

Artículo original

## Diagnóstico etiológico de la disfunción ventricular izquierda con tomografía computarizada: comparación con coronariografía y cardiorresonancia

Jordi Estornell-Erill<sup>a,\*</sup>, Begoña Igual-Muñoz<sup>a</sup>, Jose Vicente Monmeneu-Menadas<sup>a</sup>, Carlos Soriano-Navarro<sup>b</sup>, Alfonso Valle-Muñoz<sup>c</sup>, Juan V. Vilar-Herrero<sup>d</sup>, Leandro Perez-Bosca<sup>d</sup>, Rafael Paya-Serrano<sup>d,e</sup>, Nieves Martinez-Alzamora<sup>f</sup> y Francisco Ridocci-Soriano<sup>d,e</sup>

<sup>a</sup> Unidad de Imagen Cardíaca, ERESA, Valencia, España

<sup>b</sup> Servicio de Cardiología, Hospital de Manises, Chiva, Valencia, España

<sup>c</sup> Servicio de Cardiología, Complejo Universitario Hospitalario de Albacete, Albacete, España

<sup>d</sup> Servicio de Cardiología, Consorcio Hospital General Universitario de Valencia, Valencia, España

<sup>e</sup> Departamento de Medicina, Universitat de València, Valencia, España

<sup>f</sup> Departamento de Estadística e Investigación Operativa Aplicadas y Calidad, ETS Ingeniería, Universitat Politècnica de Valencia, Valencia, España

### Historia del artículo:

Recibido el 31 de mayo de 2011

Aceptado el 11 de julio de 2011

On-line el 10 de noviembre de 2011

### Palabras clave:

Coronariografía

Tomografía computarizada con multidetectores

Resonancia magnética cardíaca

### RESUMEN

**Introducción y objetivos:** Evaluar la capacidad de la tomografía computarizada con multidetectores en el diagnóstico de la disfunción ventricular izquierda de origen coronario y valorar su exactitud diagnóstica comparándola con la combinación de coronariografía invasiva y resonancia magnética.

**Métodos:** Se estudió a 40 pacientes consecutivos con disfunción ventricular izquierda de origen no filiado mediante coronariografía invasiva y resonancia con contraste. A todos ellos se les realizó además un estudio de tomografía computarizada con multidetectores incluyendo presencia de calcio coronario y su cuantificación, coronariografía y valoración tisular del miocardio.

**Resultados:** La sensibilidad y la especificidad de la presencia de calcio coronario para identificar la disfunción ventricular izquierda de origen coronario fueron del 100 y el 31% respectivamente. Si se considera un score de calcio por Agatston > 100, la especificidad sube al 58% manteniendo la sensibilidad del 100%. Los valores de sensibilidad y especificidad de la coronariografía por tomografía computarizada con multidetectores fueron del 100 y el 96% respectivamente; para la identificación de áreas de necrosis en la adquisición precoz, del 57 y el 100% y en la adquisición tardía, del 84 y el 96%. Para identificar a los pacientes coronarios con necrosis, la sensibilidad y la especificidad fueron del 92 y el 100% respectivamente.

**Conclusiones:** De todas las herramientas diagnósticas disponibles en tomografía computarizada con multidetectores, la coronariografía es la que muestra mayor exactitud diagnóstica para determinar el origen coronario de la disfunción ventricular. La combinación del estudio coronariográfico y el estudio tisular del miocardio tras el contraste permite obtener en un solo examen información similar a la de la combinación de cateterismo y resonancia con contraste.

© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Publicado por Elsevier España, S.L. Todos los derechos reservados.

## Etiological Diagnosis of Left Ventricular Dysfunction: Computed Tomography Compared With Coronary Angiography and Cardiac Magnetic Resonance

### ABSTRACT

**Introduction and objectives:** To evaluate the capability of multidetector computed tomography to diagnose the coronary etiology of left ventricular dysfunction compared with using invasive coronary angiography and magnetic resonance.

**Methods:** Forty consecutive patients with left ventricular dysfunction of uncertain etiology underwent invasive coronary angiography and contrast magnetic resonance. All patients were evaluated with multidetector computed tomography including coronary calcium presence and score, noninvasive coronary angiography, and myocardial tissue assessment.

**Results:** The sensitivity and specificity of the presence of coronary calcium to identify left ventricular dysfunction was 100% and 31%, respectively. If an Agatston calcium score of >100 is taken, specificity increases to 58% with sensitivity still 100%. Sensitivity and specificity for coronary angiography by multidetector computed tomography was 100% and 96%, respectively; for identifying necrosis in contrast acquisition it was 57% and 100%, respectively; and in late acquisition, 84% and 96%, respectively. To identify coronary ventricular dysfunction with necrosis, the sensitivity and specificity was 92% and 100%, respectively.

