

Artículo especial

Novedades en imagen cardiaca 2012

José J. Gómez de Diego^{a,*}, Rocío García-Orta^b, Patricia Mahía-Casado^c, Joaquín Barba-Cosials^d y Jaime Candell-Riera^e

^aServicio de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

^bServicio de Cardiología, Hospital Virgen de las Nieves, Granada, España

^cServicio de Cardiología, Hospital Carlos III, Madrid, España

^dDepartamento de Cardiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, Navarra, España

^eServicio de Cardiología, Hospital Vall d'Hebron, Barcelona, España

Historia del artículo:

On-line el 15 de enero de 2013

Palabras clave:

Ecocardiografía

Cardiología nuclear

Tomografía computarizada

Resonancia magnética

Keywords:

Echocardiography

Nuclear cardiology

Computed tomography

Magnetic resonance imaging

RESUMEN

La imagen cardiaca es uno de los pilares de la cardiología actual. La cantidad de situaciones en que las técnicas de imagen aportan información importante en clínica o investigación es sencillamente interminable, por lo que es imposible recoger en el formato reducido de un artículo todas las novedades importantes sobre imagen cardiaca que han aparecido en la literatura médica en el año 2012. Resumimos las publicaciones más importantes del año, entre las que destacan el desarrollo progresivo de las técnicas de deformación miocárdica y la ecocardiografía tridimensional y la incorporación creciente al trabajo clínico diario de la resonancia magnética y la tomografía computarizada.

© 2012 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

Update on Cardiac Imaging Techniques 2012

ABSTRACT

Cardiac imaging is one of the basic pillars of modern cardiology. The potential list of scenarios where cardiac imaging techniques can provide relevant information is simply endless so it is impossible to include all relevant new features of cardiac imaging published in the literature in 2012 in the limited format of a single article. We summarize the year's most relevant news on cardiac imaging, highlighting the ongoing development of myocardial deformation and 3-dimensional echocardiography techniques and the increasing use of magnetic resonance imaging and computed tomography in daily clinical practice.

Full English text available from: www.revespcardiol.org/en

© 2012 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

Abreviaturas

Cardio-TC: estudio cardiaco con tomografía computarizada

SPECT: tomografía computarizada por emisión monofotónica

ECOCARDIOGRAFÍA

Novedades en ecocardiografía

La publicación más importante del año es la de los criterios de uso adecuado¹, ya que suponen un esfuerzo para utilizar racionalmente esta técnica.

* Autor para correspondencia: Laboratorio de Ecocardiografía, Hospital Clínico San Carlos, Planta Primera Norte, Prof. Martín Lagos s/n, 28040 Madrid, España.

Correo electrónico: josejgd@gmail.com (J.J. Gómez de Diego).

En el aspecto técnico, la principal novedad es la progresiva introducción de los equipos ultraportátiles. Se ha publicado un documento de consenso que especifica las indicaciones y el tipo de formación recomendados para su uso², a la vez que diferentes estudios han demostrado su utilidad en clínica³ y docencia⁴. Es previsible la proliferación de estos dispositivos e incluso su aplicación en teléfonos inteligentes⁵.

Ha habido un discreto resurgimiento del empleo de la señal retrodispersa (*backscatter signal*). Con ella se puede caracterizar los tejidos a partir de la imagen ecocardiográfica. Por ejemplo, en pacientes con miocardiopatía hipertrófica, la variación cíclica de la señal retrodispersa puede ser útil para predecir eventos⁶, mientras que en la miocardiopatía dilatada puede predecir el remodelado inverso y el grado de fibrosis⁷.

En los demás campos no ha habido grandes novedades. Se ha desarrollado una herramienta para valorar las propiedades elásticas del miocardio basada en las llamadas ondas de cizallamiento⁸, y se están creando sistemas de análisis para el estudio de la dinámica rotacional del ventrículo izquierdo⁹. También se ha desarrollado un sistema que permite seguir las burbujas de contraste para analizar el flujo intracavitario¹⁰.

Ecocardiografía de estrés

En la ecocardiografía de estrés con dobutamina no se eleva la concentración de troponina, por lo que su uso no aporta información adicional que ayude a interpretar los estudios y, por lo tanto, no estaría recomendada¹¹. En cuanto a la técnica en sí, se ha demostrado que el estudio de las imágenes en el pico de esfuerzo en cinta sin fin es la modalidad más sensible, ya que es la que permite apreciar isquemia de forma más frecuente y extensa¹². También se ha demostrado que hay una proporción significativa de pacientes con disnea de esfuerzo y fracción de eyección (FE) normal que tienen disfunción diastólica relevante demostrable sólo durante el ejercicio¹³, por lo que escaparían a los criterios recogidos en las actuales guías de práctica clínica.

Contraste

Se ha comprobado que la ecocardiografía transesofágica (ETE) sigue siendo superior al estudio cardiaco con tomografía computarizada (cardio-TC) en el diagnóstico del foramen oval permeable¹⁴. Sin embargo, la ETE es menos sensible que la ecocardiografía transtorácica (ETT) y el Doppler transcraneal y tiende a subestimar el cortocircuito¹⁵. El uso de contraste permite valorar la presencia de daño microvascular en el síndrome coronario agudo y se ha comprobado que este daño puede ser reversible, lo que se asocia a un pronóstico favorable¹⁶. El contraste se ha usado en el estrés con nuevas técnicas como la ecocardiografía tridimensional (3D) y con nuevos fármacos como el regadenosón en estudios de perfusión miocárdica¹⁷. Finalmente, han aparecido nuevos datos que confirman que el estudio de perfusión con contraste añade información pronóstica importante a los tests de estrés farmacológico¹⁸.

Intervencionismo

El intervencionismo en cardiopatías estructurales se ha extendido de manera notable, con participación creciente de las técnicas de imagen tanto en la selección de candidatos como en la monitorización de los procedimientos. La *European Association of Cardiovascular Imaging* (antes *European Association of Echocardiography*) y la *American Society of Echocardiography* han elaborado un documento conjunto de recomendaciones para el uso de la ecocardiografía en estos procedimientos¹⁹ en el que se destaca especialmente la enorme utilidad de la ETE 3D (fig. 1). Junto con el implante transcáteter de prótesis valvular aórtica, la otra novedad es el cierre percutáneo de la orejuela, en el que la posibilidad de usar ETE 3D mejora los resultados²⁰.

VALVULOPATÍAS

Válvula aórtica

Continúa el debate sobre la estenosis aórtica de bajo gradiente y bajo flujo con FE normal. En un nuevo estudio prospectivo, los pacientes con este patrón presentaban una estenosis más grave y datos de afectación ventricular incipiente con reducción de las cifras de *strain* longitudinal, lo que explicaría su peor pronóstico²¹.

