y uno paraesternal o incluso cuatro apicales, dependiendo de la calidad de la ventana. Si el estudio se realiza con esfuerzo es interesante adquirir imágenes en el pico de esfuerzo e inmediatamente postesfuerzo. Hay estudios que señalan que la obtención de imágenes en el pico de esfuerzo aumenta la sensibilidad de la prueba. Si no es posible obtenerlas en el pico de ejercicio es suficiente con las imágenes postesfuerzo siempre que se adquieran en el primer minuto tras interrumpir el ejercicio. Posteriormente se adquieren imágenes de nuevo, siempre en los mismos planos, cuando recupera la frecuencia basal (fase de recuperación). Si el estudio se realiza con fármacos, el ecocardiograma se realiza durante todo el tiempo que dure la prueba y se obtienen imágenes habitualmente a dosis bajas del fármaco, a dosis máxima y en la recuperación. Es muy importante obtener los mismos planos en cada estadio para poder compararlos de forma fiable.

Esfuerzo: El esfuerzo físico debe ser el protocolo de elección siempre que el paciente sea capaz de hacer ejercicio. Es el más fisiológico y nos aporta importante información sobre la capacidad funcional. Además es

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

el método que tiene menos complicaciones. El protocolo más frecuentemente utilizado es el de Bruce aunque en ocasiones se utiliza el Bruce modificado o el Naughton.

Dobutamina: el protocolo más habitual está representado en el grafico. Se empieza con dosis bajas de Dobutamina (10 microgramos/Kg/min) para ir incrementando la dosis cada 3 minutos hasta llegar a una dosis máxima de 40 microgramos/Kg/min. Si no alcanza el 85% de la FMT se administra Atropina IV a dosis de 0,25 mg hasta alcanzar la FC deseada o completar la dosis total de 1 mgr. En muchos centros se emplean en algunos pacientes protocolos "acelerados" que consisten en empezar la infusión de Dobutamina a dosis de 20 microgramos/kg/min durante 3 minutos y si no hay cambios pasar a dosis de 40 microgramos/kg/min durante 6 minutos. Con este protocolo se consigue reducir el tiempo de estudio sin disminuir la sensibilidad y sin aumentar el número de complicaciones. Al finalizar la adquisición y si el estudio ha sido positivo se administran betabloqueantes endovenosos. Figura 10.

El estudio con Dobutamina está contraindicado en pacientes con HTA severa o con arritmias ventriculares.

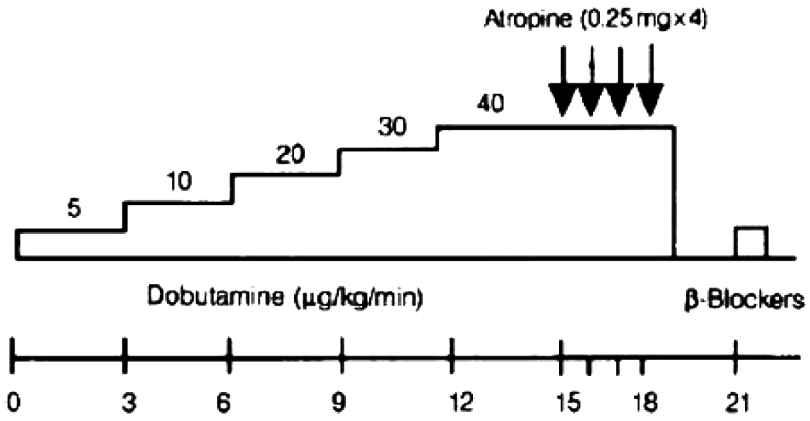


Figura 10. Protocolo de estudio con Dobutamina (ß-blockers: betabloqueantes)

Dipiridamol: El protocolo estándar con Dipiridamol consiste en la infusión de 0,84 mg/Kg de peso. Puede administraste la dosis total en 6 minutos o bien administrar una dosis de 0,54mg/Kg en 6 minutos y si no hay alteraciones completar con otra dosis de 0,28mg/Kg. Debe tenerse disponible Aminofilina (240 mgr) para contrarrestar los posibles efectos adversos del dipiridamol. El estudio con Dipiridamol está contraindicado en pacientes con asma bronquial o alteraciones de la conducción. Figura 11.

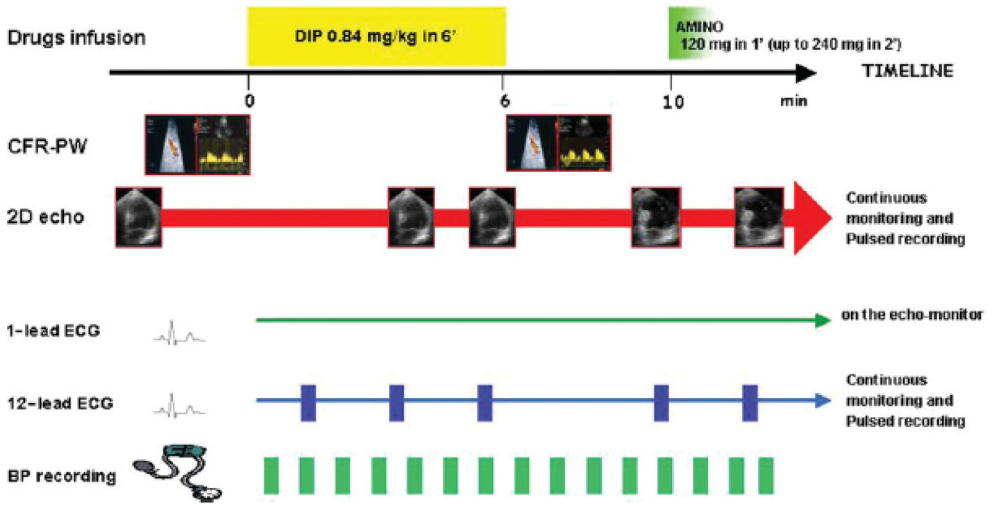


Figura 11: Protocolo de estrés con Dipiridamol. (DIP) infusión en 6 minutos. AMINO (aminofilina, hasta 240 mg en 2 minutos). BP recording (registro de la presión arterial). Adicionalmente con el empleo de vasodilatadores, como el DIP o la adenosisna se puede evaluar con Doppler pulsado (PW) la reserva de flujo sanguíneo coronario (CFR) en algunas arterias como la DA (descendente anterior) o en injertos coronarios.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

Adenosina: Su infusión por vía venosa produce una intensa vasodilatación coronaria con un comienzo de su acción muy rápido y una vida media muy corta. La dosis empleada suele ser 140 microgramos por Kg. y minuto durante 6 minutos. El estudio con Adenosina está contraindicado en pacientes con asma bronquial o alteraciones de la conducción.

