

## Artículo especial

## Novedades en imagen cardiaca 2014



Patricia Mahía-Casado<sup>a,\*</sup>, Rocío García-Orta<sup>b</sup>, José J. Gómez de Diego<sup>a</sup>, Joaquín Barba-Cosials<sup>c</sup>, José F. Rodríguez-Palomares<sup>d</sup> y Santiago Aguadé-Bruix<sup>e</sup>

<sup>a</sup>Servicio de Cardiología, Hospital Clínico San Carlos, Madrid, España

<sup>b</sup>Servicio de Cardiología, Hospital Virgen de las Nieves, Granada, España

<sup>c</sup>Departamento de Cardiología, Clínica Universidad de Navarra, Pamplona, Navarra, España

<sup>d</sup>Servicio de Cardiología, Hospital Vall d'Hebron, Barcelona, España

<sup>e</sup>Servicio de Medicina Nuclear, Hospital Vall d'Hebron, Barcelona, España

## Historia del artículo:

On-line el 24 de diciembre de 2014

## Palabras clave:

Ecocardiografía

Cardiología nuclear

Tomografía computarizada

Resonancia magnética

## Keywords:

Echocardiography

Nuclear cardiology

Computed tomography

Magnetic resonance

## RESUMEN

En este artículo se realiza una revisión de las aportaciones de las técnicas de imagen más relevantes a la cardiología que se han publicado durante este año. El ecocardiograma sigue siendo la piedra angular en el diagnóstico y el seguimiento de las valvulopatías, con un esfuerzo continuo para mejorar su cuantificación y obtener parámetros pronósticos de seguimiento. El estudio de la función miocárdica regional se afianza en el diagnóstico de la disfunción ventricular subclínica, y el ecocardiograma transesofágico tridimensional se ha convertido en el perfecto aliado del intervencionismo en las cardiopatías estructurales. La cardi resonancia y la tomografía computarizada cardiaca acaparan la mayoría de las publicaciones en imagen cardiaca relativas a la cardiopatía isquémica, reflejo de unas técnicas más que consolidadas en la práctica clínica. La medicina nuclear destaca en el estudio de la viabilidad miocárdica tras el intervencionismo en el síndrome coronario agudo y refuerza su rendimiento en el diagnóstico de la cardiopatía isquémica.

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L.U. Todos los derechos reservados.

## Update on Cardiac Imaging Techniques 2014

## ABSTRACT

In this article, we review the contributions of the most important imaging techniques used in cardiology, reported in 2014. Echocardiography remains the cornerstone for diagnosing and monitoring valvular heart disease, and there has been a continuing effort to improve quantification of this condition and obtain prognostic parameters for follow-up. The study of regional myocardial function is anchored in the diagnosis of subclinical ventricular dysfunction, and 3-dimensional transesophageal echocardiography has become the perfect ally in interventional procedures for structural heart disease. Cardiac magnetic resonance imaging and cardiac computed tomography are the focus of most publications on cardiac imaging in ischemic heart disease, reflecting their consolidated use in clinical practice. Nuclear medicine excels in the study of myocardial viability after interventional treatment of acute coronary syndromes and its performance is validated in the diagnosis of ischemic heart disease.

Full English text available from: [www.revespcardiol.org/en](http://www.revespcardiol.org/en)

© 2014 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L.U. All rights reserved.

## ECOCARDIOGRAFÍA

## Novedades en ecocardiografía

A pesar de la ausencia de novedades tecnológicas, es de resaltar el desarrollo de nuevas aplicaciones informáticas que fusionan la imagen obtenida mediante ecocardiografía transesofágica (ETE) y la imagen radioscópica en el tratamiento invasivo de la cardiopatía estructural<sup>1</sup>. También se han desarrollado sistemas de medición de

la contractilidad basados en nuevos algoritmos que permiten una mejora en el análisis de las ondas de ultrasonido optimizando la resolución lateral<sup>2</sup>.

## Perfusión miocárdica con contraste y ecocardiografía de estrés

En el estudio de la perfusión con contraste aparecen nuevas evidencias que refuerzan su empleo<sup>3</sup>. En un estudio multicéntrico<sup>4</sup>, el uso combinado con dipiridamol ha demostrado mayor sensibilidad de la ecocardiografía de perfusión con contraste que con la tomografía computarizada por emisión monofotónica (SPECT), pero menor especificidad en una población con alta

\* Autor para correspondencia: Laboratorio de Ecocardiografía, Hospital Clínico San Carlos, Planta Primera Norte, Prof. Martín Lagos s/n, 28040 Madrid, España.  
Correo electrónico: [patmahia@gmail.com](mailto:patmahia@gmail.com) (P. Mahía-Casado).

### Abreviaturas

Cardio-TC: tomografía computarizada cardíaca  
 CRM: cardiorresonancia magnética  
 ETE: ecocardiografía transesofágica  
 FE: fracción de eyección  
 SPECT: tomografía computarizada por emisión  
 monofotónica

incidencia de factores de riesgo cardiovascular y prevalencia intermedia-alta.

La publicación de documentos de uso apropiado de las técnicas de estrés, junto con la reciente guía de la Sociedad Europea de Cardiología, muestra su relevante papel y pone de manifiesto la preferencia de estas técnicas sobre la prueba de esfuerzo convencional<sup>5-7</sup>. Los sujetos con probabilidad pretest < 15% o > 85% no requieren pruebas no invasivas.

Nuevos estudios confirman el mejor rendimiento de las imágenes obtenidas en el pico de estrés<sup>8</sup>. En un intento de homogeneizar la gradación de la isquemia con diferentes técnicas, un grupo de trabajo ha diseñado el estudio ISCHEMIA<sup>9</sup> para conocer la equipotencia de las diferentes pruebas de detección de isquemia en la predicción de eventos. En pacientes con bloqueo de rama izquierda, el rendimiento del ecocardiograma de estrés fue inferior al de la cardiorresonancia magnética (CRM) de estrés con dobutamina<sup>10</sup>. En valvulopatías como la regurgitación mitral mixomatosa<sup>11</sup> o la regurgitación aórtica<sup>12</sup>, y también en la miocardiopatía hipertrófica<sup>13</sup>, el eco de estrés vuelve a mostrarse valioso.

### Intervencionismo

El papel de las técnicas de imagen, sobre todo el ETE-3D, en el manejo de los pacientes sometidos a tratamiento percutáneo de cardiopatías estructurales y cierre de orejuela ha quedado patente<sup>14</sup>. Se ha comunicado la aparición de un nuevo sistema de ligadura y sutura percutánea de la orejuela (LARIAT) que debe guiarse a través de ETE-2D y 3 D de manera muy precisa<sup>15</sup>.