### Keywords:

Coronary angiography

Multidetector computed tomography

Cardiac magnetic resonance

### VÉASE CONTENIDO RELACIONADO:

DOI: 10.1016/j.recesp.2012.01.020, Rev Esp Cardiol. 2012;65:501-3.

\* Autor para correspondencia: Unidad de Imagen Cardíaca, ERESA, Consorcio Hospital General Universitario de Valencia, Avda. Tres Cruces 2, 46014 Valencia, España. Correo electrónico: jestornell@eres.com (J. Estornell-Erill).

**Conclusions:** Of all the diagnostic tools available in multidetector computed tomography, coronary angiography is the most accurate in determining the coronary origin of left ventricular dysfunction. A combination of coronary angiography and myocardial tissue study after contrast allows a single test to obtain similar information compared with the combination of invasive coronary angiography and contrast magnetic resonance.

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

© 2011 Sociedad Española de Cardiología. Published by Elsevier España, S.L. All rights reserved.

### Abreviaturas

DSVI: disfunción sistólica ventricular izquierda  
 RMC: resonancia magnética cardiaca  
 RTG: realce tardío de gadolinio  
 RTY: realce tardío de yodo  
 TCMD: tomografía computarizada con multidetectores

## INTRODUCCIÓN

Dada la alta prevalencia de enfermedad coronaria (EC) entre los pacientes con insuficiencia cardiaca (IC) y disfunción sistólica ventricular izquierda (DSVI), el estudio etiológico debe excluir EC subyacente<sup>1</sup>. La IC asociada a miocardiopatía dilatada o a miocardiopatía isquémica (MI) pueden ser clínicamente indistinguibles, especialmente en los pacientes sin síntomas de angina ni ondas Q de necrosis en el electrocardiograma (ECG) o con bloqueo completo de rama izquierda del haz de His en el ECG que impidan su identificación<sup>2</sup>. El diagnóstico definitivo de MI se basa en la demostración de EC obstructiva mediante coronariografía que aunque tiene un riesgo bajo de complicaciones, pueden ser serias<sup>3</sup>, por lo que puede ser preferible una aproximación no invasiva al diagnóstico de EC, sobre todo en pacientes sin síntomas isquémicos ni antecedentes de infarto de miocardio previo.

La mayoría de las aproximaciones no invasivas en el diagnóstico etiológico de la miocardiopatía subyacente en pacientes con IC y DSVI, como la ecocardiografía o los estudios de medicina nuclear, no permiten obviar la necesidad de realizar coronariografía en estos pacientes. Así, los estudios de medicina nuclear, aunque muestran una sensibilidad aceptable, especialmente si se combinan estudios de perfusión y contractilidad de estrés, su especificidad es muy baja<sup>4</sup>. Del mismo modo, los estudios de ecocardiografía Doppler para detectar anomalías de la contractilidad segmentaria muestran una sensibilidad similar que los estudios de medicina nuclear, con mejor especificidad, especialmente si se emplea dobutamina<sup>5,6</sup>. Sin embargo, el bloqueo de rama izquierda, hallazgo bastante habitual, asociado a movimiento anómalo septal limita su uso habitual.

La resonancia magnética cardiaca (RMC) permite combinar el estudio de la función contráctil total y segmentaria (como en ecocardiografía Doppler y medicina nuclear) y la perfusión miocárdica (como la medicina nuclear). Además, las adquisiciones tardías tras la administración del contraste permiten visualizar segmentos miocárdicos con zonas de necrosis. La detección de estas mediante el realce tardío de gadolinio (RTG) ha demostrado una excelente precisión diagnóstica para identificar a pacientes con IC y EC subyacente, incluso en pacientes con *a priori* baja probabilidad de cardiopatía isquémica<sup>7,8</sup>.

Existen pocos estudios que hayan valorado la exactitud diagnóstica de la tomografía computarizada en pacientes con DSVI, ya sea mediante la identificación de calcificaciones coronarias<sup>9,10</sup>, la detección de lesiones coronarias<sup>11-14</sup> o la

detección de áreas de necrosis de forma similar a la RMC pero utilizando compuestos yodados como agentes de contraste<sup>14</sup>. Sin embargo, hasta ahora, ningún trabajo ha valorado la rentabilidad diagnóstica de todas estas herramientas en un mismo grupo de enfermos.