Ergonovina: Test de vasoespasmo

Se administra una inyección en bolo de ergometrina (50 µgramos) y se repite a intervalos de 5 minutos hasta obtener una respuesta positiva o alcanzar una dosis máxima de 0,35 mgr. Si se obtiene una repuesta positiva se administra nitroglicerina intravenosa.

SEGURIDAD Y COMPLICACIONES

La tasa de complicaciones para el eco de estrés con ejercicio son las mismas que para la prueba de esfuerzo ECG convencional. El eco de estrés farmacológico tiene algunos efectos secundarios que pueden impedir obtener un estudio máximo de estrés. En el caso de la Dobutamina esto ocurre en aproximadamente el 10% de los pacientes y con el Dipiridamol en el 5%. La complicación más frecuente en los estudios con Dobutamina son las arritmias ventriculares y con el Dipiridamol el bloqueo A-V y el brocoespasmo. Las complicaciones fatales son raras con una tasa de mortalidad de uno cada 5000 estudios con Dobutamina y uno por cada 10.000 con Dipiridamol. Por ello se debe insistir en que en los estudios de estrés farmacológicos debe estar siempre presente un médico y que los pacientes deben conocer las posibles aunque infrecuentes complicaciones del estudio. Se ha publicado recientemente un artículo de revisión de 26 estudios que incluye a 55.000 pacientes con un eco de estrés Dobutamina. Estas son las tasas de las diferentes complicaciones:

Mortalidad. Menos del 0,01%. Debido a fibrilación ventricular o rotura cardiaca.

Rotura cardiaca. Menos del 0,01%. Habitualmente en enfermos con infartos previos (sobre todo con escara inferior). Se considera necesario siempre descartar seudoaneurisma o rotura cardiaca antes de comenzar la prueba. Tratamiento: detener infusión de dobutamina. Pericardiocentesis seguida de cirugía urgente.

Infarto de miocardio. 0,02%. Se discuten diversos mecanismos (vasoconstricción coronaria, aumento del consumo, activación plaquetaria,…). Tratamiento: detener infusión de dobutamina, considerando trombolisis o coronariografía inmediata.

Accidente cerebrovascular. Menos del 0,01%. Distintos mecanismos. Tratamiento: detener infusión de dobutamina, TC o RMN craneal, considerando trombolisis si es isquémico.

Asistolia. Menos del 0,01%. Debida a isquemia del nodo o a un reflejo vagal importante (reflejo Bezold-Jarisch). Tratamiento: detener infusión de dobutamina, administrar atropina 05 a 2 mg.

Fibrilación ventricular. 0,04%. Generalmente en pacientes con cardiopatía estructural, isquemia severa y o extensa y posiblemente alteraciones electrolíticas concomitantes. Tratamiento: detener infusión de dobutamina. La reanimación cardiopulmonar suele ser efectiva.

Taquicardia ventricular sostenida. 0,15%. Por diversos mecanismos la dobutamina puede ser arritmógena (incremento AMPc intracelular, dispersión de la conducción y reentrada, incremento automaticidad focos ectópicos, disminución potasio sérico). Se han relacionado de manera consistente con la disfunción ventricular del paciente y con su historia previa de arritmias ventriculares más que con la adicción de atropina o isquemia miocárdica durante la prueba. El problema es que en la mayor parte de los estudios analizados no se distinguía entre sostenidas y no sostenidas, lo que hace que pueda sobreestimarse la incidencia de las primeras. En

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

cualquier caso, no parecen asociarse a un peor pronóstico. Tratamiento: detener infusión de dobutamina, normalmente las arritmias se controlan bien y son autolimitadas. Administrar un betabloqueante intravenoso, como antídoto (Ej. metoprolol). Si fuera necesario procainamida o amiodarona. La cardioversión puede ser necesaria si hay compromiso hemodinámico o la arritmia persiste en el tiempo.

Arritmias supraventriculares. La incidencia de extrasistolia supraventricular es 7,8%. TC supraventricular 1,3% y de fibrilación auricular es 0,9%. Se asocian a disfunción ventricular, dilatación auricular y a pacientes ancianos. Tratamiento: detener infusión de dobutamina, normalmente las arritmias se controlan bien y son autolimitadas. Administrar un betabloqueante intravenoso, como antídoto o verapamilo. Puede emplearse adenosina o digoxina, aunque su efecto es más lento. En caso de inestabilidad, cardioversión.

Bloqueo aurículo ventricular. 0,23%. Por isquemia, reflejo de Bezold-Jarisch, o anormalidades latentes del sistema de conducción. Tratamiento: detener infusión de dobutamina en casos de Mobitz II (OJO la atropina puede empeorar el bloqueo infranodal y NO DEBE emplearse en este caso concreto). En Mobitz I se puede utilizar atropina.

Espasmo coronario. 0,14%. Probablemente secundario a la actividad alfa 1, generalmente en pacientes con disfunción endotelial, hipertensión y diabetes. Tratamiento: utilizar nitroglicerina sublingual, mejor que betabloqueantes. Se debe considerar el tratamiento a largo plazo con calcioantagonistas, así como la estratificación de riesgo (test de provocación, con ergonovina o acetilcolina).

Hipotensión. Como causa de finalización del test se da en 1,7% de los casos. Dependiendo de la definición admitida puede detectarse una caída de 20 mmHg en hasta el 20% de los pacientes. Se debe a una vasodilatación periférica que no se puede compensar por un aumento proporcional del gasto, por distintos mecanismos (obstrucción del tracto de salida fija o dinámica), alergia a la dobutamina, reflejo vagal, etc… Tratamiento: detener infusión de dobutamina, en pacientes sintomáticos, con caídas superiores a 40 mmHg. Considerar la posición de Trendelemburg y la infusión rápida de fluidos. Cuando asocia bradicardia sinusal, descartar isquemia inferior y valorar administrar bolos de atropina intravenosa.