Un tema relativamente novedoso es la valoración de la hipertensión pulmonar asociada a la estenosis aórtica, que se observa en hasta el 30% de los pacientes²². La aparición de hipertensión pulmonar con el ejercicio en pacientes con estenosis aórtica grave asintomática tiene valor pronóstico, por lo que podría ser útil a la hora de tomar decisiones quirúrgicas²³. La hipertensión pulmonar se asocia a mayor mortalidad en pacientes sometidos a recambio valvular²⁴, aunque el grado de presión pulmonar no

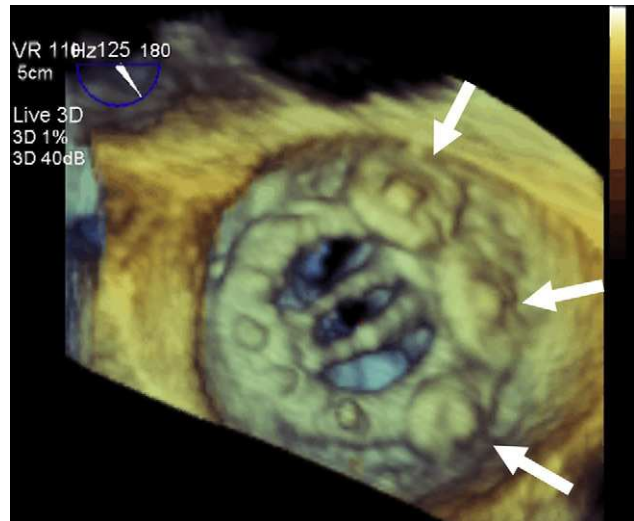


Figura 1. Ecocardiografía transesofágica tridimensional en el intervencionismo estructural. La imagen muestra desde el lado auricular una prótesis mecánica mitral, sobre la que se han colocado hasta tres dispositivos (flechas) de cierre para tratar una fuga perivalvular.

condiciona la mortalidad y en presencia de una presión capilar elevada puede reducirse tras el reemplazo valvular²⁵.

Válvula mitral

En el campo de la estenosis mitral reumática, se ha descrito un índice interesante, ya que el cociente entre longitud del velo posterior y longitud del anterior $> 50\%$ es un predictor excelente de buen resultado de la valvuloplastia²⁶ (fig. 2).

La insuficiencia mitral se ha asociado a una capacidad de ejercicio reducida en pacientes con insuficiencia cardiaca y disfunción ventricular²⁷. En el difícil problema clínico del tratamiento de la insuficiencia mitral de pacientes que se someten a recambio valvular aórtico, se ha descrito que el desajuste de tamaño (*mismatch*) protésico puede limitar la mejoría esperable de la lesión mitral, lo que obliga a optimizar la estrategia quirúrgica²⁸. Por otra parte, en pacientes sometidos a reemplazo valvular aórtico, la insuficiencia mitral moderada en el postoperatorio se asocia a mayor mortalidad en el seguimiento²⁹.

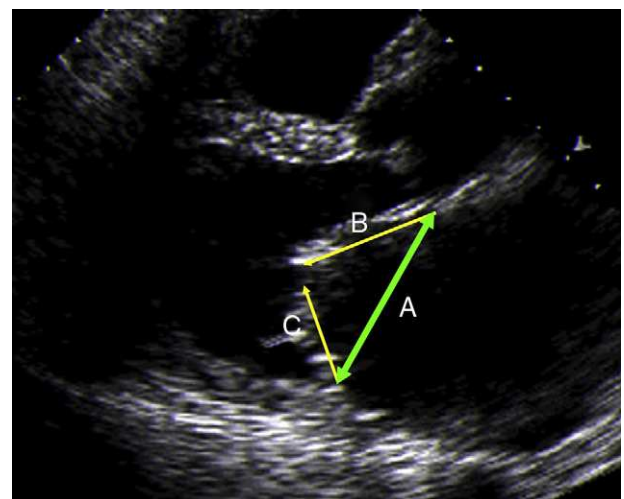


Figura 2. Ecocardiografía transtorácica. Se muestra el típico movimiento de apertura en domo de la estenosis mitral y el método de medición de la extensión máxima de la longitud de los velos mitrales. A: longitud del anillo mitral. B: velo anterior. C: velo posterior.

Siguen apareciendo estudios que confirman la ventaja de la imagen 3D en el análisis de válvulas que requerirán una cirugía compleja^{30,31} y en el estudio prequirúrgico de la insuficiencia mitral funcional³², ya que no sólo identifica de manera más precisa la afección valvular³³, sino que permite determinar la posición deseable de los músculos papilares y valorar la necesidad de recolocación asociada a la anuloplastia, lo que mejora los resultados de la cirugía³⁴.

Válvula tricúspide

Dos nuevos estudios en pacientes sometidos a reparación por insuficiencia mitral degenerativa³⁵ o reemplazo por estenosis mitral reumática³⁶ han mostrado que, aunque la reparación de la insuficiencia tricuspídea ligera o moderada asociada no se acompaña de diferencias claras en las tasas de mortalidad o de necesidad de nueva cirugía, los pacientes sin reparación tricuspídea presentaban mayor incidencia de insuficiencia tricuspídea moderada o grave en el seguimiento y menor supervivencia libre de eventos, por lo que sería recomendable añadir la reparación tricuspídea a la cirugía mitral.

Prótesis valvulares

Se han identificado dos parámetros nuevos relativamente sencillos (tiempo de aceleración > 100 ms y cociente tiempo de aceleración/tiempo de eyección > 0,37) que pueden ser útiles en la detección de la estenosis protésica aórtica³⁷.

PATOLOGÍA DE LA AORTA

En pacientes jóvenes con accidente cerebrovascular atribuido a foramen oval permeable, se ha apreciado que presentan unos diámetros de la raíz aórtica superiores a los de controles sanos, lo que indica una posible relación con la dilatación aórtica³⁸. En pacientes con estenosis aórtica grave, hay relación entre las placas ateroscleróticas complejas en el arco aórtico y el infarto cerebral tras estudio hemodinámico o reemplazo valvular³⁹.

FUNCIÓN VENTRICULAR

El estudio de la mecánica ventricular mediante los parámetros de deformación sigue en pleno desarrollo a pesar de su lenta implantación en la práctica clínica. Destaca la publicación de una excelente revisión de su utilidad en la enfermedad coronaria que resume con claridad sus posibles aplicaciones⁴⁰. Por otra parte, el problema de la reproducibilidad y la estandarización de estos parámetros va amortiguándose con la reciente publicación de los valores normales de referencia⁴¹. Nuevas herramientas basadas en *strain* 3D han mostrado su utilidad para el estudio de la función y los volúmenes ventriculares⁴²⁻⁴⁴, aunque la reproducibilidad entre equipos de diferentes casas comerciales es nuevamente su limitación principal⁴⁵. Han surgido nuevos parámetros prometedores, entre los que cabe destacar el *area strain* (fig. 3), que combina las deformaciones longitudinal y circunferencial y sobre el que se han publicado los primeros trabajos que evalúan su utilidad en el estudio de la función ventricular⁴⁶.