Los objetivos de este trabajo son determinar el valor diagnóstico individual de cada una de las herramientas disponibles en tomografía computarizada con multidetectores (TCMD) para identificar la DSVI de origen coronario (detección de calcio coronario, identificación de lesiones coronarias significativas y detección de áreas de necrosis) y valorar la exactitud diagnóstica de la combinación de la coronariografía y la detección de necrosis en el mismo examen mediante TCMD para identificar a los pacientes con DSVI de origen coronario, tomando como referencia la coronariografía invasiva y la detección de necrosis con RMC.

## MÉTODOS

En este estudio prospectivo se incluyó a 40 pacientes (24 varones y 16 mujeres) con una media de edad de 61 (39-85) años y diagnóstico reciente de IC con confirmación ecocardiográfica de DSVI (fracción de eyección < 40%) y dilatación del ventrículo izquierdo (diámetro telediastólico > percentil 95% en función de la superficie corporal) de origen no filiado. Sólo se incluyó a los pacientes sin EC conocida ni sospechada por clínica, ondas Q de necrosis en ECG o datos de laboratorio (elevación significativa de marcadores biológicos de necrosis miocárdica). También se excluyó a los pacientes con otras causas de miocardiopatía: miocardiopatía infiltrativa, miocardiopatía hipertrófica, miocarditis o valvulopatía significativa. Todos los pacientes estaban en ritmo sinusal y hemodinámicamente estables.

Se excluyó a los pacientes con contraindicación formal para la administración de contraste yodado: antecedentes de alergia al contraste yodado o insuficiencia renal crónica (creatinina sérica > 1,5 mg/dl) o para la realización de la resonancia magnética: claustrofobia intensa, *clips* cerebrales, marcapasos o desfibrilador.

El estudio fue aprobado por el comité ético de nuestro centro y todos los pacientes otorgaron su consentimiento informado por escrito.

## Resonancia magnética cardiaca

Se empleó un imán de 1,5 T (Magnetom Sonata®; Siemens, Erlangen, Alemania). Las secuencias de cine se obtuvieron con sincronía cardiaca y en apnea utilizando secuencias de precesión libre en estado estacionario (*steady-state free precession* [SSFP]) en ejes largos (2, 3 y 4 cámaras) y en ejes cortos (grosor de corte, 8 mm; separación entre cortes, 2 mm) cubriendo desde anillo mitral hasta ápex. Se empleó como agente de contraste gadobenato de dimeglumina 0,5 M (0,15 mmol/kg) administrado en vena periférica.

Para el estudio de perfusión se empleó una secuencia SSFP con sincronía cardíaca obteniendo al menos cuatro cortes en eje corto y uno en eje largo. Las imágenes para el estudio del RTG se obtuvieron empleando secuencias de eco de gradiente 2D y 3D (*turbo-FLASH: fast low angle shot*) con pulso de inversión-recuperación a los 8-10 min tras la administración del contraste para obtener, al igual que para el estudio funcional, cortes en eje corto y eje largo. El tiempo de inversión para anular la señal del miocardio y detectar las áreas con RTG se ajustó en función del tiempo transcurrido. Opcionalmente se emplearon además secuencias SSFP.

Para el análisis del RTG se empleó el modelo de segmentación miocárdica estandarizado de 17 segmentos<sup>15</sup>.

Los patrones de RTG que se analizaron fueron: a) ausencia de RTG; b) RTG intramiocárdico lineal o focal (fibrosis), y c) RTG subendocárdico o transmural (necrosis).

### Tomografía computarizada con multidetectores

Se empleó un tomógrafo de 64 detectores con un tiempo de rotación completa de 330 ms (LightSpeed VCT<sup>®</sup>, GE; Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos) obteniendo 64 cortes, con grosor de 0,625 mm y cobertura de 40 mm por rotación, lo que permite adquirir un volumen que incluye el corazón en un tiempo medio de apnea de 6 s.

El estudio de las calcificaciones coronarias se realizó en vacío (sin contraste) con sincronía cardíaca (grosor de corte, 2,5 mm; 120 kV y 430 mA).

Para el estudio coronariográfico se empleó contraste yodado no iónico (Iomeron<sup>®</sup> 400, Bracco, Italia), adaptando el volumen al peso del paciente, inyectado en la vena antecubital con una velocidad de infusión de 5 ml/s e iniciando la adquisición con la llegada del contraste a la aorta ascendente. En general se emplearon 70 ml para pacientes con peso < 70 kg y hasta 120 ml para aquellos con peso > 70 kg.

La adquisición se realizó de forma sincronizada con el ECG utilizando entre 100 y 120 kV y hasta 750 mA de corriente efectiva en función de la superficie corporal. Se empleó, además, modulación de dosis de radiación (dosis de radiación máxima en fases diastólicas y reducción en la sístole).