También se ha propuesto una nueva nomenclatura de localización de *leaks* paravalvulares basada en relaciones anatómicas simples, más fácil de acomodar a la visión fluoroscópica que la nomenclatura basada en la visión del cirujano<sup>16</sup>. La ecocardiografía tridimensional vuelve a mostrar que, en pacientes con estenosis aórtica grave previa al implante de prótesis percutánea, la medida del anillo por un nuevo método es similar a la obtenida por el estudio cardíaco mediante tomografía computarizada (cardio-TC) y que predice con precisión similar a esta la aparición de insuficiencia paravalvular<sup>17</sup>.

Dos excelentes revisiones del grupo de Faletta et al<sup>18,19</sup> describen el papel de la ecocardiografía en general y específicamente de la técnica tridimensional, antes y durante el implante de MitraClip. Por otra parte, parece posible la introducción de la ETE-3D en otros ámbitos de aplicación, como en la ablación de venas pulmonares<sup>20</sup>.

### Valvulopatías

La estenosis aórtica grave de bajo gradiente con fracción de eyección (FE) conservada sigue siendo una entidad controvertida. En una serie prospectiva de 260 pacientes, se describe como una enfermedad de mal pronóstico, en la que el reemplazo valvular se asocia a mejor supervivencia que el tratamiento médico<sup>21</sup>. En cambio, en otra serie amplia, esta entidad

presentaba mejor supervivencia respecto a la estenosis aórtica con gradiente elevado, así como un aumento progresivo de los gradientes en la evolución<sup>22</sup>, lo que indica que se trata de una forma menos grave de enfermedad. En estudios comparativos con CRM, la ecocardiografía subestimaba el área aórtica de pacientes con bajo gradiente, no así el de aquellos con gradiente normal, lo que cuestiona la presunción de que esta entidad se trate siempre de una forma más avanzada de enfermedad<sup>23</sup>. Existen dudas acerca de la indexación por superficie corporal, ya que aumenta la prevalencia de pacientes con estenosis grave, incluidos pacientes con enfermedad menos avanzada, sin aumentar la precisión diagnóstica respecto a los eventos relacionados con la valvulopatía<sup>24</sup>. Esto es especialmente importante en los pacientes obesos, cuya gravedad de la estenosis puede ser claramente sobrestimada al indexar por superficie corporal<sup>25</sup>.

Una nueva puntuación de predicción del resultado de la valvuloplastia mitral que incorpora el área valvular mitral  $\leq 1$  cm, desplazamiento diastólico de los velos  $\leq 12$  mm, razón entre las áreas comisurales  $\geq 1,25$  y afeción subvalvular, se ha validado en una serie amplia de pacientes y ha mejorado la predicción respecto a la puntuación de Wilkins<sup>26</sup>.

La insuficiencia mitral tras infarto sin elevación del ST es frecuente; en un estudio prospectivo a largo plazo, tanto su presencia como su grado se asocian a peor pronóstico. Este efecto puede explicarse en parte por un remodelado ventricular negativo y por mayor incidencia de fibrilación auricular<sup>27</sup>.

La cuantificación de la insuficiencia aórtica mediante eco-2D y 3 D se ha comparado con la CRM como referencia. La eco-3D mostró mejores correlación, acuerdo e índice kappa, menor dispersión y límites de confianza más estrechos que la eco-2D<sup>28</sup>.

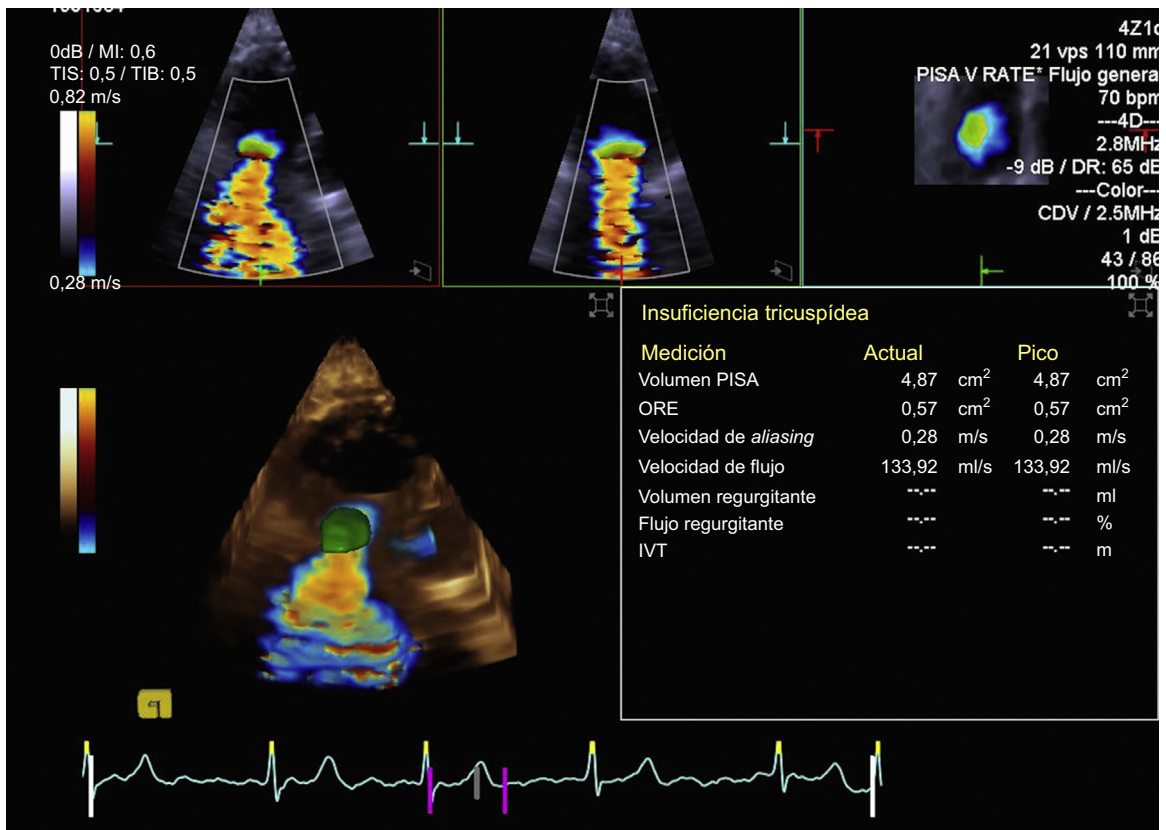
En la estimación de la gravedad de la insuficiencia tricuspídea, la determinación del orificio efectivo y el volumen regurgitante mediante la evaluación del área de superficie de isovelocidad proximal (*proximal isovelocity surface area* [PISA]) por eco-3D mostró más precisión que la eco-2D, tomando como referencia los métodos cuantitativos Doppler y la planimetría tridimensional, especialmente en chorros excéntricos<sup>29</sup> (figura 1).

La asociación entre el uso de agonistas dopaminérgicos para el tratamiento de tumores pituitarios y la afeción valvular queda en entredicho tras un estudio multicéntrico en Reino Unido<sup>30</sup>, que no ha demostrado asociación clínicamente significativa entre la dosis del fármaco y la afeción valvular corregida por la edad.