MIOCARDIOPATÍAS

Se ha puesto de manifiesto la necesidad de combinar la información de las diferentes técnicas de imagen y se ha demostrado la utilidad de los parámetros de deformación en diversas afecciones. En el caso de pacientes con miocardiopatía

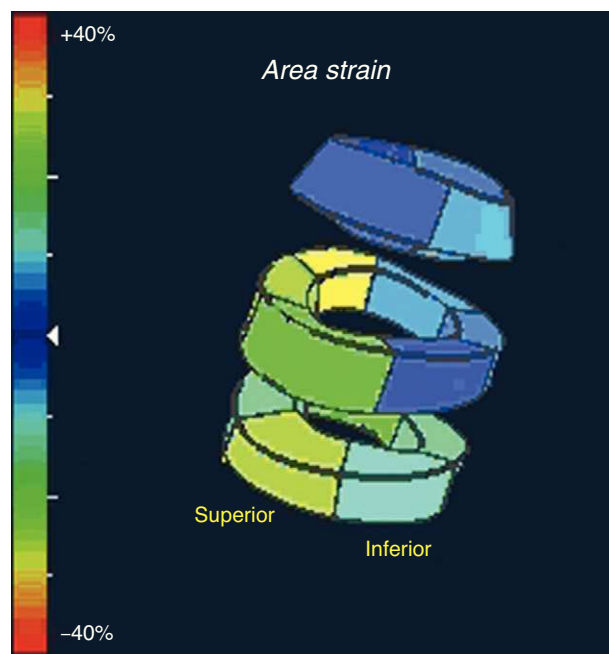


Figura 3. Imagen paramétrica del parámetro *area strain* de un sujeto sano, obtenida mediante ecocardiografía tridimensional. Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

hipertrofica, parámetros sencillos como el *strain* (deformación) global se han demostrado predictores independientes de la presencia de fibrosis y del riesgo de eventos adversos⁴⁷. Los parámetros de deformación también podrían ser útiles en la miocardiopatía secundaria a quimioterapia, en la que la disminución precoz del *strain* longitudinal se ha relacionado con cardiotoxicidad en el seguimiento a los 6 meses^{48,49}.

INSUFICIENCIA CARDIACA Y RESINCRONIZACIÓN

El papel de la ecocardiografía en el diagnóstico de la insuficiencia cardiaca queda reflejado en las nuevas guías de la Sociedad Europea de Cardiología⁵⁰, en las que se hace hincapié en la metodología para el cálculo de la FE y se recalca la utilidad del contraste, la ecocardiografía 3D y las técnicas de deformación en la evaluación de la función ventricular.

La identificación de la asincronía ventricular es uno de los campos en que emplear el *speckle tracking* (rastreo de marcas) es prometedor. En el estudio multicéntrico MUSIC se concluye que la ecocardiografía permite identificar a los respondedores a la resincronización entre los pacientes isquémicos y no isquémicos⁵¹. Otro aspecto novedoso es que la efectividad de la resincronización podría tener relación con la viabilidad definida con técnicas de deformación del segmento donde queda colocado el electrodo^{52,53}. La ecocardiografía 3D es otra herramienta que permite evaluar la presencia de asincronía con técnicas de sincronización tisular, imagen 3D en tiempo real y estudio de la deformación miocárdica en 3D y obtener una predicción fiable de la respuesta a la terapia de resincronización^{54,55}.

CARDIOLOGÍA NUCLEAR

Los avances técnicos encaminados a reducir el tiempo de adquisición y la dosis de radiación y obtener una mejor calidad de imagen^{56,57} con cámaras de tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT) cardiodedicadas se ven frenados en

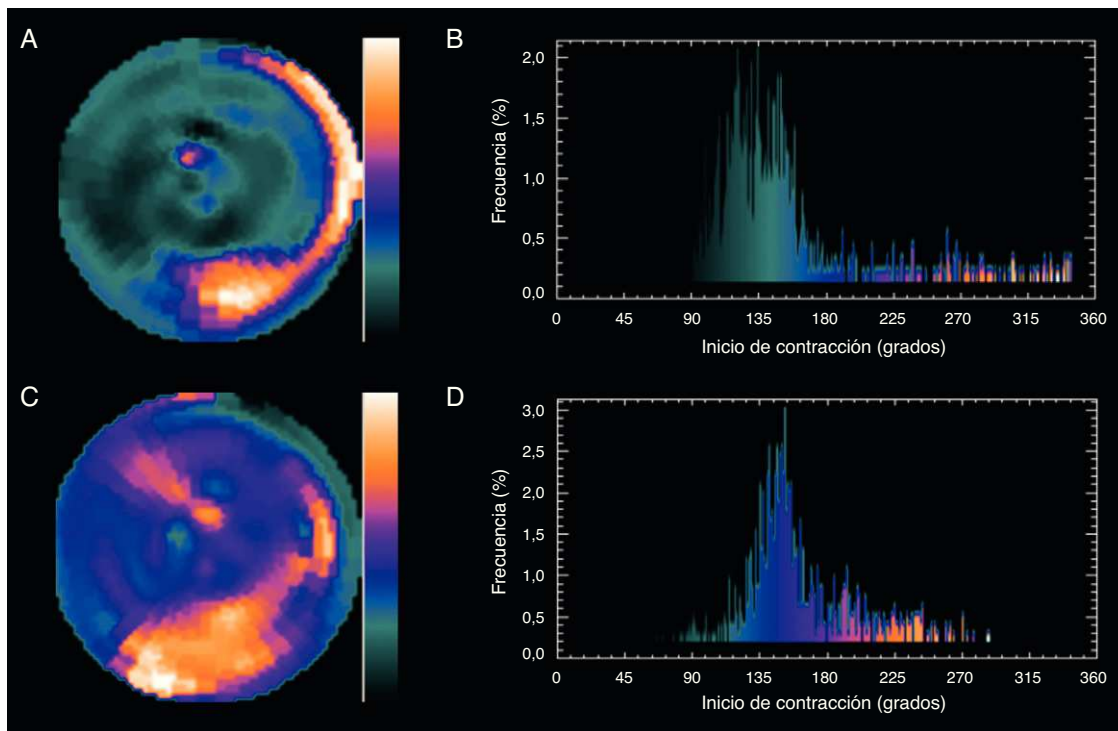


Figura 4. Análisis de Fourier de un estudio de *gated-SPECT*. Antes de la resincronización (A) hay un ensanchamiento anormal de la amplitud del histograma de fase. El mapa polar (B) muestra que el mayor retraso se produce en la región inferolateral del ventrículo izquierdo. Tras la terapia de resincronización cardíaca (C), mejora significativamente la amplitud del histograma (D). El paciente mejoró clínicamente y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo mejoró de un 18 a un 32% inferior. (Imágenes cedidas por el Dr. Santiago Aguadé-Bruix, Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona). Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

nuestro país por las condiciones económicas derivadas de la crisis. También en parte por este motivo, tampoco la tomografía por emisión de positrones (PET) se ha consolidado en nuestro ámbito a pesar de la proliferación de cámaras PET-TC en oncología.