Pese a que la mayoría de los pacientes estaban en tratamiento crónico con bloqueadores beta, se administró una dosis adicional de 1-2,5 mg de atenolol intravenoso a 12 pacientes por presentar frecuencias cardíacas > 65 lat/min antes del inicio de la prueba.

Tras la adquisición, se reconstruyeron de forma retrospectiva, utilizando un algoritmo segmentado (resolución temporal, 165 ms), las fases del ciclo cardíaco (de 0 al 90% con incrementos sucesivos del 10%), con el fin de obtener las reconstrucciones en la fase con menor artefacto de movimiento cardíaco. El análisis de las imágenes se realizó en una estación de trabajo (Advantage Work Station 4,3<sup>®</sup>, General Electric Medical System, Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos) con un *software* específico para el estudio cardíaco. Para el estudio coronario se emplearon reconstrucciones MPR (*multiplane reformat*) curvo, MIP (*maximum intensity projection*) y 3D-VR (*volume rendering*). Se empleó el modelo de segmentación coronaria estándar de 16 segmentos estandarizado<sup>16</sup>.

A partir de la adquisición con contraste que se utiliza para reconstruir el árbol coronario, se reconstruyeron imágenes en ejes largos (2, 3 y 4 cámaras) y eje corto (de base a ápex) en fases sistólicas y diastólicas para identificar áreas miocárdicas con hipotenuación de señal (zonas de necrosis) utilizando el mismo modelo de segmentación miocárdica que en la RMC<sup>15</sup>.

De 8 a 10 min tras la administración de contraste, se repitió la adquisición (mismo volumen) para valorar áreas miocárdicas que

presenten realce tardío de yodo (RTY). Para esta adquisición se utilizó un voltaje menor (80 kV), con sincronía cardíaca y reduciendo la corriente efectiva a una diástole más corta con el fin de lograr una mejor relación señal/ruido y disminuir la dosis efectiva de radiación. Se reconstruyeron imágenes en ejes largos (2, 3 y 4 cámaras) y eje corto (de base a ápex) con grosor de corte de al menos 8 mm, utilizando una ventana de tejidos blandos y utilizando la misma segmentación miocárdica descrita<sup>15</sup>.

Un evaluador experimentado analizó todos los estudios. La dosis media estimada de radiación de todo el protocolo fue de  $1.462 \pm 274$  mGy/cm ( $25 \pm 5$  mSv) aplicando el coeficiente de conversión para el tórax ( $\times 0,017$ ).

### Coronariografía invasiva

Se realizó tras el estudio con TCMD y RMC (intervalo medio,  $22 \pm 10$  días) con un equipo Coroskop Plus/TOP<sup>®</sup> (Siemens, Múnich, Alemania) mediante una punción de la arteria femoral y cateterización selectiva coronaria y realizando las proyecciones angiográficas habituales. El análisis de las imágenes fue realizado por el hemodinamista responsable del procedimiento y se determinó visualmente la presencia de lesiones en los vasos, de la misma manera que con la TCMD empleando el mismo modelo de segmentación coronaria<sup>16</sup>.

### Definición de miocardiopatía isquémica

Para el diagnóstico de DSVI isquémica (de origen coronario) se consideraron como referencia los resultados de la coronariografía invasiva cuando cumplían los criterios establecidos por Felker et al<sup>17</sup>: lesión de tronco común de la coronaria izquierda o del segmento proximal de la descendente anterior > 75% o lesión > 75% en dos o tres vasos.

### Diagnóstico de disfunción sistólica ventricular izquierda de origen coronario por tomografía computarizada

Se evaluaron las siguientes posibilidades de diagnóstico de EC mediante TCMD comparándolas con el diagnóstico de DSVI coronaria según los resultados de la coronariografía invasiva: la presencia de calcificación coronaria (como marcador indirecto de lesión coronaria significativa), la identificación de lesiones coronarias significativas que cumplían los criterios de Felker et al<sup>17</sup> (con contraste), la identificación de áreas de necrosis en la misma adquisición que las coronarias como áreas de hipotenuación de señal en el miocardio y la identificación de áreas de necrosis en la adquisición tardía mediante la presencia de yodo en el miocardio (RTY).

Por otro lado, según los resultados combinados de la coronariografía-TCMD y del RTY, se establecieron cuatro grupos:

- Grupo 1: pacientes que cumplen criterios coronariográficos de disfunción ventricular sistólica isquémica y que presentan RTY subendocárdico o transmural (necrosis).
- Grupo 2: pacientes que no cumplen criterios coronariográficos de DSVI y no presentan RTY subendocárdico o transmural aunque puedan presentar RTY intramiocárdico lineal o focal (fibrosis).
- Grupo 3: pacientes que no cumplen criterios coronariográficos de DSVI y presentan RTY subendocárdico o transmural (necrosis).
- Grupo 4: pacientes que cumplen criterios coronariográficos de DSVI y no presentan RTY subendocárdico o transmural.