### Enfermedad aórtica

En pacientes con válvula aórtica bicúspide, se han comparado los patrones de dilatación y crecimiento de la aorta respecto al síndrome de Marfan o aortopatía degenerativa. En pacientes con válvula aórtica bicúspide, la dilatación de la aorta tubular es la más frecuente y la de más rápido crecimiento (similar al Marfan), independientemente del tipo valvular. A diferencia del Marfan, la dilatación no progresa en una proporción más alta de válvula bicúspide. La dilatación de los senos es infrecuente y sí se relaciona con el tipo valvular. Los diámetros aórticos basales no son proporcionales a la tasa de progresión, lo que implica la necesidad de seguimiento sistemático en esta patología<sup>31</sup>.

En un registro de 1.850 pacientes con accidente isquémico transitorio, la incidencia de eventos vasculares recurrentes se relacionó con la presencia y la gravedad de ateroma aórtico mediante ETE, lo que respalda que se le identifique sistemáticamente en estos pacientes para optimizar la estratificación del riesgo<sup>32</sup>.



**Figura 1.** PISA 3 D automático, visto como una capa verde sobre una imagen Doppler color tridimensional. Arriba, los 3 planos de referencia (izquierda, proyección de 4 cámaras; centro, de 2 cámaras; derecha, de eje corto), y abajo a la izquierda, reconstrucción de superficie del PISA tridimensional. ORE: orificio regurgitante efectivo; PISA: *proximal isovelocity surface area* (área de superficie de isovelocidad proximal). Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

**Función ventricular**

A pesar del creciente interés por aplicar los parámetros de deformación en la práctica clínica, una de las limitaciones principales radica en que se desconocen los valores normales y el efecto que en ellos tienen los distintos factores demográficos, hemodinámicos y técnicos. La reciente publicación de valores de referencia con ecocardiografía *speckle tracking* tanto bidimensional<sup>33</sup> como tridimensional<sup>34</sup> pueden fomentar su implementación en la rutina clínica. El continuo desarrollo de esta técnica debido a la aparición de nuevas tecnologías basadas en la deformación tridimensional ha seguido dando sus frutos; destaca su utilidad para el estudio de la función ventricular derecha<sup>35</sup> y ha dado lugar a la realización de diversos estudios comparativos con la técnica bidimensional en busca del parámetro más sencillo y reproducible, con resultados en ocasiones contradictorios<sup>36-38</sup>.

**Miocardiopatías**

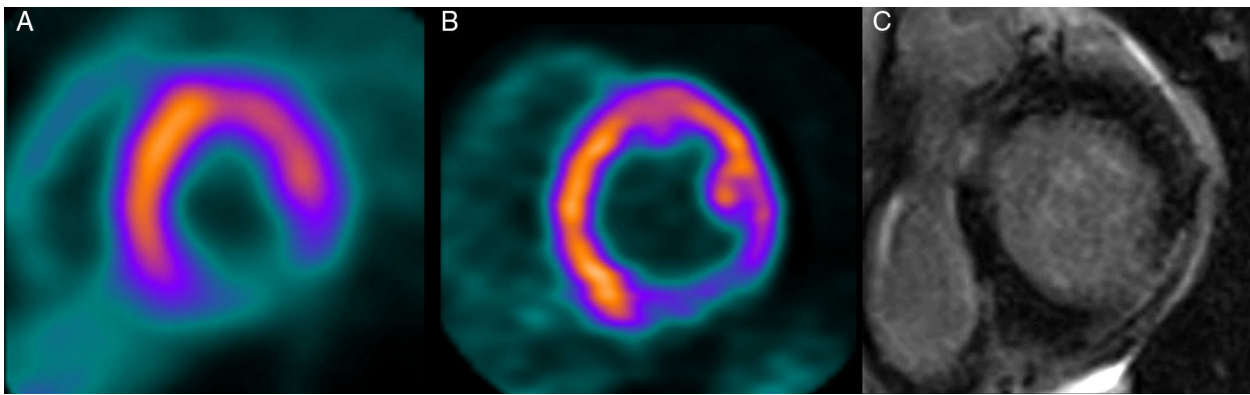
La utilidad del uso sistemático de la ecocardiografía en la revisión preparticipativa de deportistas de competición para mejorar la eficacia de los programas de prevención de la muerte súbita del deportista se ha valorado en un trabajo reciente<sup>39</sup>. A la vista de los resultados, se propone que realizarla aporta más sensibilidad a los potenciales diagnósticos de cardiopatía causantes de muerte súbita o que en el momento de su detección indicarían un seguimiento más estrecho. La justificación de su valor añadido vendría dada por las moderadas sensibilidad y especificidad de los síntomas, los signos clínicos y el electrocardiograma en la población de deportistas.

El beneficio del estudio de los parámetros de deformación en el diagnóstico y pronóstico de la cardiotoxicidad por quimioterápicos se ha puesto de manifiesto en los últimos años tras la publicación de ensayos relativamente pequeños en el marco de la investigación. Sin embargo, la publicación de una revisión sistemática confirma el valor de estos parámetros para la detección temprana de alteraciones del miocardio y la predicción de la cardiotoxicidad<sup>40</sup>. La valoración del *strain rate* mediante Doppler tisular parece detectar más constantemente los primeros cambios de miocardio durante la terapia, mientras que con ecocardiografía *speckle tracking*, el *strain* general máximo longitudinal parece ser la mejor medida. Una reducción de un 10-15% durante la terapia parece ser el parámetro más útil para la predicción de cardiotoxicidad, definida como una caída de la FE o insuficiencia cardiaca. Una excelente revisión sobre el rendimiento de las actuales modalidades de imagen no invasivas, parámetros clínicos y de investigación para la identificación y caracterización de esta enfermedad refuerza su uso sistemático<sup>41</sup>.

**CARDIOLOGÍA NUCLEAR**

En un original estudio realizado con *gated*-SPECT de perfusión miocárdica en pacientes con un primer infarto de miocardio tratado con revascularización percutánea primaria, Romero-Farina et al<sup>42</sup> describen una fórmula que permite estimar el miocardio en riesgo y el rescatado a partir de la discordancia existente a las 4 semanas del episodio agudo entre la extensión de la alteración de la motilidad y la de la perfusión en la región de la necrosis.