Buena parte de los artículos publicados más recientemente se ha orientado a estudiar el papel de la *gated-SPECT* de perfusión miocárdica en subgrupos de pacientes asintomáticos: diabéticos⁵⁸, con insuficiencia renal avanzada⁵⁹, con historia familiar de enfermedad coronaria precoz⁶⁰, en mayores de 80 años⁶¹ y como valoración preoperatoria⁶². La práctica de una SPECT a este tipo de enfermos no figura en las guías y es uno de los motivos más frecuentes de uso inapropiado de la técnica⁶³, lo que tiene especial interés cuando se considera que el impacto de las exploraciones no invasivas en la estrategia terapéutica es sólo relativo⁶⁴.

La gammagrafía cardíaca de inervación simpática obtenida con ¹²³I-metayodobenzil guanidina se sigue estudiando en la estratificación del riesgo en los pacientes con insuficiencia cardíaca^{65,66}. Los eventos arrítmicos graves o la muerte súbita son excepcionales en los pacientes con una relación de captación corazón/mediastino > 1,6, lo que podría llegar a suponer que en hasta una quinta parte de los enfermos con indicación primaria de desfibrilador automático implantable⁶⁷ el implante podría ser innecesario. Otra novedad es la aplicación del análisis de Fourier a la *gated-SPECT* de perfusión miocárdica (fig. 4), que es un método automático, no dependiente del explorador, que permite valorar con rapidez la asincronía ventricular izquierda^{68,69}.

Sigue valorándose el papel de las imágenes híbridas anatómico-funcionales de fusión 3D SPECT-TC o PET-TC porque, aunque han significado un avance cualitativo importante, su realización en la práctica conlleva un tiempo de procesamiento largo. Pazhenkottil et al⁷⁰ han señalado que el porcentaje de pacientes revascularizados en los 60 días posteriores a estos estudios es del 41% cuando las imágenes híbridas SPECT-TC muestran un

patrón concordante entre los hallazgos de la SPECT y los de la TC, del 11% cuando el patrón es discordante y 0% si ambas exploraciones son normales.

El tema de la viabilidad miocárdica, que durante años ha sido fuente de numerosas publicaciones con SPECT y PET, se va agotando progresivamente, aunque todavía han salido a la luz algunos artículos referentes al impacto de la *gated-SPECT* de perfusión miocárdica en la indicación de cateterismo⁷¹ y en la valoración de la respuesta contráctil con dobutamina a bajas dosis en los pacientes con miocardiopatía isquémica⁷². Pizzi et al⁷³ han observado que el patrón gammagráfico denominado paradójico (captación en estrés mayor que la captación en reposo) en regiones con necrosis miocárdica se da en territorios con criterios gammagráficos de viabilidad miocárdica con la arteria responsable abierta (fig. 5) o con buena circulación colateral si la arteria está ocluida. Aunque la PET es la exploración con mayor eficacia para el diagnóstico funcional no invasivo de enfermedad coronaria cuando se adopta como referencia una estenosis > 50% en la coronariografía invasiva, la SPECT sigue siendo la exploración más ampliamente indicada y validada⁷⁴.

TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CARDIACA

La cardio-TC es ya una técnica más que consolidada en clínica. Con la publicación del estudio CONFIRM⁷⁵, un registro con datos de más de 25.000 pacientes que demuestra que hay una relación evidente entre la presencia y la gravedad de la enfermedad coronaria diagnosticada con cardio-TC y la mortalidad a medio plazo, ha quedado también zanjado el tema de su utilidad pronóstica (fig. 6).

El desarrollo de la cardio-TC sigue a pasos agigantados. Se ha comprobado que es una técnica tan precisa como la resonancia magnética cardíaca para la evaluación de la función ventricular⁷⁶.

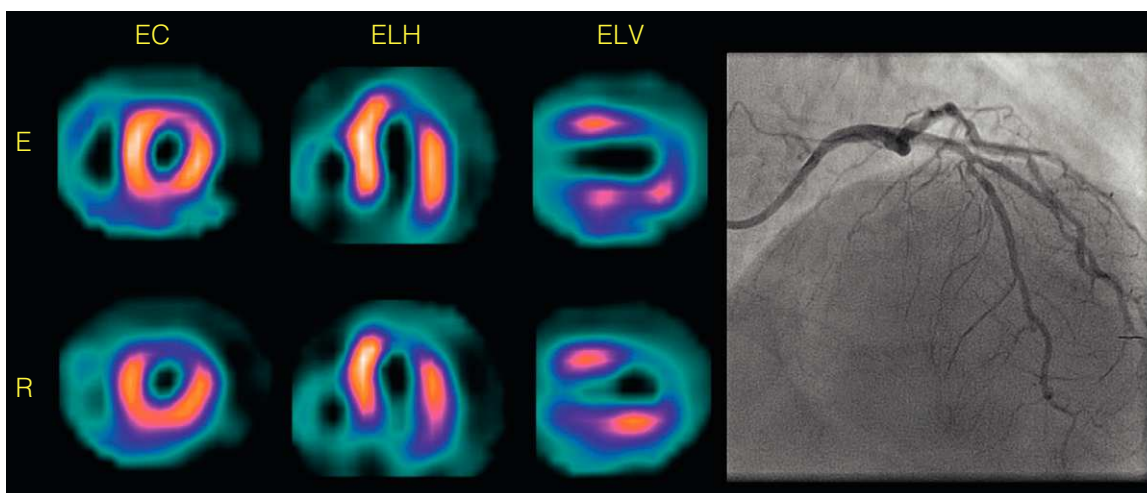


Figura 5. Tomografía computarizada por emisión monofotónica de perfusión miocárdica con ^{99m}Tc -tetrofosmina de un paciente con infarto crónico anterior y patrón gammagráfico paradójico, criterios de viabilidad y arteria descendente anterior permeable. E: esfuerzo; EC: eje corto; ELH: eje largo horizontal; ELV: eje largo vertical; R: reposo. (Imágenes cedidas por la Dra. M. Nazarena Pizzi, Hospital Universitari Vall d'Hebron, Barcelona). Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

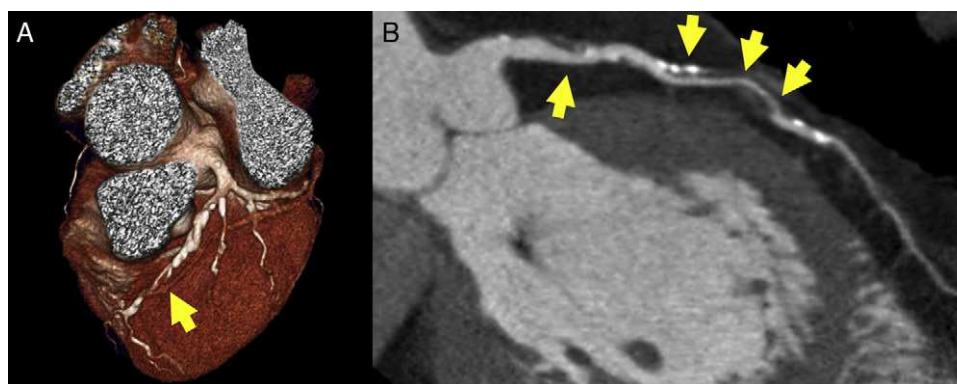


Figura 6. Estenosis de la descendente anterior en estudio de tomografía computarizada cardiaca, apreciable (flechas) tanto en la reconstrucción volumétrica (A) como en la reconstrucción multiplanar (B). El resultado tiene implicaciones pronósticas y diagnósticas obvias.