Estos cuatro grupos se compararon con los mismos cuatro grupos establecidos por la información obtenida de la coronariografía invasiva y del RTG-RMC.

**Tabla 1**  
Características de la población del estudio (n=40)

Edad (años)	61; 65,7 ± 10,1
Sexo, n (%)	
Varones	24 (60)
Mujeres	16 (40)
FRCV (%)	
Hábito tabáquico	43
Hipertensión	55
Dislipemia	33
Diabetes mellitus	30
SC	1,9 (1,4-2,3)
ECG	
BRIHH (%)	48
Ecocardiografía	
DTDVI (mm)	65 ± 7 (56-79)
DTSVI (mm)	55 ± 9 (37-74)
FEVI (%)	28 ± 8 (15-40)
Asincronía (%)	43
CF NYHA, n/N (%)	
I	3/40 (7)
II	19/40 (48)
III	15/40 (38)
IV	3/40 (7)
Cateterismo	
TCI, ADA prox., ≥ 2 vasos > 75%, n/N (%)	14/40 (35)
RMC	
VTDVI (ml/m <sup>2</sup> )	139 (100-255)
VTSVI (ml/m <sup>2</sup> )	103 (51-210)
FEVI (%)	27 (10-40)

ADA: arteria descendente anterior; BRIHH: bloqueo de rama izquierda del haz de His; CF: clase funcional; DTDVI: diámetro telediastólico del ventrículo izquierdo; DTSVI: diámetro telesistólico del ventrículo izquierdo; ECG: electrocardiograma; FEVI: fracción de eyección del ventrículo izquierdo; FRCV: factores de riesgo cardiovascular; NYHA: *New York Heart Association*; RMC: resonancia magnética cardíaca; SC: superficie corporal; TCI: tronco coronario izquierdo; VTDVI: volumen telediastólico del ventrículo izquierdo; VTSVI: volumen telesistólico del ventrículo izquierdo.

## Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó mediante el paquete de *software* estadístico para ciencias sociales (SPSS v. 17.0 para Windows, SPSS Inc., Chicago, Illinois, Estados Unidos).

Mediante el test de Kolmogorov-Smirnov, se comprobó la normalidad en la distribución de las variables cuantitativas. Todas las variables continuas y normales se expresaron como media ± desviación estándar y el resto, como porcentajes.

Para determinar la exactitud diagnóstica de la TCMD en el diagnóstico de la DSVI, se utilizó una tabla de contingencia de 2 × 2, tomando como estándar la coronariografía invasiva convencional. Se obtuvieron estimaciones puntuales para la sensibilidad, la especificidad y la exactitud diagnóstica de la prueba utilizando los métodos habituales para la inferencia sobre proporciones<sup>18</sup>.

**Tabla 2**  
Valores diagnósticos de los diferentes recursos de la tomografía computarizada con multidetectores

	VP	VN	FP	FN	Sensibilidad	Especificidad	VPP	VPN
Calcio coronario	14	8	18	0	100 (96-100)	31 (11-50)	44 (25-62)	100 (94-100)
Score calcio > 100	14	15	11	0	100 (96-100)	58 (37-79)	56 (35-77)	100 (97-100)
Coronariografía	14	25	1	0	100 (96-100)	96 (87-100)	93 (77-100)	100 (98-100)
Hipoatenuación	8	26	0	6	57 (28-87)	100 (98-100)	100 (94-100)	81 (66-96)
Realce tardío de yodo	12	25	1	2	86 (64-100)	96 (87-100)	92 (74-100)	93 (81-100)

FN: falsos negativos; FP: falsos positivos; VN: verdaderos negativos; VP: verdaderos positivos; VPN: valor predictivo negativo; VPP: valor predictivo positivo. Se presentan los valores diagnósticos en porcentaje y entre paréntesis el intervalo confianza del 95%.

Del mismo modo, se compararon los cuatro grupos establecidos según los resultados de la coronariografía invasiva y del RTG-RM con los cuatro grupos establecidos mediante resultados de la coronariografía-TCMD y RTY-TCMD.

Finalmente, se analizó la concordancia entre los dos observadores experimentados mediante el índice kappa de Cohen para la clasificación por grupos.

## RESULTADOS

La **tabla 1** muestra las características de la población estudiada.

En los 40 pacientes se completaron todas las exploraciones, y todos los estudios de TCMD fueron interpretables. Se clasificó al 35% (14/40) como DSVI isquémica por cumplir los criterios coronariográficos de Felker et al<sup>17</sup> en la coronariografía invasiva.