Hipertensión. Como causa de finalización del test 1,3%. En general, en enfermos con historia de hipertensión, y con mayor frecuencia en tratamiento con betabloqueantes. Tratamiento: detener infusión de dobutamina, valorando administrar betabloqueantes.

Intoxicación por atropina. 0,03%. Consiste en un cuadro anticolinérgico central con alteraciones cognitivas (confusión, delirium, alucinaciones) o sedación prolongada. Tratamiento: la fisostigmina, 1-2 mg iv, puede revertir el cuadro, permitiendo a su vez descartar otras complicaciones, como un ictus. En ancianos se puede considerar emplear glicopirrolato (anticolinérgico que no atraviesa la barrera hematoencefálica) en lugar de atropina.

Extravasación de dobutamina. Excepcional. Puede producir vasoconstricción local. Tratamiento: detener la infusión. Valorar la administración local de fentolamina (antagonista alfa, no selectivo), de 5 a 10 mg en 10-15 ml de salino.

Hipersensibilidad a la dobutamina. Excepcional. Lesiones dérmicas y asma. Tratamiento: detener la infusión y administrar antihistamínicos.

El ejercicio es más seguro que el estrés farmacológico. El estudio con Dipiridamol es más seguro que el estudio con Dobutamina. Ambos, el médico que realiza el estudio y el paciente deben conocer la tasa de complicaciones y firmar el consentimiento informado.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

CRITERIOS DIAGNÓSTICOS

Los criterios diagnósticos para la interpretación de un eco de estrés se basan en la comparación de la motilidad segmentaria basal y tras la provocación del estrés y se resumen en la tabla. Un estudio normal es cuando todos los segmentos contraen normalmente en situación basal y con el estrés. Una respuesta isquémica es cuando en el estudio de estrés aparecen alteraciones de la motilidad que no estaban presentes en el estudio basal. Interpretamos que un miocardio es viable cuando durante el estrés aparece mejoría en la motilidad de segmentos que eran hipocinéticos en el estudio basal. Decimos que un territorio es necrótico cuando presenta severas alteraciones en el estudio basal que no se modifican con el estrés.

BASAL	ESTRÉS	DIAGNOSTICO
Normal	Normal / Hiperquinesia	NORMAL
Normal	Hipoquinesia / Aquinesia	ISQUEMIA
Aquinesia / Hipoquinesia	Normal	VIABLE
Aquinesia/Disquinesia	Aquinesia/disquinesia	NECROSIS

Como en la mayoría de las técnicas de imagen hay algunos factores que limitan la calidad de la imagen y pueden influir de manera importante en la precisión diagnóstica. La obesidad y la enfermedad pulmonar crónica pueden condicionar una pobre ventana acústica en aproximadamente el 10% de los pacientes.

La imagen armónica y la utilización de contraste ultrasónico para opacificación del V.I. son claramente recomendados para mejorar la visualización del borde endocárdico en los pacientes con ventana ecogénica deficiente. Dado que la interpretación de la contractilidad es subjetiva, el mejorar la calidad de la imagen puede mejorar la variabilidad interobservador.

La valoración es visual "eyeball approach" y valora el movimiento de la pared como "normal" o "anormal" en base:

- Grado de excursión del endocardio en sístole.
- Grado de engrosamiento miocárdico.
- Momento en el que se inicia el movimiento.
- Forma que adquiere el V.I. durante la contracción.

El correcto análisis de los segmentos parietales del V.I. y la valoración de la movilidad de los mismos son esenciales en la ecocardiografía de estrés. Se estudian habitualmente los 17 segmentos descritos por la AHA (figura 12). Los segmentos se correlacionan con la anatomía coronaria según la distribución habitual: pared anterior y apical: arteria descendente anterior; pared lateral y posterior: arteria circunfleja y pared inferior y basal: coronaria derecha. Esta distribución puede variar según la dominancia coronaria. Se les adjudica una puntuación que será

1 Contractilidad Normal
2 Hipocinético
3 Aquinético
4 Disquinético

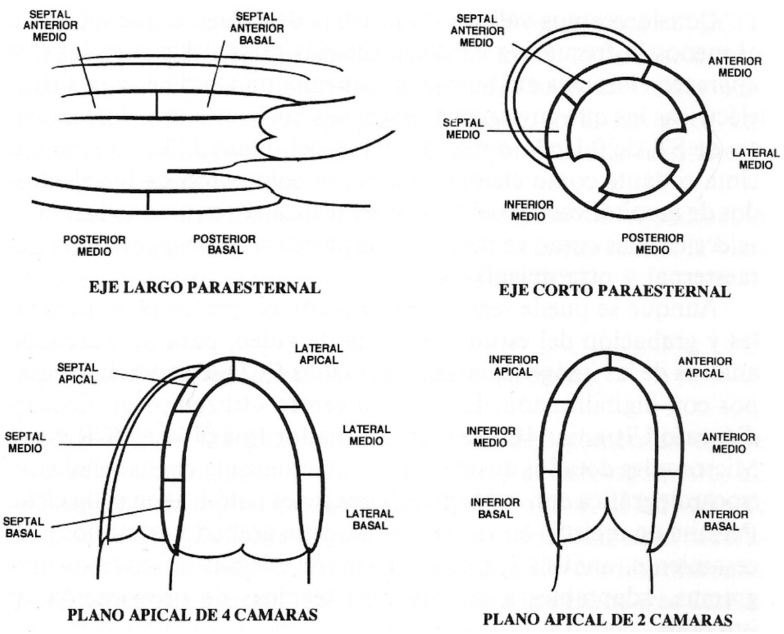
Esta valoración se realiza en el eco basal y en el pico de estrés.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

Figura12: Planos de estudio del V.I



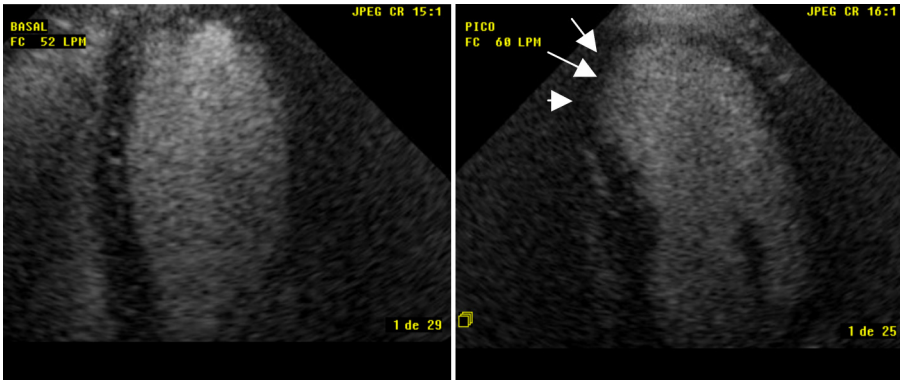


Figura 13. Ecocardiograma de esfuerzo realizado con contraste. Panel de la izquierda: Plano 4 cámaras basal. Panel derecho: plano 4 cámaras postesfuerzo con amplia zona acinética-discinética apical (flechas)