Se ha desarrollado un interesante modelo matemático que es capaz de derivar de forma no invasiva la reserva fraccional de flujo coronario y promete mejorar el rendimiento de la TC en la enfermedad coronaria⁷⁷. Además, la aplicación del realce tardío de yodo es útil en el diagnóstico etiológico de la miocardiopatía dilatada⁷⁸.

En cuanto a la aplicación en clínica, se han publicado dos artículos muy interesantes en *New England Journal of Medicine* sobre la utilidad de la cardio-TC en la valoración del paciente con dolor torácico en urgencias. Se ha demostrado que la TC es una técnica segura, que permite el diagnóstico de un mayor número de pacientes que realmente tienen enfermedad coronaria y facilita una menor estancia media en urgencias y un mayor número de altas directas^{79,80}. También este año ha aparecido el primer estudio con evidencias de que el tratamiento de sujetos asintomáticos de riesgo con base en los hallazgos de la cardio-TC es capaz de reducir la aparición de eventos coronarios. Este trabajo pionero puede abrir la puerta a cambios en el manejo de la enfermedad coronaria⁸¹.

Finalmente, la cardio-TC está ganando rápidamente aceptación en la valoración de los pacientes candidatos a implante transcáter de prótesis aórtica, ya que están acumulándose los datos que apuntan a que podría ser la técnica más precisa en la medición del anillo aórtico (y, por lo tanto, en la selección del tamaño de la prótesis) y que su uso podría reducir el porcentaje de pacientes con insuficiencia periprotésica tras el procedimiento^{82,83}.

RESONANCIA MAGNÉTICA CARDIACA

La resonancia magnética cardiaca se ha hecho imprescindible en la cardiopatía isquémica, hasta el punto de que se ha incorporado la pérdida de viabilidad en un segmento del miocardio dentro de la última definición universal del infarto de miocardio⁸⁴. El realce tardío con gadolinio es eficaz en el estudio etiológico de la miocardiopatía dilatada⁸⁵ y en la valoración del pronóstico, ya que una carga elevada de escara miocárdica es un marcador eficaz del riesgo de arritmias ventriculares⁸⁶. Se han validado las nuevas secuencias de perfusión 3D, que ofrecen un excelente rendimiento y permiten calcular la carga de miocardio isquémico⁸⁷. Las secuencias con codificación de *strain* son otra novedad técnica que promete mejorar la sensibilidad de las pruebas con dobutamina⁸⁸.

El papel de la resonancia magnética cardiaca en el estudio del miocardio parece completamente inagotable. Se ha comprobado que en la miocardiopatía hipertrófica la fibrosis es un proceso progresivo que se asocia al estado funcional⁸⁹ y que la fibrosis intramiocárdica es un predictor claro de mortalidad en pacientes con estenosis aórtica⁹⁰. También se ha definido con detalle la afección del ventrículo izquierdo en la displasia arritmogénica del ventrículo derecho⁹¹. Se ha demostrado la capacidad de la técnica para describir alteraciones precoces, como la hipertrofia ventricular derecha en población aparentemente sana⁹². Finalmente, una de las observaciones más novedosas del año ha sido comprobar que el realce tardío también puede ser útil en la patología del

pericardio, ya que es capaz de predecir la respuesta de la pericarditis constrictiva al tratamiento con antiinflamatorios⁹³.

CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

BIBLIOGRAFÍA

- American College of Cardiology Foundation Appropriate Use Criteria Task Force; American Society of Echocardiography; American Heart Association; American Society of Nuclear Cardiology; Heart Failure Society of America; Heart Rhythm Society; Society for Cardiovascular Angiography and Interventions; Society of Critical Care Medicine; Society of Cardiovascular Computed Tomography; Society for Cardiovascular Magnetic Resonance; American College of Chest Physicians, Douglas PS, Garcia MJ, Haines DE, Lai WW, Manning WJ, Patel AR, et al. ACCF/AHA/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCM/SCCT/SCMR 2011 Appropriate Use Criteria for Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:229-67.
- Sicari R, Galderisi M, Voigt JU, Habib G, Zamorano JL, Lancellotti P, et al. The use of pocket-size imaging devices: a position statement of the EAE. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:85-7.
- Andersen GN, Haugen BO, Graven T, Salvesen Ø, Mjølstad OC, Dalen H. Feasibility and reliability of point-of-care pocket-sized echocardiography. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:665-70.
- Panoulas VF, Daigeler AL, Malaweera AS, Lota AS, Baskaran D, Rahman S, et al. Pocket-size hand-held cardiac ultrasound as an adjunct to clinical examination in the hands of medical students and junior doctors. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012 July 24. <http://dx.doi.org/10.1093/ehjci/jes140>.
- Choi BG, Mukherjee M, Dala P, Young HA, Tracy CM, Katz RJ, et al. Interpretation of remotely downloaded pocket-size cardiac ultrasound images on a web-enabled smartphone: validation against workstation evaluation. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:1325-30.
- Kawasaki T, Yamano M, Kuribayashi T, Kaimoto S, Miki S, Kamitani T, et al. Three-layer ultrasonic tissue characterization of the ventricular septum is predictive of prognosis in patients with non-obstructive hypertrophic cardiomyopathy. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:90-7.
- Park SM, Kim YH, Ahn CM, Hong SJ, Shim WJ. Relationship between ultrasonic tissue characterization and myocardial deformation for prediction of left ventricular reverse remodelling in non-ischaemic dilated cardiomyopathy. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:887-94.
- Pernot M, Couade M, Mateo Ph, Crozatier B, Fischmeister R, Tanter M. Real-time assessment of myocardial contractility using shear wave imaging. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:65-72.
- Ashraf M, Zhou Z, Nguyen T, Ashraf S, Sahn DJ. Apex to base left ventricular twist mechanics computed from high frame rate two-dimensional and three-dimensional echocardiography: a comparison study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:121-8.
- Gao H, Claus P, Amzulescu MS, Stankovic I, D'hooge J, Voigt JU. How to optimize intracardiac blood flow tracking by echocardiographic particle image velocimetry? *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13:490-9.
- Blatt A, Moravsky G, Pilipodi G, Mor A, Benbeniste P, Vered Z, et al. Can dobutamine stress echocardiography induce cardiac troponin elevation? *Echocardiography.* 2011;28:219-22.
- Peteiro J, Bouzas-Mosquera A, Estevez R, Pazos P, Piñeiro M, Castro-Beiras A. Head-to-head comparison of peak supine bicycle exercise echocardiography and treadmill exercise echocardiography at peak and at post-exercise for the detection of coronary artery disease. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:319-26.
- Meluzin J, Sitar J, Kristek J, Prosecky R, Pesi M, Podrouzkova H, et al. The role of exercise echocardiography in the diagnostics of heart failure with normal left ventricular ejection fraction. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:591-602.
- Hamilton-Craig C, Sestito A, Natale L, Meduri A, Santangeli P, Infusino F, et al. Contrast transoesophageal echocardiography remains superior to contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging for the diagnosis of patent foramen ovale. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:222-7.
- González-Alujas T, Evangelista A, Santamarina E, Rubiera M, Gómez-Bosch Z, Rodríguez-Palmares JF, et al. Diagnóstico y cuantificación del foramen oval permeable. ¿Cuál es la técnica de referencia?. Estudio simultáneo con Doppler transcraneal, ecocardiografía transtorácica y transesofágica. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:133-9.
- Funaro S, Galuto L, Boccalini F, Cimino S, Canali E, Evangelio F, et al. Determinants of microvascular damage recovery after acute myocardial infarction: results from the acute myocardial infarction contrast imaging (AMICI) multicentre study. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:306-12.
- Porter TR, Adolphson M, High RR, Smith LM, Olson J, Erdkamp M, et al. Echocardiography during regadenoson stress rapid detection of coronary artery stenoses with real-time perfusion. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2011;4:628-35.
- Gaibazzi N, Reverberi C, Lorenzoni V, Molinaro S, Porter T. Prognostic value of high-dose dipyridamole stress myocardial contrast perfusion echocardiography. *Circulation.* 2012;126:1217-24.
- Zamorano JL, Badano LP, Bruce C, Chan KL, Gonçalves A, Hahn RT, et al. EAE/ASE recommendations for the use of echocardiography in new transcatheter interventions for valvular heart disease. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:557-84.
- Perk G, Biner S, Kronzon I, Saric M, Chinitz L, Thompson K, et al. Catheter-based left atrial appendage occlusion procedure: role of echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13:132-8.
- Adda J, Mielot C, Giorgi R, Cransac F, Zirphile X, Donal E, et al. Low-flow, low-gradient severe aortic stenosis despite normal ejection fraction is associated with severe left ventricular dysfunction as assessed by speckle-tracking echocardiography: a multicenter study. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5:27-35.
- Mutlak D, Aronson D, Carasso S, Lessick J, Reisner SA, Agmon Y. Frequency, determinants and outcome of pulmonary hypertension in patients with aortic valve stenosis. *Am J Med Sci.* 2012;343:397-401.
- Lancellotti P, Magne J, Donal E, O'Connor K, Dulgheru R, Rosca M, et al. Determinants and prognostic significance of exercise pulmonary hypertension in asymptomatic severe aortic stenosis. *Circulation.* 2012;126:851-9.
- Zuern CS, Eick C, Rizas K, Stoleriu C, Woerle B, Wildhirt S, et al. Prognostic value of mild-to-moderate pulmonary hypertension in patients with severe aortic valve stenosis undergoing aortic valve replacement. *Clin Res Cardiol.* 2012;101:81-8.
- Cam A, Goel SS, Agarwal S, Menon V, Svensson LG, Tuzcu EM, et al. Prognostic implications of pulmonary hypertension in patients with severe aortic stenosis. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 2011;142:800-8.
- Mahfouz RA. Utility of the posterior to anterior mitral valve leaflets length ratio in prediction of outcome of percutaneous balloon mitral valvuloplasty. *Echocardiography.* 2011;28:1068-73.
- Trivi M, Thierier J, Kuschner P, Acosta A, Marino J, Guglielmone R, et al. Predictores ecocardiográficos de capacidad de ejercicio en pacientes con insuficiencia cardíaca sistólica. Valor de la insuficiencia mitral. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1096-9.
- Angeloni E, Melina G, Pibarot P, Benedetto U, Refice S, Ciavarella GM, et al. Impact of prosthesis-patient mismatch on the regression of secondary mitral regurgitation after isolated aortic valve replacement with a bioprosthetic valve in patients with severe aortic stenosis. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2012;5:36-42.
- Jeong DS, Park PW, Sung K, Kim WS, Yang JH, Jun TG, et al. Long-term clinical impact of functional mitral regurgitation after aortic valve replacement. *Ann Thorac Surg.* 2011;92:1339-45.
- Chikwe J, Adams DH, Su KN, Anyanwu AC, Lin HM, Goldstone AB, et al. Can three-dimensional echocardiography accurately predict complexity of mitral valve repair? *Eur J Cardiothorac Surg.* 2012;41:518-24.
- Castillo JG, Solís J, González-Pinto, Adams D. Ecocardiografía quirúrgica de la válvula mitral. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1169-81.
- Berrebi A. Reparación de válvula mitral: la ecocardiografía es su mejor amigo. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:554-6.
- Chen X, Sun D, Yang J, Feng W, Gu T, Zhang Z, et al. Preoperative assessment of mitral valve prolapse and chordae rupture using real time three-dimensional transesophageal echocardiography. *Echocardiography.* 2011;28:1003-10.
- Fattouch K, Murana G, Castrovinci S, Mossuto C, Sampognaro R, Borruso MG, et al. Mitral valve annuloplasty and papillary muscle relocation oriented by 3-dimensional transesophageal echocardiography for severe functional mitral regurgitation. *Thorac Cardiovasc Surg.* 2012;143 Suppl 4:S38-42.
- Navia JL, Brozzi NA, Klein AL, Ling LF, Kittayarak C, Nowicki ER, et al. Moderate tricuspid regurgitation with left-sided degenerative heart valve disease: to repair or not to repair? *Ann Thorac Surg.* 2012;93:59-67.
- Kim JB, Yoo DG, Kim GS, Song H, Jung SH, Choo SJ, et al. Mild-to-moderate functional tricuspid regurgitation in patients undergoing valve replacement for rheumatic mitral disease: the influence of tricuspid valve repair on clinical and echocardiographic outcomes. *Heart.* 2012;98:24-30.
- Ben Zekry S, Saad RM, Ozkan M, Al Shahid MS, Pepi M, Muratori M, et al. Flow acceleration time and ratio of acceleration time to ejection time for prosthetic aortic valve function. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4:1161-70.
- Keenan NG, Brochet E, Juliard JM, Malanca M, Aubry P, Lepage L, et al. Aortic root dilatation in young patients with cryptogenic stroke and patent foramen ovale. *Arch Cardiovasc Dis.* 2012;105:13-7.
- Sugioka K, Matsumura Y, Hozumi T, Fujita S, Ito A, Kataoka T, et al. Relation of aortic arch complex plaques to risk of cerebral infarction in patients with aortic stenosis. *Am J Cardiol.* 2011;108:1002-7.
- Hoit BD. Strain and strain rate echocardiography and coronary artery disease. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2011;4:179-90.
- Marcus KA, Mavinkurve-Groothuis AM, Barends M, Van Dijk A, Feuth T, De Korte C, et al. Reference values for myocardial two-dimensional strain echocardiography in a healthy pediatric and young adult cohort. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:625-36.
- Kleijn SA, Brouwer WP, Aly MF, Russel IK, De Roest GJ, Beek AM, et al. Comparison between three-dimensional speckle-tracking echocardiography and cardiac magnetic resonance imaging for quantification of left ventricular volumes and function. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13:834-9.
- Reant P, Barbot L, Touche C, Dijos M, Arsac F, Pillois X, et al. Evaluation of global left ventricular systolic function using three-dimensional echocardiography speckle-tracking strain parameters. *J Am Soc Echocardiogr.* 2012;25:68-79.
- Kleijn SA, Aly MF, Terwee CB, Van Rossum AC, Kamp O. Reliability of left ventricular volumes and function measurements using three-dimensional speckle tracking echocardiography. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13:159-68.
- Gayat E, Ahmad H, Weinert L, Lang RM, Mor-Avi V. Reproducibility and inter-ventrator variability of left ventricular deformation measurements by three-dimensional speckle-tracking echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr.* 2011;24:878-85.