Se obtuvieron unos valores de sensibilidad y especificidad para la presencia de calcio coronario en la identificación de la DSVI coronaria del 100 y el 31% respectivamente. Si se considera un score de calcio por Agatston > 100, la especificidad sube al 58% manteniendo la sensibilidad del 100%.

Los valores de sensibilidad y especificidad de la coronariografía por TCMD para identificar la DSVI coronaria fueron del 100 y el 96% respectivamente, mientras que para la identificación de áreas de necrosis mediante la hipoatenuación de señal en la adquisición precoz, fueron del 57 y el 100% y mediante el RTY en la adquisición tardía, del 84 y el 96%.

La **tabla 2** resume estos resultados.

Comparando los grupos establecidos por TCMD (coronariografía-TCMD y RTY-TCMD) con los determinados por coronariografía invasiva-RTG-RMC (**tabla 3**), se identificó correctamente a 12 de los 13 pacientes del grupo 1 ( $\kappa = 0,94$ ;  $p < 0,001$ ), 24 de los 25 del grupo 2 ( $\kappa = 0,95$ ;  $p < 0,001$ ) y el único paciente del grupo 3. Se clasificó incorrectamente a 2 de los 3 pacientes incluidos en el grupo 4 ( $\kappa = 0,48$ ;  $p < 0,001$ ). Es decir, todos los pacientes «isquémicos» por cumplir criterios coronariográficos con necrosis o el único paciente con necrosis pero sin cumplir criterios coronariográficos (lo que podríamos denominar «isquémico no reconocido») fueron identificados correctamente por TCMD. La TCMD identificó erróneamente a 2 pacientes en el grupo 4 (con criterios coronariográficos pero sin necrosis). De estos 2 casos, 1 cumplía criterios coronariográficos de DSVI coronaria pero no se identificó la necrosis por TCMD, y en el otro se sobrestimó la gravedad de las lesiones coronarias por intensa calcificación (**tabla 3**). La sensibilidad y la especificidad para identificar a los pacientes isquémicos por coronariografía no invasiva y con necrosis (grupo 1) fueron del 92% (intervalo de confianza del 95% [IC95%], 74-100%) y el 100% (IC95%, 88-100%) (**fig. 1**), y para todos los pacientes coronarios por coronariografía no invasiva con o sin necrosis (grupos 1 y 4), del 100% (IC95%, 96-100%) y el 96% (IC95%, 87-100%) respectivamente. El único paciente «isquémico no reconocido», es decir, sin lesiones coronarias pero con necrosis, fue correctamente identificado por ambas técnicas (**fig. 2**).

**Tabla 3**

Clasificación de pacientes con disfunción ventricular izquierda según los datos coronariográficos y la detección de necrosis

DSVI TCMD	DSVI cateterismo y RMC				Total
	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	
Grupo 1	12	0	0	0	12
Grupo 2	0	24	0	0	24
Grupo 3	0	0	1	0	1
Grupo 4	1*	1*	0	1	3
Total	13	25	1	1	40

DSVI: disfunción sistólica ventricular izquierda; RMC: resonancia magnética cardiaca; TCMD: tomografía computarizada con multidetectores.

Grupo 1: pacientes «isquémicos» por cumplir criterios coronariográficos y con necrosis; Grupo 2: pacientes «no isquémicos» por no cumplir criterios coronariográficos y sin necrosis; Grupo 3: el único paciente «no isquémico» que no cumplía criterios coronariográficos pero tenía necrosis, correctamente identificado por ambas técnicas; Grupo 4: pacientes «isquémicos» por cumplir criterios coronariográficos y sin necrosis.

\*Falsos positivos por TCMD.

Seis pacientes del grupo 2 mostraron RTG intramiocárdico compatible con fibrosis y todos ellos fueron identificados mediante el RTY (fig. 3).

Se analizó la concordancia entre dos observadores experimentados, y se obtuvieron unos valores excelentes ( $\kappa = 0,77$  en la identificación de pacientes con DSVI de etiología coronaria con