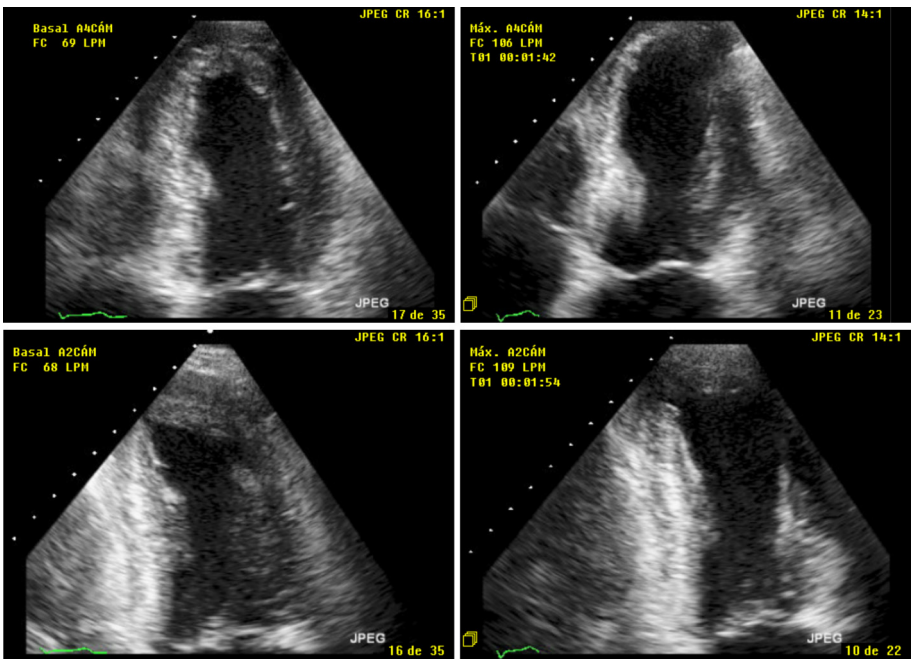


Figura 14. Ecocardiograma de esfuerzo. A la izquierda aparecen imágenes en sístole basales en 4 y 2 cámaras (sin alteraciones de la contractilidad). En las imágenes de la derecha imágenes en sístole postesfuerzo en 4 y 2 cámaras mostrando zona discinética en segmentos anteriores y apicales.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

PRECISIÓN DIAGNÓSTICA Y VALOR PRONÓSTICO

El ecocardiograma de estrés realizado con esfuerzo o con fármacos (inotrópicos o vasodilatadores) tiene una precisión diagnóstica y una sensibilidad similar para el diagnóstico de enfermedad coronaria. Su amplia implantación en Europa nos ha permitido disponer gran cantidad de estudios multicéntricos con miles de pacientes que han estudiado tanto la seguridad como la precisión diagnóstica. La sensibilidad media de estos estudios para el diagnóstico de enfermedad coronaria es alrededor de un 85% y la especificidad del 90%. La elección de un test va a depender de las contraindicaciones que pueda tener el paciente para realizar la prueba. Si el paciente camina es recomendable realizar siempre un estudio con ejercicio físico por ser el estudio que nos permite además valorar la capacidad funcional, por ser el más fisiológico, el más rápido, el más barato y el más seguro por tener la tasa más baja de complicaciones. Si el paciente tiene una hipertensión severa o arritmias ventriculares elegiremos un fármaco vasodilatador y si el paciente tiene asma o alteraciones de la conducción en el ECG realizaremos la prueba con Dobutamina. Es importante que los laboratorios de imagen tengan experiencia con todas las técnicas para poder elegir la prueba adecuada para cada paciente.

El eco de estrés con ejercicio y farmacológico tienen una capacidad similar en la estratificación de riesgo en los pacientes coronarios. El riesgo anual de muerte tras un ecocardiograma de estrés con esfuerzo o fármacos NORMAL es de 0,4-0,9 %, el mismo que tienen los pacientes con un estudio de perfusión miocárdico nuclear normal. Así los pacientes con sospecha de enfermedad coronaria y un eco de estrés negativo tienen un pronóstico excelente y puede evitarse el realizar una coronariografía de forma segura. La estimación del riesgo de los pacientes con eco de estrés positivo y negativo se expresan en las figuras 15 y 16 (Stress echocardiography expert consensus statement).

Figura 15. Estimación de riesgo en pacientes con eco de estrés positivo. Adaptado de ref. 2.

Riesgo a 1 año (end-points duros)	**Riesgo intermedio** (1-3% año)	**Riesgo alto** (> 10% año)
Dosis /carga de esfuerzo	ALTA	BAJA
FEVI en reposo	> 50%	< 40%
Tratamiento anti-isquemia	Suspendido	Presente
Territorio coronario	CD / CX	DA
Puntuación motilidad regional	BAJA	ALTA
Recuperación	RÁPIDA	LENTA
Positividad o disinergia	UNA ZONA	VARIAS ZONAS
Reserva de flujo coronario	> 2.0	< 2.0

Figura 16. Estimación de riesgo en pacientes con Eco de estrés negativo. Adaptado de ref. 2.

Riesgo a 1 año (end-points duros)	**Riesgo muy bajo** (<0.5% año)	**Riesgo bajo** (1-3% año)
Carga	Máxima	Submáxima
FEVI en reposo	>50%	<40%
Tratamiento anti-isquemia	Suspendido	Presente
Reserva de flujo coronario	>2.0	<2.0

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

Recientemente se ha publicado un estudio muy interesante que estudia el valor pronóstico del eco de estrés negativo en pacientes que han alcanzado la frecuencia máxima y los compara con los test submáximos. Es un meta-análisis de 14 estudios que incluye 11.542 pacientes. Durante un seguimiento medio de 32 meses demuestra que el valor pronóstico de un eco de estrés submáximo (tanto si es Eco de estrés esfuerzo o con Dobutamina) no es el mismo que si el estudio es máximo ya que la tasa anual de eventos graves es de 2,08% vs 0,77% en los pacientes con un eco de estrés negativo máximo.