Las variables que influyen en la indicación de una segunda *gated*-SPECT de perfusión miocárdica después una *gated*-SPECT de



**Figura 2.** Cortes de eje corto seleccionados del ventrículo izquierdo de SPECT de perfusión miocárdica de reposo con  $^{99m}\text{Tc}$ -tetrofosmina (A), PET con  $^{18}\text{F}$ -fluorodesoxiglucosa (B) y CRM con realce tardío con gadolinio (C) de un paciente con infarto inferolateral. No existen criterios de viabilidad en la SPECT (captación  $< 50\%$ ), y sí en la PET (captación  $\geq 50\%$ ) y en la RM (transmuralidad de la necrosis  $< 75\%$ ). CRM: cardiorensonancia magnética; PET: tomografía por emisión de positrones; RM: resonancia magnética; SPECT: tomografía computarizada por emisión monofotónica. Esta figura se muestra a todo color solo en la versión electrónica del artículo.

esfuerzo normal no son solo clínicas (más de 3 factores de riesgo, infarto o revascularización previas), sino también ergométricas (presencia de isquemia clínica o electrocardiográfica)<sup>43</sup>.

La alteración del engrosamiento sistólico en la *gated*-SPECT se revela como un factor altamente sensible en la detección temprana de la disfunción sistólica del ventrículo izquierdo, con información pronóstica adicional a la detección de isquemia<sup>44</sup>.

El análisis de Fourier con *gated*-SPECT de perfusión miocárdica ha dado lugar a nuevas publicaciones sobre el valor pronóstico de la disincronía ventricular izquierda en las miocardiopatías de origen tanto isquémico como no isquémico<sup>45-47</sup>.

Este año se ha registrado en nuestro país el reganedosón (Rapiscan<sup>®</sup>) para la realización de pruebas de estrés farmacológicas. Es un fármaco activador selectivo de los receptores A2A de la adenosina, por lo que tiene una gran actividad vasodilatadora coronaria, sin prácticamente actividad bronquial, que lo habilita para utilizarlo en pacientes con asma o enfermedad pulmonar obstructiva crónica leve y moderada<sup>48</sup>.

Schaap et al<sup>49</sup> han señalado que las imágenes híbridas SPECT-TC permiten mejorar la especificidad de cada una de estas técnicas consideradas aisladamente en el diagnóstico de la cardiopatía isquémica en poblaciones con una probabilidad pretest intermedia o alta.

La utilización de la tomografía por emisión de positrones (PET) de perfusión miocárdica con rubidio-82 ha demostrado un valor pronóstico incremental sobre las variables clínicas en pacientes revascularizados quirúrgicamente<sup>50</sup>.

En el diagnóstico de la inflamación/infección cardiovascular con  $^{18}\text{F}$ -FDG-PET-TC<sup>51,52</sup> destaca la aportación metodológica del uso de las imágenes tardías a las 3 h de la administración del radionúclido, que ha mostrado una mejora de la precisión diagnóstica sin sacrificar la especificidad de la técnica<sup>53</sup>.

El estado actual y el futuro de la PET-RM en el ámbito cardiovascular, en el que destaca su uso en la viabilidad miocárdica y en la insuficiencia cardíaca, se describen en una interesante puesta al día de ambas técnicas<sup>54</sup> (figura 2). Destaca la publicación de un excelente trabajo de revisión en el que se comparan los riesgos y beneficios de las diferentes técnicas de imagen cardíaca (puntuación de calcio, angiografía por TC, eco con dobutamina, CRM con dobutamina, RM con adenosina, SPECT con ejercicio, SPECT farmacológico, PET con adenosina y coronariografía invasiva) y se estima que el riesgo general de estas pruebas (por la radiación, el contraste y las maniobras de provocación) es mucho menor que el de la cardiopatía isquémica no diagnosticada, su profilaxis con ácido acetilsalicílico e incluso cualquier actividad diaria<sup>55</sup>.

### TOMOGRAFÍA COMPUTARIZADA CARDIACA

La cardio-TC es la herramienta de imagen cardíaca con mayor potencial actual para modificar la práctica clínica. Se han publicado artículos de primer nivel en todo tipo de contextos, que destacan la utilidad para la detección de la vasculopatía en el trasplante o de la PET-TC en los casos complejos de endocarditis<sup>56,57</sup>.

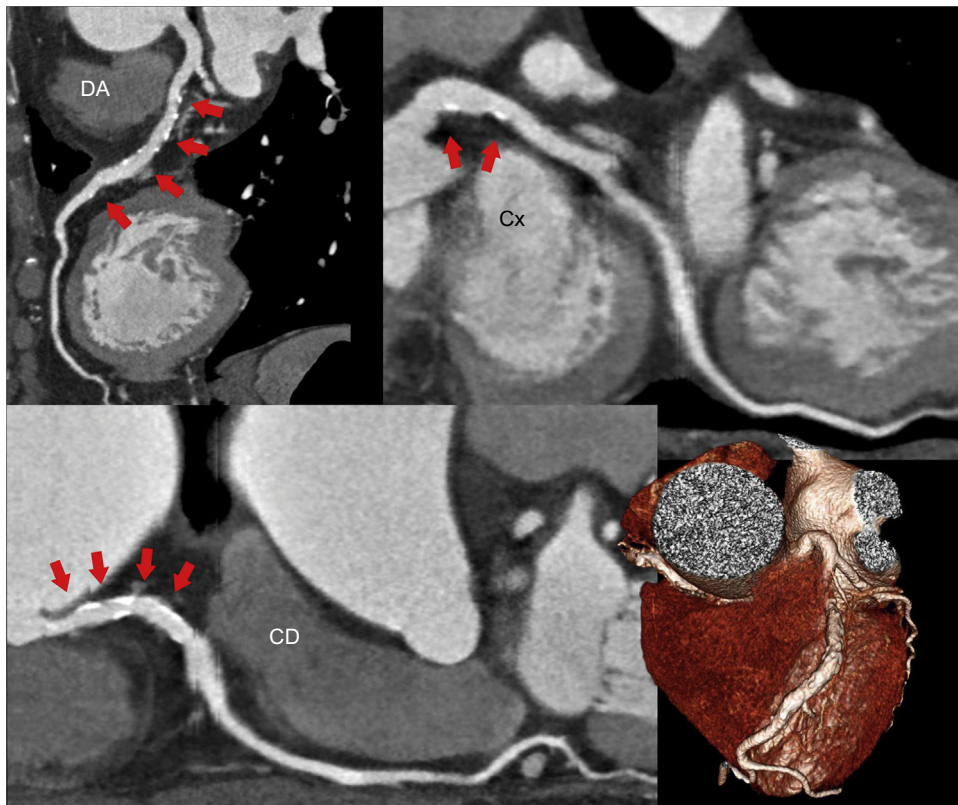
En el estudio de la enfermedad coronaria, diversos trabajos arrojan información sobre el valor pronóstico de la técnica, y ponen de manifiesto que la extensión de la enfermedad es tan importante como la simple detección de lesiones obstructivas<sup>58,59</sup> (figura 3). También se sigue estudiando el valor de la cardio-TC en urgencias, donde se ha demostrado que la morfología de la placa puede ayudar a predecir un síndrome coronario agudo<sup>60</sup>.