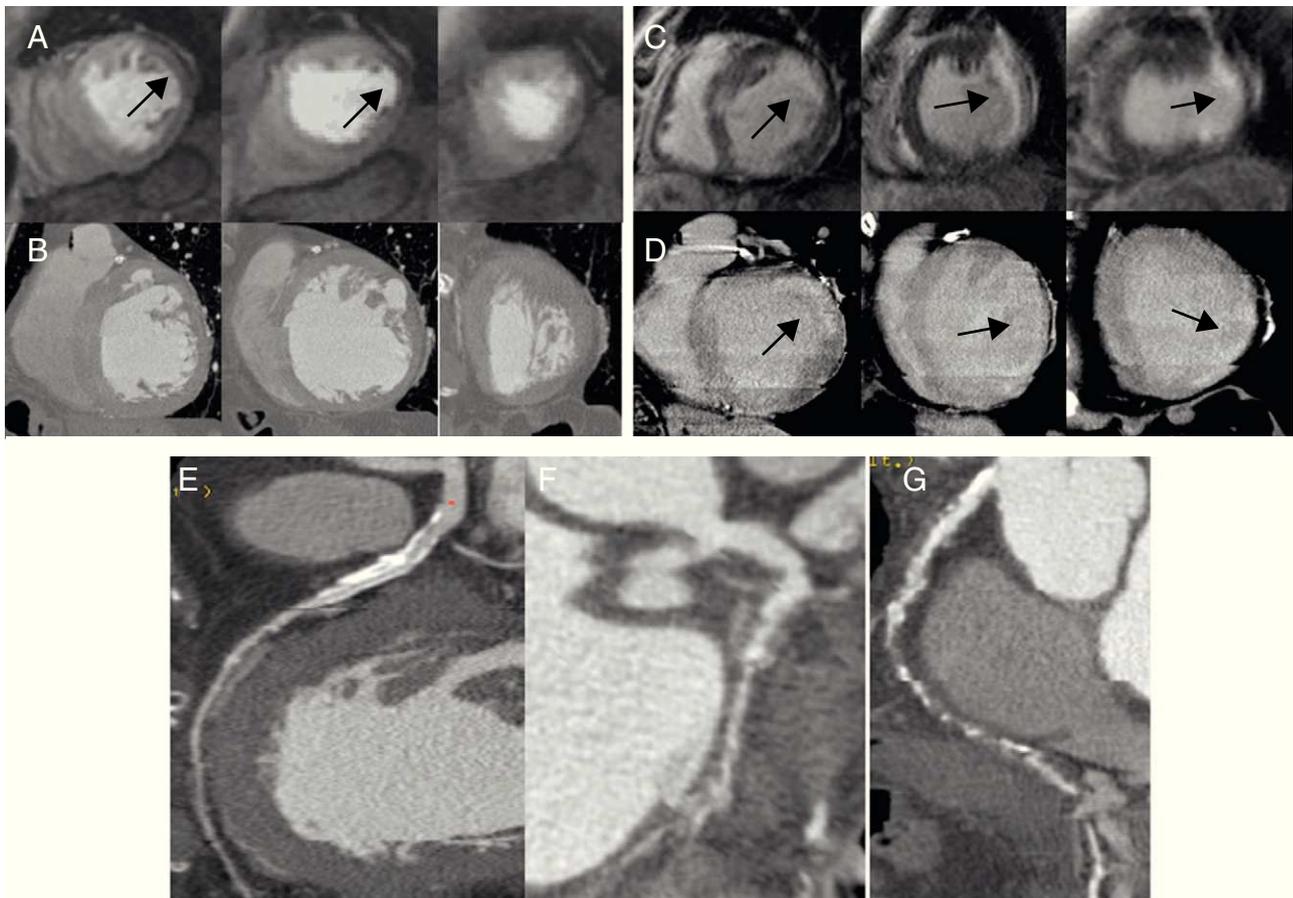
necrosis [grupo 1] y  $\kappa = 0,89$  en la identificación de los pacientes con DSVI de etiología coronaria con y sin necrosis [grupos 1 y 4]).