ECO DE ESTRÉS Y ESTUDIO DE PERFUSIÓN MIOCÁRDICA

El interés de la opacificación de la cavidad ventricular durante la realización de un eco de estrés ha sido igualmente demostrado por diversos grupos que señalan una importante mejora en la calidad de las imágenes y en la visualización de un mayor número de segmentos, además de una disminución muy significativa de la variabilidad interobservador. Pero el campo de aplicación del contraste no se limita a valorar la contractilidad sino que su verdadera ambición es valorar simultáneamente "motilidad y perfusión".

La valoración de la perfusión miocárdica regional es importante en el diagnóstico, el manejo clínico y la estratificación de riesgo en los pacientes con cardiopatía isquémica. Aunque la tomografía con emisión de positrones es considerada en la actualidad el patrón oro en el estudio de la perfusión, su utilidad clínica está limitada por la baja resolución espacial, por la necesidad de inyectar isótopos radioactivos y por no poder realizarse a la cabecera del paciente.

La ecocardiografía de contraste miocárdico (ECM) ha sido evaluada en múltiples estudios como una alternativa válida en el estudio de perfusión miocárdica. Avances recientes en el diseño de los contrastes y de la tecnología de ultrasonidos nos permiten ver en tiempo real y con imagen de baja energía, la opacificación del miocardio tras la inyección de un contraste por vía endovenosa. Se utilizan técnicas no destructivas que utilizan bajas potencias (índice mecánico 0.1-0.2). Se inyecta el contraste y una vez obtenida una señal adecuada de contraste en el miocardio se emiten un número determinado de impulsos de alta potencia (IM 1.6-1.7), que destruyen las burbujas quedando el miocardio sin burbujas y permitiendo después observar en tiempo real como se rellena el miocardio durante los ciclos siguientes. Mediante las curvas de destrucción-relleno, la ecocardiografía de contraste miocárdico permite analizar la velocidad con la que se rellena de contraste el miocardio que está relacionada con la perfusión miocárdica (pendiente de la curva de relleno) y con el volumen sanguíneo miocárdico principalmente situado en las arteriolas de pequeño calibre y los capilares (meseta en las curvas destrucción-relleno). Toda variación de volumen sanguíneo se acompaña de una modificación de la concentración de microburbujas y por tanto de la intensidad de la señal de contraste. El estudio de perfusión en tiempo real a pesar de ser muy superior a las modalidades destructivas con alto índice mecánico e imagen intermitente tiene importantes limitaciones. La estimación visual es sencilla y rápida pero subjetiva ya que los métodos de cuantificación de los que disponemos en la actualidad no están validados. Todavía nos preguntamos si es o no necesaria la cuantificación de la perfusión. En un interesante estudio comparan el estudio de perfusión con contraste miocárdico y con SPECT en 50 p. Realizan estudio en reposo y tras inyección de Adenosina. La estimación visual de la perfusión en la ecocardiografía de contraste miocárdico mostró un buen grado de acuerdo con el SPECT con una sensibilidad del 64% y una especificidad del 87%. Cuando se realizó un análisis cuantitativo del contraste intramiocárdico la sensibilidad fue ligeramente superior pero disminuyendo la especificidad. No está pues de momento establecida la ventaja de la cuantificación de la perfusión, al menos con la tecnología actualmente disponible. Las decisiones clínicas en cardiología se basan cada vez más en las mediciones de las cámaras cardíacas, de la función ventricular y del cálculo de las áreas valvulares. Es también razonable pensar que para que se generalice el uso de la ecocardiografía de contraste miocárdico será necesario estandarizar un método de cuantificación.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

APLICACIONES CLÍNICAS

Eco de estrés: perfusión mas movimiento de pared

Valorar la perfusión miocárdica y/o el movimiento de la pared durante el ejercicio o el estrés farmacológico es de gran importancia en la estratificación de riesgo de los pacientes coronarios. Varios estudios clínicos utilizando diferentes agentes de contraste y diferentes modalidades de eco de estrés, han demostrado la capacidad de la técnica para identificar anomalías reversibles de la perfusión durante la ecocardiografía de estrés. Los primeros trabajos efectuados con las técnicas de imagen durante el estrés farmacológico inducido por vasodilatadores, ha mostrado una buena correlación con las técnicas isotópicas. En el estudio de Kaul et al la sensibilidad y la especificidad del eco de contraste fue de 92% y 84% para la detección de anomalías de la perfusión, siendo el tratamiento de las imágenes muy complejo

Un hecho interesante es que se detectaron defectos de perfusión en territorios miocárdicos con lesiones de arterias coronarias > de 50%, que no presentaron alteraciones de la contractilidad. Estos hallazgos apuntan a una mayor sensibilidad del estudio de perfusión comparado con el análisis aislado de la contractilidad segmentaria.

Es importante tener en cuenta que en todos estos estudios el análisis de los defectos de perfusión fue puramente visual y que el análisis simultáneo del movimiento de la pared y de la perfusión induce sin duda un sesgo en la interpretación. Además los pacientes fueron seleccionados por su buena ventana ecográfica.

Síndromes coronarios agudos

En el diagnóstico de un paciente sintomático en estadios precoces, la ausencia de un defecto de perfusión descarta un evento isquémico mayor mientras que un defecto de perfusión en un paciente asintomático, sin historia de infarto de miocardio implica presencia de isquemia. En el caso de un IAM establecido, el tamaño del defecto de perfusión refleja el área de miocardio en riesgo y puede ayudar a elegir el tratamiento óptimo. El objetivo de la reperfusión mecánica en pacientes con IAM es restaurar el flujo de la arteria relacionada con el infarto para limitar el daño celular y preservar la función ventricular que es el predictor más potente de supervivencia tras un IAM. El éxito de la reperfusión sin embargo se indica por la perfusión de los capilares miocárdicos más que por la permeabilidad de la arteria. La señal de contraste en miocardio que sigue a una inyección de contraste endovenoso, refleja el volumen sanguíneo en los capilares miocárdicos y la integridad capilar. Después de la restauración del flujo epicárdico, el contraste llenará las áreas con integridad microvascular mientras que las áreas de necrosis completa no mostraran relleno del agente de contraste.