46. Pérez de Isla L, Millán M, Lennie V, Quezada M, Guinea J, Macaya C, et al. *Area strain*: umbrales de normalidad de un nuevo parámetro en sujetos sanos. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1194–7.
47. Saito M, Okayama H, Yoshii T, Higashi H, Morioka H, Hiasa G, et al. Clinical significance of global two-dimensional strain as a surrogate parameter of myocardial fibrosis and cardiac events in patients with hypertrophic cardiomyopathy. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2012;13:617–23.
48. Sawaya H, Sebag IA, Plana JC, Januzzi JL, Ky B, Cohen V, et al. Early detection and prediction of cardiotoxicity in chemotherapy-treated patients. *Am J Cardiol.* 2011;107:1375–80.
49. Stoodley PW, Richards DA, Hui R, Boyd A, Harnett PR, Meikle SR, et al. Two-dimensional myocardial strain imaging detects changes in left ventricular systolic function immediately after anthracycline chemotherapy. *Eur J Echocardiogr.* 2011;12:945–52.
50. McMurray JJ, Adamopoulos S, Anker SD, Auricchio A, Bohm M, Dickstein K, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure 2012. *Eur Heart J.* 2012;33:1787–847.
51. Lim P, Donal E, Lafitte S, Derumeaux G, Habib G, Reant P, et al. Multicentre study using strain delay index for predicting response to cardiac resynchronization therapy (MUSIC study). *Eur J Heart Fail.* 2011;13:984–91.
52. Becker M, Zwicker C, Kaminski M, Napp A, Altiok E, Ocklenburg C, et al. Dependency of cardiac resynchronization therapy on myocardial viability at the LV lead position. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4:366–74.
53. Marwick TH. Use of speckle-strain in a multiparametric approach to dyssynchrony imaging. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2011;4:375–7.
54. Auger D, Bertini M, Marsan NA, Hoke U, Ewe SH, Thijssen J, et al. Prediction of response to cardiac resynchronization therapy combining two different three-dimensional analyses of left ventricular dyssynchrony. *Am J Cardiol.* 2011;108:711–7.
55. Auger D, Schaliq MJ, Bax JJ, Delgado V. Técnicas de imagen tridimensional en el tratamiento de resincronización cardíaca. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1035–44.
56. Gordon E. Advances in SPECT camera software and hardware: currently available and new on the horizon. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:551–81.
57. García EV. Physical attributes, limitations, and future potential for PET and SPECT. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:S19–29.
58. Hernández C, Candell-Riera J, Cudin A, Francisco G, Aguadé-Bruix S, Simó R. Prevalence and risk factors accounting for true silent myocardial ischemia: a pilot case-control study comparing type 2 diabetic with non-diabetic control subjects. *Cardiovasc Diabetol.* 2011;10:9–11.
59. Kim JK, Kim SG, Song YR. Cardiac risk assessment by gated single-photon asymptomatic end-stage renal disease patients at the start of dialysis. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:438–47.
60. Kral BG, Becker DM, Vaidya D, Yanek LR, Becker LC. Severity of inducible myocardial ischemia predicts incident acute coronary syndromes in asymptomatic individuals with a family history of premature coronary artery disease. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:28–36.
61. Nair SU, Ahlberg AW, Mathur S, Katten DM, Polk DM, Heller GV. The clinical value of single photon emission computed tomography myocardial imaging in cardiac risk stratification of very elderly patients with suspected coronary artery disease. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:244–55.
62. Koh AS, Flores JLS, Keng FYJ, Tan RS, Chua TSJ. Correlation between clinical outcomes and appropriateness grading for referral to myocardial perfusion imaging for preoperative evaluation prior to non-cardiac surgery. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:277–84.
63. Hendel RC, Abbott BG, Bateman TM, Blankstein R, Calnon DA, Leppo JA, et al. The role of radionuclide myocardial perfusion imaging for asymptomatic individuals. *J Nucl Cardiol.* 2011;18:3–15.
64. Hachamovitch R, Nutter B, Hlatky MA, Shaw LJ, Ridner LM, Dorbala S, et al. Patient management after noninvasive cardiac imaging. Results from SPARC study. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:462–74.
65. Pizzi MN, Sabaté-Fernández M, De León G, Aguadé-Bruix S, Candell-Riera J. False heart-to-mediastinum ratio of I-123 metaiodobenzylguanidine due to right ventricular attenuation. *Clin Nucl Med.* 2011;36:828–30.
66. Chen J, Folks RD, Verdes L, Manatunga DN, Jacobson AF, García EV. Quantitative I-123 mIBG SPECT in differentiating abnormal and normal mIBG myocardial uptake. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:92–9.
67. Jacobson AF, Senior R, Cerqueira MD, Wong ND, Thomas GS, López VA, et al. Myocardial iodine-123 meta-iodobenzylguanidine imaging and cardiac events in heart failure. *J Am Coll Cardiol.* 2010;55:2212–21.
68. Samad Z, Atchley AE, Trimble MA, Sun JL, Shaw LK, Pagnanelli R, et al. Prevalence and predictors of mechanical dyssynchrony as defined by phase analysis in patients with left ventricular dysfunction undergoing gated SPECT myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol.* 2011;18:24–30.
69. Aljaroudi W, Koneru J, Heo J, Iskandrian AE. Impact of ischemia on left ventricular dyssynchrony by phase analysis of gated single photon emission computed tomography myocardial perfusion imaging. *J Nucl Cardiol.* 2011;18:36–42.
70. Pazhenkottil AP, Nkoulou RN, Ghadri JR, Herzog BA, Küest SM, Husmann L, et al. Impact of cardiac hybrid single-photon emission computed tomography/computed tomography imaging on choice of treatment strategy in coronary artery disease. *Eur Heart J.* 2011;32:2824–9.
71. Romero-Farina G, Candell-Riera J, Aguadé-Bruix S, Castell-Conesa J, García-Dorado G. Impacto de la gated-SPECT de perfusión miocárdica en la indicación de una coronariografía en pacientes con miocardiopatía isquémica. *Rev Esp Med Nucl.* 2011;30:141–6.