El tema más candente en investigación con cardio-TC es la posibilidad de realizar estudios de isquemia. El abordaje más clásico son los estudios de estrés con adenosina, que han demostrado tener un rendimiento diagnóstico similar al de la CRM comparada con la guía de presión<sup>61</sup> o la combinación de coronariografía invasiva y medicina nuclear<sup>62</sup>, lo que mejora espectacularmente el rendimiento de la técnica en campos complejos como la evaluación de los *stents*<sup>63</sup>. Sin embargo, hay un interés todavía mayor en el estudio no invasivo de la reserva de flujo coronario con cardio-TC. Los datos del estudio NXT<sup>64</sup> indican que la herramienta es robusta y mejora los resultados del estudio convencional a expensas de una mejora en su valor predictivo positivo. Algunos autores proponen la utilidad de esta técnica en el seguimiento de los nuevos *stents* reabsorbibles debido a la ausencia de artefactos<sup>65</sup>.

Finalmente, se han producido dos desarrollos tecnológicos destacables: la integración de las imágenes de TC en la sala de hemodinámica<sup>66</sup> y la «reconstrucción iterativa», un nuevo método de procesar las imágenes que permite reducir la dosis de radiación necesaria para hacer el estudio a 0,2 mSv<sup>67</sup>, una cifra razonablemente baja y que podría eliminar la mayor parte de los recelos que causa la cardio-TC.

### RESONANCIA MAGNÉTICA

Las principales publicaciones de este año han seguido destacando el valor diagnóstico y su relevancia pronóstica en pacientes con diferentes enfermedades cardiovasculares. Desde un punto de vista experimental, el tensor de difusión ha permitido observar que existe una estructura helicoidal continua de las fibras miocárdicas que conforman ambos ventrículos, lo que



**Figura 3.** La cardio-TC indica que la enfermedad difusa tiene un pronóstico comparable al de la enfermedad obstructiva. Reconstrucciones multiplanares y volumétrica. Cardio-TC: tomografía computarizada cardiaca; CD: coronaria derecha; Cx: circunfleja; DA: descendente anterior.

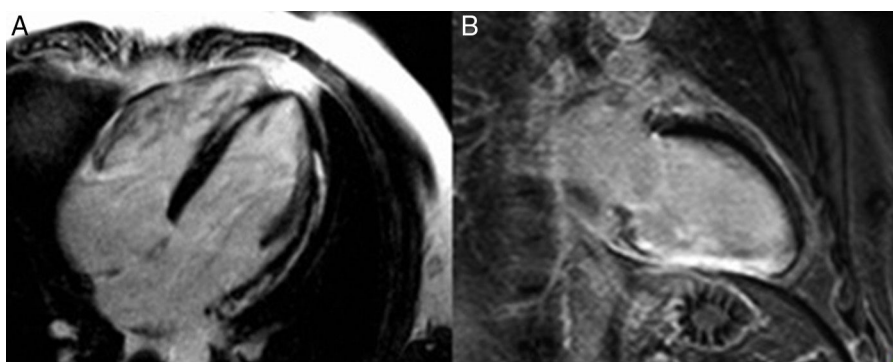
confirmaría el modelo de banda ventricular descrita por Torrent-Guasp<sup>68</sup>.

En pacientes con cardiopatía isquémica, clásicamente, la presencia de un grosor de pared  $\leq 5,5$  mm se había considerado marcador de miocardio inviable. Sin embargo, un estudio multicéntrico desarrollado por Shah et al<sup>69</sup> ha demostrado que en los segmentos con grosor de pared  $\leq 5,5$  mm un realce tardío no transmural ( $< 50\%$  del grosor de pared) permite predecir qué segmentos recuperarán su grosor y su función contráctil tras la revascularización coronaria.

En el infarto agudo de miocardio revascularizado percutáneamente, la CRM permite predecir qué pacientes sufrirán un evento arrítmico maligno en el seguimiento. De este modo, una FE  $\leq 36\%$  y una masa necrótica  $\geq 23,5$  g/m son los principales determinantes de sufrir un evento arrítmico<sup>70</sup>.

En los últimos años, la CRM de estrés se ha consolidado como una excelente técnica diagnóstica y pronóstica en la evaluación de pacientes con enfermedad coronaria. La combinación de las informaciones de la perfusión miocárdica y la angiografía coronaria permite incrementar su valor diagnóstico en la detección de enfermedad coronaria<sup>71</sup>. Además, isquemia inducible con el estrés se asocia a mayores mortalidad y probabilidad de sufrir un infarto agudo o eventos cardiovasculares en el seguimiento<sup>72</sup>.

Otra de las aplicaciones relevantes de la CRM es el campo de las arritmias. En este sentido, la localización de la necrosis por CRM antes de un procedimiento de ablación de taquicardia ventricular no idiopática permite planificar el acceso de la intervención y optimizar los resultados (figura 4)<sup>73</sup>. Además, en pacientes tratados con terapia de resincronización, Fabregat et al<sup>74</sup> observaron que los pacientes tanto con FE  $\geq 35\%$  como  $< 35\%$  estimada



**Figura 4.** Patrón de realce tardío subepicárdico lateral y septal (A) y transmural inferior (B) en pacientes hospitalizados por taquicardia ventricular monomorfa sostenida. La localización de la fibrosis/necrosis permite planificar la vía de acceso para la ablación de la taquicardia.

mediante CRM presentaron mejora de su clase funcional y recuperación de la FE a los 6 meses. Además, en ambos grupos, la presencia de un patrón de necrosis miocárdica se asociaba a mayor tasa de arritmias ventriculares y mortalidad.

La CRM es una técnica diagnóstica de gran utilidad en la valoración de pacientes con miocardiopatías y afección del ventrículo derecho. En pacientes con miocardiopatía dilatada no isquémica, la presencia de realce tardío es un marcador de mortalidad, hospitalización por insuficiencia cardíaca y muerte súbita<sup>75</sup>. En pacientes con mutación positiva para miocardiopatía arritmogénica del ventrículo derecho que presentan alteraciones en el electrocardiograma o en el Holter y alteraciones morfológicas en la CRM son los que tienen mayor riesgo de eventos arrítmicos y, por lo tanto, más se beneficiarían de un desfibrilador<sup>76</sup>.

Finalmente, en la valoración de la estenosis aórtica, la presencia de fibrosis miocárdica es un predictor de muerte y eventos cardiovasculares en el seguimiento de pacientes sometidos a recambio valvular aórtico o a tratamiento percutáneo<sup>77</sup>. La presencia de insuficiencia aórtica residual  $\geq$  II tras el procedimiento intervencionista es un marcador de ausencia de mejora de la FE, la disminución de la masa miocárdica y los volúmenes ventriculares en comparación con los pacientes sin insuficiencia aórtica residual.

## CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

## BIBLIOGRAFÍA

- Heimann T, Mounthey P, John M, Ionasec R. Learning without labeling: domain adaptation for ultrasound transducer localization. *Med Image Comput Assist Interv.* 2013;16:49-56.
- Alessandrini M, Basarab A, Boussel L, Xinxin G, Serusclat A, Friboulet D, et al. A new technique for the estimation of cardiac motion in echocardiography based on transverse oscillations: a preliminary evaluation in silico and a feasibility demonstration in vivo. *Medical Imaging. IEEE Transactions.* 2014;33:1148-62.
- Shah BN, Chahal NS, Bhattacharyya S, Li W, Roussin I. The feasibility and clinical utility of myocardial contrast echocardiography in clinical practice: results from the incorporation of myocardial perfusion assessment into clinical testing with stress echocardiography study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:520-30.
- Senior R, Moreo A, Gaibazzi N, Agati L, Tiemann K, Shivalkar B, et al. Comparison of sulfur hexafluoride microbubble (SonoVue)-enhanced myocardial contrast echocardiography with gate single-photon emission computed tomography for detection of significant coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol.* 2013;62:1353-61.
- Guía de Práctica Clínica de la ESC 2013 sobre diagnóstico y tratamiento de la cardiopatía isquémica estable. *Rev Esp Cardiol.* 2014;67:135.e1-e81.
- Comentarios a la guía de práctica clínica de la ESC 2013 sobre diagnóstico y tratamiento de la cardiopatía isquémica estable. *Rev Esp Cardiol.* 2014;67:80-6.
- ACC/AHA/ASE/ASNC/HFSA/HRS/SCAI/SCCT/SCMR/STS 2013. Multimodality appropriate use criteria for the detection and risk assessment of stable ischemic heart disease. *J Am Coll Cardiol.* 2014;63:380-406.
- Caiati C, Lepera ME, Carrett D, Santoro D, Favale S. Head-to-head comparison of peak upright bicycle and post-treadmill echocardiography in detecting coronary artery disease: a randomized, single-blind crossover study. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26:1434-43.
- Shaw LJ, Berman DS, Picard MH, Friedrich GH, Kwong RY, Stone GW, et al. Comparative definitions for moderate-severe ischemia in stress nuclear, echocardiography, and magnetic resonance imaging. *J Am Coll Cardiol Img.* 2014;7:593-604.
- Mordi I, Stanton T, Carrick D, McClure J, Oldroyd K, Berry C, et al. Comprehensive dobutamine stress CMR versus echocardiography in LBBB and suspected coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol Img.* 2014;7:490-8.
- Naji P, Griffin BP, Asfahan F, Barr T, Rodriguez L, Grimm R, et al. Predictors of long-term outcomes in patients with significant myxomatous mitral regurgitation undergoing exercise echocardiography. *Circulation.* 2014;129:1310-9.
- Park SJ, Enriquez-Sarano M, Song JE, Lee YJ, Ha MR, Chang SA, et al. Contractile reserve determined on exercise echocardiography in patients with severe aortic regurgitation. *Circ J.* 2013;77:2390-8.
- Desai MY, Bhonsale A, Patel P, Naji P, Smedira NG, Thamilarasan M, et al. Exercise echocardiography in asymptomatic HCM. Exercise capacity, and not LV outflow tract gradient predicts long-term outcomes. *J Am Coll Cardiol Img.* 2014;7:26-36.
- Faletta FF, Pedrazzini G, Pasotti E, Muzzarelli S, Dequarti MC, Murzilli R, et al. 3D TEE during catheter-based interventions. *J Am Coll Cardiol Img.* 2014;7:292-308.
- Laura DM, Chinitz LA, Aizer A, Holmes DS, Benestein R, Freedberg RS, et al. The role of multimodality imaging in percutaneous left atrial appendage suture ligation with the LARIAT device. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:699-708.
- Spoon DB, Malouf JF, Spoon Jn, Nkomo VT, Sorajja P, Mankad SV, et al. Mitral paravalvular leak description and assessment of a novel anatomical method of localization. *J Am Coll Cardiol Img.* 2013;1:2012-4.
- Khalique OK, Kodali SK, Paradis JM, Nazif TM, Williams MR, Einstein AJ, et al. Aortic annular sizing using a novel 3-dimensional echocardiographic method: use and comparison with cardiac computed tomography. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7:155-63.
- Faletta FF, Pedrazzini G, Pasotti E, Petrova I, Drasutiene A, Dequarti MC, et al. Role of real-time three dimensional transoesophageal echocardiography as guidance imaging modality during catheter based edge-to-edge mitral valve repair. *Heart.* 2013;99:1204-15.
- Faletta FF, Pedrazzini G, Pasotti E, Muzzarelli S, Dequarti MC, Murzilli R, et al. 3D TEE during catheter-based interventions. *JACC Cardiovasc Imaging.* 2014;7:292-308.
- Kerut EK, Hanawalt C, McKinnie J. Transesophageal echocardiography during pulmonary vein cryoballoon ablation for atrial fibrillation. *Echocardiography.* 2014;00:1-9.
- Ozkan A, Hachamovitch R, Kapadia SR, Tuzcu EM, Marwick TH. Impact of aortic valve replacement on outcome of symptomatic patients with severe aortic stenosis with low gradient and preserved left ventricular ejection fraction. *Circulation.* 2013;128:622-31.
- Maes F, Boulif J, Piérard S, De Meester C, Melchior J, Gerber B. Natural history of paradoxical low-gradient severe aortic stenosis. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2014;7:714-22.
- Barone-Rochette G, Piérard S, Seldrum S, De Meester de Ravenstein C, Melchior J, Maes F, et al. Aortic valve area, stroke volume, left ventricular hypertrophy, remodeling, and fibrosis in aortic stenosis assessed by cardiac magnetic resonance imaging: comparison between high and low gradient and normal and low flow aortic stenosis. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2013;6:1009-17.
- Jander N, Gohlke-Bärwolf C, Bahlmann E, Gerds E, Boman K, Chambers JB, et al. Indexing aortic valve area by body surface area increases the prevalence of severe aortic stenosis. *Heart.* 2014;100:28-33.
- Rogge BP, Gerds E, Cramariuc D, Bahlmann E, Jander N, Gohlke-Bärwolf C, et al. Impact of obesity and nonobesity on grading the severity of aortic valve stenosis. *Am J Cardiol.* 2014;113:1532-5.
- Nunes MC, Tan TC, Elmariah S, Do Lago R, Margey R, Cruz-Gonzalez I, et al. The echo score revisited: Impact of incorporating commissural morphology and leaflet displacement to the prediction of outcome for patients undergoing percutaneous mitral valvuloplasty. *Circulation.* 2014;129:886-95.
- Núñez-Gil IJ, Estrada I, Pérez de Isla L, Feltes G, de Agustín JA, Vivas D, et al. Functional mitral regurgitation after a first non-ST segment elevation acute coronary syndrome: very-long-term follow-up, prognosis and contribution to left ventricular enlargement and atrial fibrillation development. *Heart.* 2013;99:1502-8.
- Ewe SH, Delgado V, van der Geest R, Westenberg JJ, Haeck ML, Witkowski TG, et al. Accuracy of three-dimensional versus two-dimensional echocardiography for quantification of aortic regurgitation and validation by three-dimensional three-directional velocity-encoded magnetic resonance imaging. *Am J Cardiol.* 2013;112:560-6.
- de Agustín JA, Viliani D, Vieira C, Islas F, Marcos-Alberca P, Gomez de Diego JJ, et al. Proximal isovelocity surface area by single-beat three-dimensional color Doppler echocardiography applied for tricuspid regurgitation quantification. *J Am Soc Echocardiogr.* 2013;26:1063-72.
- Drake WM, Stiles CE, Howlett TA, Toogood AA, Bevan JS, Steeds RP; UK Dopamine Agonist Valvulopathy Group. A cross-sectional study of the prevalence of cardiac valvular abnormalities in hyperprolactinemic patients treated with ergot-derived dopamine agonists. *J Clin Endocrinol Metab.* 2014;99:90-6.
- Detaint D, Michelena HI, Nkomo VT, Vahanian A, Jondeau G, Sarano ME. Aortic dilatation patterns and rates in adults with bicuspid aortic valves: a comparative study with Marfan syndrome and degenerative aortopathy. *Heart.* 2014;100:126-34.
- Guidoux C, Mazighi M, Lavallée P, Labreuche J, Meseguer E, Cabrejo L, et al. Aortic arch atheroma in transient ischemic attack patients. *Atherosclerosis.* 2013;231:124-8.
- Kocabay G, Muraru D, Peluso D, Cucchini U, Mihaila S, Padayattil-Jose S, et al. Mecánica ventricular izquierda normal mediante ecocardiografía speckle tracking bidimensional. Valores de referencia para adultos sanos. *Rev Esp Cardiol.* 2014;67:651-8.
- Uraru D, Cucchini U, Mihaila S, Miglironza MH, Aruta P, Cavalli G, et al. Left ventricular myocardial strain by three-dimensional speckle-tracking echocardiography in healthy subjects: reference values and analysis of their physiologic and technical determinants. *J Am Soc Echocardiogr.* 2014;27:858-71.
- Smith BF, Dobson G, Dawson D, Charalampopoulos A, Grapsa J, Nihoyannopoulos P. Three-dimensional speckle tracking of the right ventricle. Toward optimal quantification of right ventricular dysfunction in pulmonary hypertension. *J Am Coll Cardiol.* 2014;64:41-51.
- Badano LP, Cucchini U, Muraru D, Al Nono O, Sarais C, Illiceto S. Use of three-dimensional speckle tracking to assess left ventricular myocardial mechanics: inter-vendor consistency and reproducibility of strain measurements. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging.* 2013;14:285-93.