El relleno completo del miocardio en riesgo que sigue a la restauración del flujo epicárdico es esencial para la recuperación de la función del VI después de un IAM. La ausencia de señal de contraste miocárdico en un área infartada con la arteria abierta representa un fenómeno de no reflujo y predice un pobre pronóstico. Estos resultados inicialmente demostrados en ecocardiografía de contraste intracoronario, se han confirmado recientemente utilizando los contrastes por vía endovenosa. El gran interés de esta técnica es la posibilidad de ser realizada muy precozmente, a la cabecera del paciente y de poder repetirse de forma seriada para valorar las modificaciones producidas tras la revascularización coronaria.

Disfunción miocárdica crónica

En el contexto de la isquemia crónica, el clásico «miocardio hibernado», el estudio de viabilidad es muy importante para predecir la recuperación funcional. La presencia de integridad microvascular en el estudio de contraste miocárdico con inyección de contraste intracoronario ha sido propuesto como un criterio predictivo de recuperación funcional después de la revascularización, con una sensibilidad ligeramente superior al eco dobutamina pero con una especificidad más baja. Shimoni et al han estudiado la viabilidad en 20 pacientes con disfunción ventricular izquierda crónica antes de la revascularización utilizando la ecocardiografía de contraste por vía endovenosa con las técnicas de cuantificación del débito sanguíneo miocárdico. Utilizando este parámetro la sensibilidad y la especificidad fue de 90% y de 61% respectivamente contra 80% y 54% con eco dobutamina. Además la ecocardiografía de contraste identificó viabilidad en segmentos sin reserva contráctil en el eco dobutamina.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

Numerosas cuestiones están todavía sin resolver en los estudios de estrés y perfusión. Las técnicas evolucionan constantemente y las experiencias actuales son todavía limitadas. Si las técnicas de perfusión en tiempo real parecen las más atractivas, las de imagen intermitente continúan siendo estudiadas por diversos grupos. El tipo de contraste a utilizar y el modo de administración (bolo o infusión continua) así como las modalidades de análisis de las imágenes están todavía en debate.

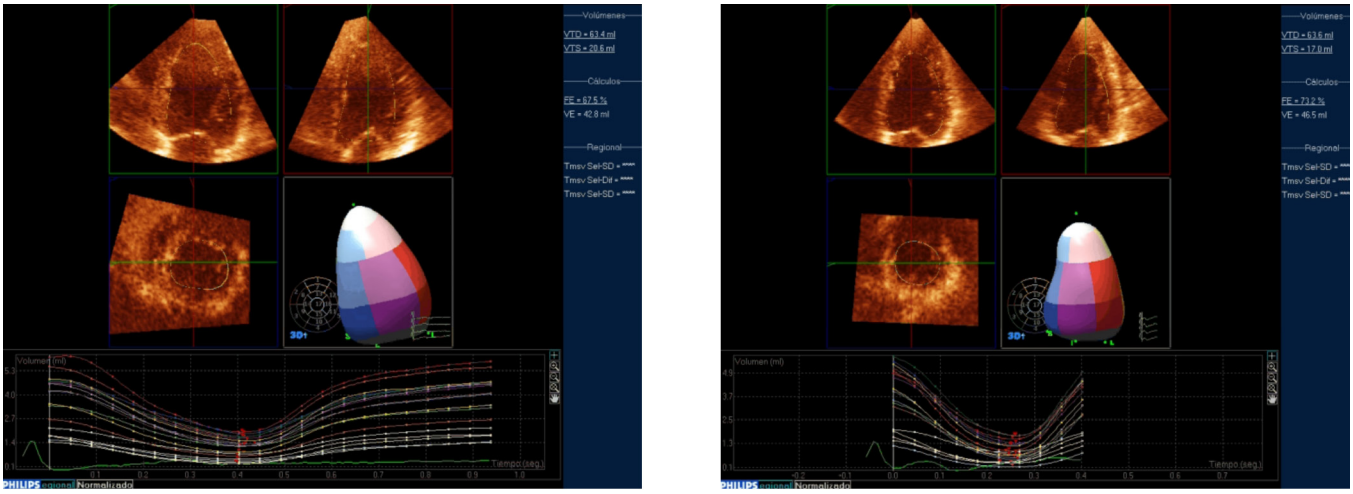


Figura 17. Eco de estrés con 3-D. Panel izquierdo: Estudio basal que no muestra alteraciones de la contractilidad. Panel derecho: estudio post-esfuerzo inmediato: No se aprecian alteraciones de la contractilidad segmentaria —*ver vídeos 3 y 4*—..

Eco-estrés 3D

La realización de eco-3D durante el eco de estrés es no solo atractiva sino posible, tanto mediante adquisición biplanar o triplanar o mediante adquisición volumétrica.

Aunque parecía mas adecuado para la ecocardiografía de estrés farmacológico, Peteiro et al describen la aplicabilidad de la eco-3D en la ecocardiografía de esfuerzo. Probablemente la mejora de las nuevas sondas de eco 3-D transtorácico nos permitan obtener imágenes de suficiente resolución para la realización del ecocardiograma de estrés.

ESTUDIO DE VIABILIDAD MIOCÁRDICA

En el estudio de la viabilidad miocárdica la experiencia más amplia en eco es con el eco de estrés realizado con dosis bajas de Dobutamina. Es también posible el estudio de la viabilidad con dosis bajas de Dipiridamol o con ejercicio de bajo nivel pero la experiencia es mucho menor y no se aplica en la práctica clínica diaria.

En presencia de isquemia la pérdida de función contráctil puede ser debida a: necrosis miocárdica, aturdimiento o miocardio hibernado. Mientras que la necrosis miocárdica es una disfunción irreversible, los términos de miocardio aturdido e hibernado reflejan reversibilidad de la disfunción contráctil del V.I. La revascularización de un miocardio disfuncionante crónicamente pero "viable" es una importante alternativa en el tratamiento de la insuficiencia cardiaca secundaria a enfermedad coronaria. Estudios observacionales han sugerido que pacientes con disfunción isquémica de V.I. con una cantidad significativa de miocardio viable (al menos de 5 segmentos) tienen un menor riesgo operatorio, mayor grado de mejoría de la contractilidad global y regional del V.I., menos síntomas de insuficiencia cardiaca y mejor supervivencia tras la revascularización que los pacientes con grandes áreas de miocardio no viable.