72. Romero-Farina G, Candell-Riera J, Milá M, Aguadé-Bruix S, García-Dorado D. Assessment of left ventricular contractile reserve by means of myocardial perfusion gated SPECT in patients with early systolic dysfunction after acute myocardial infarction and in patients with chronic ischemic cardiomyopathy. *Nucl Med Commun.* 2011;32:583–90.
73. Pizzi MN, Sabaté-Fernández M, Aguadé-Bruix S, Romero-Farina G, Cuberas-Borrás G, De León G, et al. Paradoxical pattern in regions with myocardial necrosis in myocardial perfusion gated SPECT with 99mTc-tetrofosmin. *J Nucl Cardiol.* 2012;19:515–23.
74. Jaarsma C, Leiner T, Bekkers SC, Crijs HJ, Wildberger JE, Nagel E, et al. Diagnostic performance of noninvasive myocardial perfusion imaging using single-photon emission computed tomography, cardiac magnetic resonance, and positron emission tomography imaging for the detection of obstructive coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1719–28.
75. Min JK, Dunning A, Lin FY, Achenbach S, Al-Mallah M, Budoff MJ, et al. Age and sex-related differences in all-cause mortality risk based on coronary computed tomography angiography findings. Results from the International Multicenter CONFIRM of 23,854 patients without known coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:849–60.
76. Greupner J, Zimmermann E, Grohmann A, Dübel HP, Althoff T, Borges AC, et al. Head to head comparison of left ventricular function assessment with 64-row computed tomography, biplane left cineventriculography, and both 2- and 3-dimensional transthoracic echocardiography: comparison with magnetic resonance imaging as the reference standard. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1897–907.
77. Koo BK, Erglis A, Doh JH, Daniels DV, Jegere S, Min JK, et al. Diagnosis of ischemia-causing coronary stenoses by noninvasive fractional flow reserve computed from coronary computed tomographic angiograms. Results from the prospective multicenter DISCOVER-FLOW study. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:1989–97.
78. Estornell-Erill J, Igual-Muñoz B, Monmeneu-Menadas JV, Soriano-Navarro C, Valle-Muñoz A, Vilar-Herrero JV, et al. Diagnóstico etiológico de la disfunción ventricular izquierda con tomografía computarizada: comparación con coronariografía y cardiorensonancia. *Rev Esp Cardiol.* 2012;65:517–24.
79. Litt HI, Gatsonis C, Snyder B, Singh H, Miller CD, Entrikin DW, et al. CT angiography for safe discharge of patients with possible acute coronary syndromes. *N Engl J Med.* 2012;366:1393–403.
80. Hoffmann U, Truong QA, Schoenfeld DA, Chou ET, Woodard PK, Nagurny JT, et al. for the ROMICAT-II Investigators. Coronary CT angiography versus standard evaluation in acute chest pain. *N Engl J Med.* 2012;367:299–308.
81. Mulders TA, Sivapalaratnam S, Stroes ES, Kastelein JJ, Guerci AD, Pinto-Sietsma SJ. Asymptomatic individuals with a positive family history for premature coronary artery disease and elevated coronary calcium scores benefit from statin treatment. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2012;5:252–60.
82. Willson AB, Webb JG, Labounty TM, Achenbach S, Moss R, Wheeler M, et al. 3-dimensional aortic annular assessment by multidetector computed tomography predicts moderate or severe paravalvular regurgitation after transcatheter aortic valve replacement: a multicenter retrospective analysis. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1287–94.
83. Jilaihawi H, Kashif M, Fontana G, Furugen A, Shiota T, Friede G, et al. Cross-sectional computed tomographic assessment improves accuracy of aortic annular sizing for transcatheter aortic valve replacement and reduces the incidence of paravalvular aortic regurgitation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;59:1275–86.
84. Thygesen K, Alpert JS, Jaffe AS, Simoons ML, Chaitman BR, White HD. Third universal definition of myocardial infarction. *Eur Heart J.* 2012;33:2551–67.
85. Assomull RG, Shakespeare C, Kalra PR, Lloyd G, Gulati A, Strange J, et al. Role of cardiovascular magnetic resonance as a gatekeeper to invasive coronary angiography in patients presenting with heart failure of unknown etiology. *Circulation.* 2011;124:1351–60.
86. Klem I, Weinsaft JW, Bahnson TD, Hegland D, Kim HW, Hayes B, et al. Assessment of myocardial scarring improves risk stratification in patients evaluated for cardiac defibrillator implantation. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60:2148–20.
87. Jogiya R, Kozerke S, Morton G, De Silva K, Redwood S, Perera D, et al. Validation of dynamic 3-dimensional whole heart magnetic resonance myocardial perfusion imaging against fractional flow reserve for the detection of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60:756–65.
88. Korosoglou G, Gitsioudis G, Voss A, Lehrke S, Riedle N, Buss SJ, et al. Strain-encoded cardiac magnetic resonance during high-dose dobutamine stress testing for the estimation of cardiac outcomes: comparison to clinical parameters and conventional wall motion readings. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:1140–9.
89. Todiere G, Aquaro GD, Piaggi P, Formisano F, Barison A, Masci PG, et al. Progression of myocardial fibrosis assessed with cardiac magnetic resonance in hypertrophic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2012;60:922–9.
90. Dweck MR, Joshi S, Murigu T, Alpendurada F, Jabbour A, Melina G, et al. Midwall fibrosis is an independent predictor of mortality in patients with aortic stenosis. *J Am Coll Cardiol.* 2011;58:1271–9.
91. Igual B, Zorio E, Maceira A, Estornell J, Lopez-Lereu MP, Monmeneu JV, et al. Resonancia magnética cardíaca en miocardiopatía arritmogénica. Tipos de afección y patrones de realce tardío de gadolinio. *Rev Esp Cardiol.* 2011;64:1114–22.
92. Kawut SM, Barr RG, Lima JA, Praestgaard A, Johnson WC, Chahal H, et al. Right ventricular structure is associated with the risk of heart failure and cardiovascular death: The MESA-right ventricle study. *Circulation.* 2012;126:1681–8.
93. Feng D, Glockner J, Kim K, Martinez M, Syed IS, Araoz P, et al. Cardiac magnetic resonance imaging pericardial late gadolinium enhancement and elevated inflammatory markers can predict the reversibility of constrictive pericarditis after antiinflammatory medical therapy: a pilot study. *Circulation.* 2011;124:1830–7.