37. Altman M, Bergerot C, Aussoleil A, Davidsen ES, Sibellas F, Ovize M, et al. Assessment of left ventricular systolic function by deformation imaging derived from speckle tracking: a comparison between 2 D and 3 D echo modalities. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15:316-23.
38. Luis SA, Yamada A, Khandheria BK, Speranza V, Benjamin A, Ischenko M, et al. Use of three-dimensional speckle-tracking echocardiography for quantitative assessment of global left ventricular function: a comparative study to three-dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr*. 2014;27:285-91.
39. Grazioli G, Merino B, Montserrat S, Vidal B, Azqueta M, Pare C, et al. Utilidad del ecocardiograma en la revisión preparticipativa de deportistas de competición. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:701-5.
40. Thavendirathan P, Poulin F, Lim KD, Plana JC, Woo A, Marwick TH. Use of myocardial strain imaging by echocardiography for the early detection of cardiotoxicity in patients during and after cancer chemotherapy. A systematic review. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:2751-68.
41. Kongbundansuk S, Hundley WG. Noninvasive imaging of cardiovascular injury related to the treatment of cancer. *J Am Coll Cardiol Img*. 2014;7:824-38.
42. Romero-Farina G, Aguadé-Bruix S, Pizzi MN, Pineda V, Figueras J, Cuberas G, et al. Estimation of at risk and salvaged myocardium by myocardial perfusion SPECT performed one month after acute myocardial infarction. *Radiology*. 2013;269:577-84.
43. Romero-Farina G, Candell-Riera J, Aguadé-Bruix S, Cuberas-Borrós G, Pizzi MN, Santos A, et al. Variables que influyen en la indicación de una segunda gated-SPECT de perfusión miocárdica después una gated-SPECT de estrés-reposo normal. *Rev Esp Med Nucl Imagen Mol*. 2014;33:72-8.
44. Lairez O, Cognet T, Derclé L, Mejean S, Berry M, Bastie D, et al. Prediction of all-cause mortality from gated-SPECT global myocardial wall thickening Comparison with ejection fraction and global longitudinal 2D-strain. *J Nucl Cardiol*. 2014;21:86-95.
45. Zafir N, Nevzorov R, Bental T, Strasberg B, Gutstein A, Mats I, et al. Prognostic value of left ventricular dyssynchrony by myocardial perfusion-gated SPECT in patients with normal and abnormal left ventricular functions. *J Nucl Cardiol*. 2014;21:532-40.
46. Goldberg AS, Alraies MC, Cerqueira MD, Jaber WA, Al-Jaroudi WA. Prognostic value of left ventricular mechanical dyssynchrony by phase analysis in patients with non-ischemic cardiomyopathy with ejection fraction 35-50% and QRS<150 ms. *J Nucl Cardiol*. 2014;21:57-66.
47. Igarashi Y, Chikamori T, Hida S, Tanaka H, Shiba C, Usui Y, et al. Usefulness of phase analysis to differentiate ischemic and non-ischemic etiologies of left ventricular systolic dysfunction in patients with heart failure. *Circ J*. 2014;78:141-50.
48. Golzar Y, Doukky R. Regadenoson use in patients with chronic obstructive pulmonary disease: the state of current knowledge. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis*. 2014;9:129-37.
49. Schaap J, Kauling RM, Boekholdt SM, Nieman K, Meijboom WB, Post MC, et al. Incremental diagnostic accuracy of hybrid SPECT/CT coronary angiography in a population with an intermediate to high pre-test likelihood of coronary artery disease. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2013;14:642-9.
50. Pen A, Yam Y, Chen L, Dorbala S, Di Carli MF, Merhige ME, et al. Prognostic value of Rb-82 positron emission tomography myocardial perfusion imaging in coronary artery bypass patients. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2014;15:787-92.
51. Panizzi P, Stone JR, Nahrendorf M. Endocarditis and molecular imaging. *J Nucl Cardiol*. 2014;21:486-95.
52. Bruun NE, Habib G, Thuny F, Sogaard P. Cardiac imaging in infectious endocarditis. *Eur Heart J*. 2014;35:624-32.
53. Leccisotti L, Perna F, Lago M, Leo M, Stefanelli A, Calcagni ML, et al. Cardiovascular implantable electronic device infection: delayed vs standard FDG PET-CT imaging. *J Nucl Cardiol*. 2014;21:622-32.
54. Adenaw N, Salerno M. PET/MRI: Current state of the art and future potential for cardiovascular applications. *J Nucl Cardiol*. 2013;20:976-89.
55. Knuuti J, Bengel F, Bax JJ, Kaufmann PA, Le Guludec D, Filardi PP, et al. Risks and benefits of cardiac imaging: an analysis of risks related to imaging for coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2014;35:633-8.
56. Wever-Pinzo O, Romero J, Kelesidis I, Wever-Pinzo J, Manrique C, Budge D, et al. Coronary computed tomography angiography for the detection of cardiac allograft vasculopathy: a meta-analysis of prospective trials. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:1992-2004.
57. Tanis W, Scholtens A, Habets J, Van den Brink RB, Van Herwerden LA, Chamuleau SA, et al. CT angiography and <sup>18</sup>F-FDG-PET fusion imaging for prosthetic heart valve endocarditis. *JACC Cardiovasc Img*. 2013;6:1008-13.
58. Hadamitzky M, Täubert S, Deseive S, Byrne RA, Martinoff S, Schömig A, et al. Prognostic value of coronary computed tomography angiography during 5 years of follow-up in patients with suspected coronary artery disease. *Eur Heart J*. 2013;34:3277-85.