El protocolo de eco de estrés más ampliamente utilizado para demostrar viabilidad es la infusión de Dobutamina a bajas dosis, empezando con dosis de 5 microgr/kg/min durante 3 minutos y dosis de 10 microgramos durante otros 3 minutos. El estudio se realiza de forma similar al descrito previamente para

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

detectar isquemia realizando un estudio basal y adquiriendo posteriormente imágenes a los 3 y 6 minutos de la infusión de Dobutamina. En un estudio reciente se señala que un 72% de los segmentos que mejoran su motilidad con dosis bajas de Dobutamina recuperan la función contráctil tras la revascularización. El Eco de estrés para detectar viabilidad tiene dos limitaciones importantes como son la subjetividad en la interpretación de los resultados y la ventana ecográfica del paciente.

Actualmente disponemos de una técnica excelente para el estudio de la viabilidad como son las secuencias de realce tardío con gadolinio en el estudio de CRM que obvian las limitaciones de las exploraciones funcionales por lo que se han convertido en el patrón oro para la valoración de la viabilidad miocárdica en la práctica clínica.

CRITERIOS DE USO APROPIADO PARA ECOCARDIOGRAMA DE ESTRÉS EN CARDIOPATÍA ISQUÉMICA

Dado el enorme incremento en la utilización de las diferentes técnicas de imagen cardiovascular en los últimos años, diferentes asociaciones (ACCF/ASE/ACEP/AHA/ASNC/SCAI/SCCT/SCMF) han hecho un esfuerzo para tratar de definir en que situaciones clínicas es "apropiado" el uso de las diferentes técnicas de imagen y así evitar el uso excesivo de las mismas.

> "Un estudio de imagen apropiado es aquel en que la información incremental esperada combinada con el juicio clínico, excede las consecuencias negativas esperadas por un margen lo suficientemente amplio que hace que el procedimiento sea considerado aceptable y razonable para una determinada indicación"

> Consecuencias negativas esperadas:
> - Riesgos del procedimiento: contraste, radiación, fármacos
> - Impacto posterior del resultado (falsos+ y falsos -)

Un comité de expertos ha elaborado un sistema de puntuación para cada técnica de imagen asignando a las diferentes indicaciones puntuaciones de 1 a 9. Los puntuados entre 1 y 3 se consideran estudios inapropiados y los puntuados entre 4 y 6 inciertos. Se consideran estudios apropiados los puntuados con 7, 8 y 9.

Las indicaciones que se detallan a continuación son las indicaciones consideradas apropiadas para realizar un ecocardiograma de estrés.

(ACCF/ASE/ACEP/AHA/ASNC/SCAI/SCCT/SCMF.
Appropriateness Criteria for Stress Echocardiography)

1) Pacientes con baja probabilidad pretest de EAC (Enfermedad Arterial Coronaria) y ECG no interpretable o incapaces de hacer ejercicio.
2) Pacientes con probabilidad intermedia de EAC (independientemente del ECG).
3) Pacientes con alta probabilidad pretest de tener EAC (independiente del ECG).
4) Prueba de esfuerzo previa no concluyente o equívoca.
5) Pacientes con dolor torácico agudo y probabilidad intermedia de EAC que tengan ECG basal normal y sin alteración de enzimas cardiacos.
6) Pacientes diagnosticados de insuficiencia cardiaca con dolor torácico o equivalente anginoso y función sistólica conservada.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

7) Pacientes con nueva aparición de fibrilación auricular y probabilidad intermedia pretest de EAC.
8) Pacientes con taquicardia ventricular no sostenida y riesgo intermedio de EAC (sólo estrés con ejercicio).
9) Pacientes con enfermedad coronaria conocida en cateterismo para decidir estrategia de revascularización.
10) Paciente con lesiones coronarias (en TAC o cateterismo) de dudosa significación).
11) Reevaluación de pacientes coronarios con tratamiento médico.
12) Puntuación de Agatston en TAC > de 400.
13) Preoperatorio de cirugía de alto riesgo no coronaria en pacientes con alto riesgo de EAC y sin capacidad para hacer ejercicio (estrés farmacológico).
14) Estudio de viabilidad en pacientes coronarios previo a la revascularización.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

Técnicas de imagen en el estudio de la cardiopatía isquémica. Ecocardiografía de estrés.