59. Hadamitzky M, Achenbach S, Al-Mallah M, Berman D, Budoff M, Cademartiri F, et al. Optimized prognostic score for coronary computed tomographic angiography: results from the CONFIRM registry. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:468-76.
60. Puchner SB, Liu T, Mayrhofer T, Truong QA, Lee H, Fleg JL, et al. High-risk plaque detected on coronary CT angiography predicts acute coronary syndromes independent of significant stenosis in acute chest pain: results from the ROMICAT-II trial. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:684-92.
61. Bettencourt N, Chiribiri A, Schuster A, Ferreira N, Sampaio F, Pires-Morais G, et al. Direct comparison of cardiac magnetic resonance and multidetector computed tomography stress-rest perfusion imaging for detection of coronary artery disease. *J Am Coll Cardiol*. 2013;61:1099-107.
62. Rochitte CE, George RT, Chen MY, Arbab-Zadeh A, Dewey M, Miller JM, et al. Computed tomography angiography and perfusion to assess coronary artery stenosis causing perfusion defects by single photon emission computed tomography: the CORE320 study. *Eur Heart J*. 2014;35:1120-30.
63. Rief M, Zimmermann E, Stenzel F, Martus P, Stangl K, Greupner J, Knebel F, et al. Computed tomography angiography and myocardial computed tomography perfusion in patients with coronary stents: prospective intraindividual comparison with conventional coronary angiography. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:1476-85.
64. Nørgaard BL, Leipsic J, Gaur S, Seneviratne S, Ko BS, Ito H, et al. Diagnostic performance of noninvasive fractional flow reserve derived from coronary computed tomography angiography in suspected coronary artery disease: the NXT trial. *J Am Coll Cardiol*. 2014;63:1145-55.
65. Nieman K, Serruys PW, Onuma Y, van Geuns RJ, Garcia-Garcia HM, de Bruyne B, et al. Multislice computed tomography angiography for noninvasive assessment of the 18-month performance of a novel radiolucent bioresorbable vascular scaffolding device: the ABSORB trial. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:1813-4.
66. Kliner G, Jelnin V, Sharma S, Panagopoulos G, Einhorn BN, Kumar R, et al. CT angiography-fluoroscopy fusion imaging for percutaneous transapical access. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2014;7:169-77.
67. Fuchs TA, Stehli J, Bull S, Dougoud S, Clerc OF, Herzog BA, et al. Coronary computed tomography angiography with model-based iterative reconstruction using a radiation exposure similar to chest X-ray examination. *Eur Heart J*. 2014;35:1131-6.
68. Poveda F, Gil D, Martí E, Andaluz A, Ballester M, Carreras F. Estudio tractográfico de la anatomía helicoidal del miocardio ventricular mediante resonancia magnética por tensor de difusión. *Rev Esp Cardiol*. 2013;66:782-90.
69. Shah DJ, Kim HW, James O, Parker M, Wu E, Bonow RO, et al. Prevalence of regional myocardial thinning and relationship with myocardial scarring in patients with coronary artery disease. *JAMA*. 2013;309:909-18.
70. Izquierdo M, Ruiz-Granell R, Bonanad C, Chaustre F, Gomez C, Ferrero A, et al. Value of early cardiovascular magnetic resonance for the prediction of adverse arrhythmic cardiac events after a first noncomplicated ST-segment-elevation myocardial infarction. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2013;6:755-61.
71. Heer T, Reiter S, Hoffing B, Pilz G. Diagnostic performance of non-contrast-enhanced whole-heart magnetic resonance coronary angiography in combination with adenosine stress perfusion cardiac magnetic resonance imaging. *Am Heart J*. 2013;166:999-1009.
72. Lipinski MJ, McVey CM, Berger JS, Kramer CM, Salerno M. Prognostic value of stress cardiac magnetic resonance imaging in patients with known or suspected coronary artery disease: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:826-38.
73. Andreu D, Ortiz-Perez JT, Boussy T, Fernández-Armenta J, de Caralt TM, Perea RJ, et al. Usefulness of contrast-enhanced cardiac magnetic resonance in identifying the ventricular arrhythmia substrate and the approach needed for ablation. *Eur Heart J*. 2014;35:1316-26.
74. Fabregat-Andrés O, García-González P, Valle-Muñoz A, Estornell-Erill J, Pérez-Boscá L, Palanca-Gil V, et al. Beneficio clínico de la terapia de resincronización cardíaca con desfibrilador para pacientes con fracción de eyección > 35% por resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol*. 2014;67:107-13.
75. Kuruvilla S, Adenaw N, Katwal AB, Lipinski MJ, Kramer CM, Salerno M. Late gadolinium enhancement on cardiac magnetic resonance predicts adverse cardiovascular outcomes in nonischemic cardiomyopathy: a systematic review and meta-analysis. *Circ Cardiovasc Imaging*. 2014;7:250-8.
76. Te Riele AS, Bhonsale A, James CA, Rastegar N, Murray B, Burt JR, et al. Incremental value of cardiac magnetic resonance imaging in arrhythmic risk stratification of arrhythmogenic right ventricular dysplasia/cardiomyopathy-associated desmosomal mutation carriers. *J Am Coll Cardiol*. 2013;62:1761-9.
77. Barone-Rochette G, Pierard S, de Meester de Ravenstein C, Seldrum S, Melchior J, Maes F, et al. Prognostic significance of LGE by CMR in aortic stenosis patients undergoing valve replacement. *J Am Coll Cardiol*. 2014;64:144-54.