Eva Laraudogoita Zaldumbide

BIBLIOGRAFÍA

1. Douglas PS, Khandheria B, Stainback RF, Weissman NJ, Peterson ED, Hendel RC, et al. *Appropriateness Criteria for Stress Echocardiography.* A Report of the American College of Cardiology Foundation Appropriateness Criteria Task Force, American Society of Echocardiography, American College of Emergency Physicians, American Heart Association, American Society of Nuclear Cardiology, Society for Cardiovascular Angiography and Interventions, Society of Cardiovascular Computed Tomography, and Society for Cardiovascular Magnetic Resonance. Circulation. 2008;117:1478-1497.)
2. Sicari R, Nihoyannopoulos P, Evangelista A, Kasprzak J, Lancellotti P, Poldermans D, et al on behalf of the European Association of Echocardiography Stress echocardiography expert consensus statement. *European Association of Echocardiography (EAE) (a registered branch of the ESC).* European Journal of Echocardiography (2008) 9, 415–437
3. Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Broullon FJ, Garcia-Campos A, Pazos P, Castro-Beiras A. *Prognostic value of peak and post-exercise treadmill exercise echocardiography in patients with known or suspected coronary artery disease.* European Heart Journal (2010) 31, 187–95
4. Bouzas-Mosquera A, Peteiro J, Álvarez-Garcia N, Broullon FJ, Mosquera VX, Garcia-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
5. Gibbons RJ, Araoz PA, Williamson EA. *The Year in Cardiac Imaging.* J. Am. Coll. Cardiol. 2009;53;54-70
6. Patel MR, Spertus JA, Brindis RG, Hendel RC, Douglas PS, Peterson ED, et al. *ACCF Proposed Method for Evaluating the Appropriateness of Cardiovascular Imaging.* J Am Coll Cardiol 2005:46: 1606–13
7. Sicari R, Pasanisi E, Venneri L, Landi P, Cortigiani L, Picano E. Echo Persantine. International Cooperative (EPIC) Study Group; Echo Dobutamine International Cooperative (EDIC) Study Group. *Stress echo results predict mortality: a large scale multicenter prospective international study.* J Am Coll Cardiol 2003;41:589–95.
8. Bholasingh R, Cornel JH, Kamp O, van Straalen JP, Sanders GT, Tijssen JG et al. *Prognostic value of predischarge dobutamine stress echocardiography in chest pain patients with a negative cardiac troponin T.* J Am Coll Cardiol 2003;41:596–602.
9. Chung G, Krishnamani R, Senior R. *Prognostic value of normal stress echocardiogram in patients with suspected coronary artery disease-a British general hospital experience.* Int J Cardiol 2004;94:181–6.
10. Schinkel AF, Bax JJ, Elhendy A, van Domburg RT, Valkema R, Vourvouri E et al. *Long-term prognostic value of dobutamine stress echocardiography compared with myocardial perfusion scanning in patients unable to perform exercise tests.* Am J Med 2004;117:1–9.
11. Elhendy A, Schinkel AF, Bax JJ, Van Domburg RT, Poldermans D. *Prognostic value of dobutamine stress echocardiography in patients with normal left ventricular systolic function.* J Am Soc Echocardiogr 2004;17:739–43.
12. Sozzi FB, Elhendy A, Rizzello V, van Domburg RT, Kertai M, Vourvouri E et al. *Prognostic value of dobutamine stress echocardiography in patients with systemic hypertension and known or suspected coronary artery disease.* Am J Cardiol 2004;94:733–9.
13. Labib SB, Goldstein M, Kinnunen PM, Schick EC. *Cardiac events in patients with negative maximal versus negative submaximal dobutamine echocardiograms undergoing noncardiac surgery: importance of resting wall motion abnormalities.* J Am Coll Cardiol 2004;44:82–7.
14. Biagini E, Elhendy A, Schinkel AF, Nelwan S, Rizzello V, van Domburg RT et al. *Prognostic significance of left anterior hemiblock in patients with suspected coronary artery disease.* J Am Coll Cardiol 2005;46:858–63.
15. Sanfilippo AJ, Abdollah H, Knott TC, Link C, Hopman W. *Stress echocardiography in the evaluation of women presenting with chest pain syndrome: a randomized, prospective comparison with electrocardiographic stress testing.* Can J Cardiol 2005;21:405–12.
16. Biagini E, Elhendy A, Bax JJ, Rizzello V, Schinkel AF, van Domburg RT et al. *Seven-year follow-up after dobutamine stress echocardiography:impact of gender on prognosis.* J Am Coll Cardiol 2005;45:93–7.
17. Acampa W, Spinelli L, Petretta M, De Lauro F, Ibello F, Cuocolo A. *Prognostic value of myocardial ischaemia in patients with uncomplicated acute myocardial infarction: direct comparison of stress echocardiography and myocardial perfusion imaging.* J Nucl Med 2005;46:417–23.
18. Rizzello V, Poldermans D, Schinkel AF, Biagini E, Boersma E, Elhendy A et al. *Long term prognostic value of myocardial viability and ischaemia during dobutamine stress echocardiography in patients with ischaemic cardiomyopathy undergoing coronary revascularisation.* Heart 2006;92:239–44.
19. Biagini E, Elhendy A, Schinkel AF, Rizzello V, van Domburg RT, Krenning BJ et al. *Comparison of all-cause mortality in women with known or suspected coronary artery disease referred for dobutamine stress echocardiography with normal versus abnormal test results.* Am J Cardiol 2005;95:1072–5.
20. Elhendy A, Sozzi F, van Domburg RT, Bax JJ, Schinkel AF, Roelandt JR et al. *Effect of myocardial ischaemia during dobutamine stress echocardiography on cardiac mortality in patients with heart failure secondary to ischaemic cardiomyopathy.* Am J Cardiol 2005;96:469–73.
21. Bigi R, Bax JJ, van Domburg RT, Elhendy A, Cortigiani L, Schinkel AF et al. *Simultaneous echocardiography and myocardial perfusion single photon emission computed tomography associated with dobutamine stress to predict long-term cardiac mortality in normotensive and hypertensive patients.* J Hypertens 2005;23:1409–15.
22. Chaowalit N, McCully RB, Callahan MJ, Mookadam F, Bailey KR, Pellikka PA. *Outcomes after normal dobutamine stress echocardiography and predictors of adverse events: long-term follow-up of 3014 patients.* Eur Heart J 006;27:3039–44.

INSTITUTO INTERNACIONAL DE CARDIOLOGÍA
www.iicardiologia.org / www.ucam.edu

23. PEZZANO A, GENTILE F, MANTERO A, MORABITO A, RAVIZZA P. *RITED (Registro Italiano Test Eco-Dobutamina): side effects and complications of Echo dobutamine stress test in 3041 examinations.* G Ital Cardiol 1998;28:102–11
24. BECKMANN SH, HAUG G. *National Registry 1995–1998 on 150.000 stress echo examinations: side effects and complications in 60.448 examinations of the registry 1997–1998.* Circulation 1999;100:3401 (abstract supplement)
25. RODRIGUEZ GARCIA MA, IGLESIAS-GARRIZ I, CORRAL FERNANDEZ F, GARROTE COLOMA C, ALONSO-ORCAJO N ET AL. [*Evaluation of the safety of stress echocardiography in Spain and Portugal*]. Rev Esp Cardiol 2001;54:941–8
26. LATTANZI F, PICANO E, ADAMO E, VARGA A. *Dobutamine stress echocardiography: safety in diagnosing coronary artery disease.* Drug Saf 2000;22:251–62.
27. VARGA A, GARCIA MA, PICANO E. *International Stress Echo Complication Registry. Safety of stress echocardiography (from the International Stress Echo Complication Registry).* Am J Cardiol 2006;98:541–3.
28. JENNIFER L. DOROSZ, DENNIS C. LEZOTTE, DAVID A. WEITZENKAMP, LARRY A. ALLEN, ERNESTO E. SALCEDO. *Performance of 3-Dimensional Echocardiography in Measuring Left Ventricular Volumes and Ejection Fraction A Systematic Review and Meta-Analysis.* J Am Coll Cardiol 2012;59:1799–808