**DISCUSIÓN**

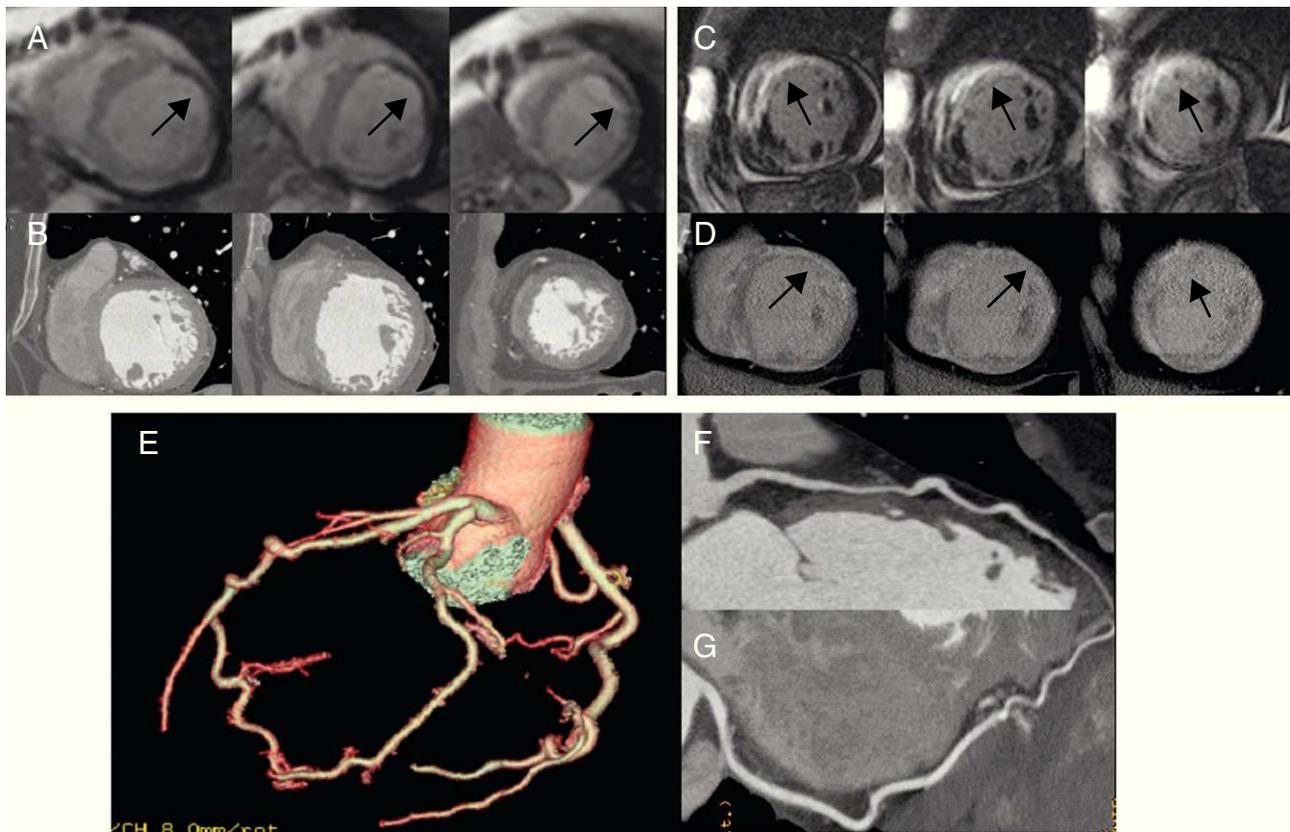
En este trabajo evaluamos, por primera vez en la literatura, la eficacia diagnóstica de todas las herramientas diagnósticas disponibles con TCMD para filiar la etiología coronaria de la DSVI en un mismo grupo de pacientes.

En los últimos años se ha publicado por separado el valor diagnóstico del calcio coronario y de la coronariografía y sólo en un trabajo la combinación de la coronariografía y caracterización tisular mediante el RTY.

Así, un trabajo publicado hace más de 10 años valoró la capacidad diagnóstica del calcio coronario para identificar la DSVI de origen coronario, ya que es un marcador de aterosclerosis coronaria<sup>9</sup>. Los autores refieren una sensibilidad del 99% y una especificidad del 83%, aumentando el valor de esta última proporcionalmente al score que se considere hasta llegar al 100% si se establece un punto de corte > 220 por Agatston. Otro estudio más reciente ha demostrado que un score de calcio coronario de cero excluye la posibilidad de EC que justifique la DSVI<sup>10</sup>. En nuestro estudio obtenemos una sensibilidad del 100%, es decir, todos los pacientes con DSVI isquémica presentaban calcificaciones coronarias, aunque con una especificidad muy baja, que mejora algo si ponemos como punto de corte un score de calcio > 100, que



**Figura 1.** Paciente del grupo 1: lesiones significativas en arteria circunfleja (F) y oclusión de la coronaria derecha (G) además de lesión calcificada, moderada en la descendente anterior media (E). Defecto de perfusión de primer paso (flechas) en la resonancia magnética cardiaca (A) sin que se detecten zonas de hipotenuación en la tomografía computarizada con multidetectores (B). Realce tardío de gadolinio en segmentos laterales (flechas) (C) y su correspondencia en forma de realce tardío de yodo en la tomografía computarizada con multidetectores (D).



**Figura 2.** Paciente del grupo 3: sin lesiones coronarias (E-G). Presenta defecto de perfusión en el primer paso (flechas) en la resonancia magnética cardiaca (A) sin que se detecte hipoafluencia en la tomografía computarizada con multidetectores (B) y con necrosis extensa (flechas) en la resonancia magnética cardiaca (C) y su correspondencia en la tomografía computarizada con multidetectores (D).

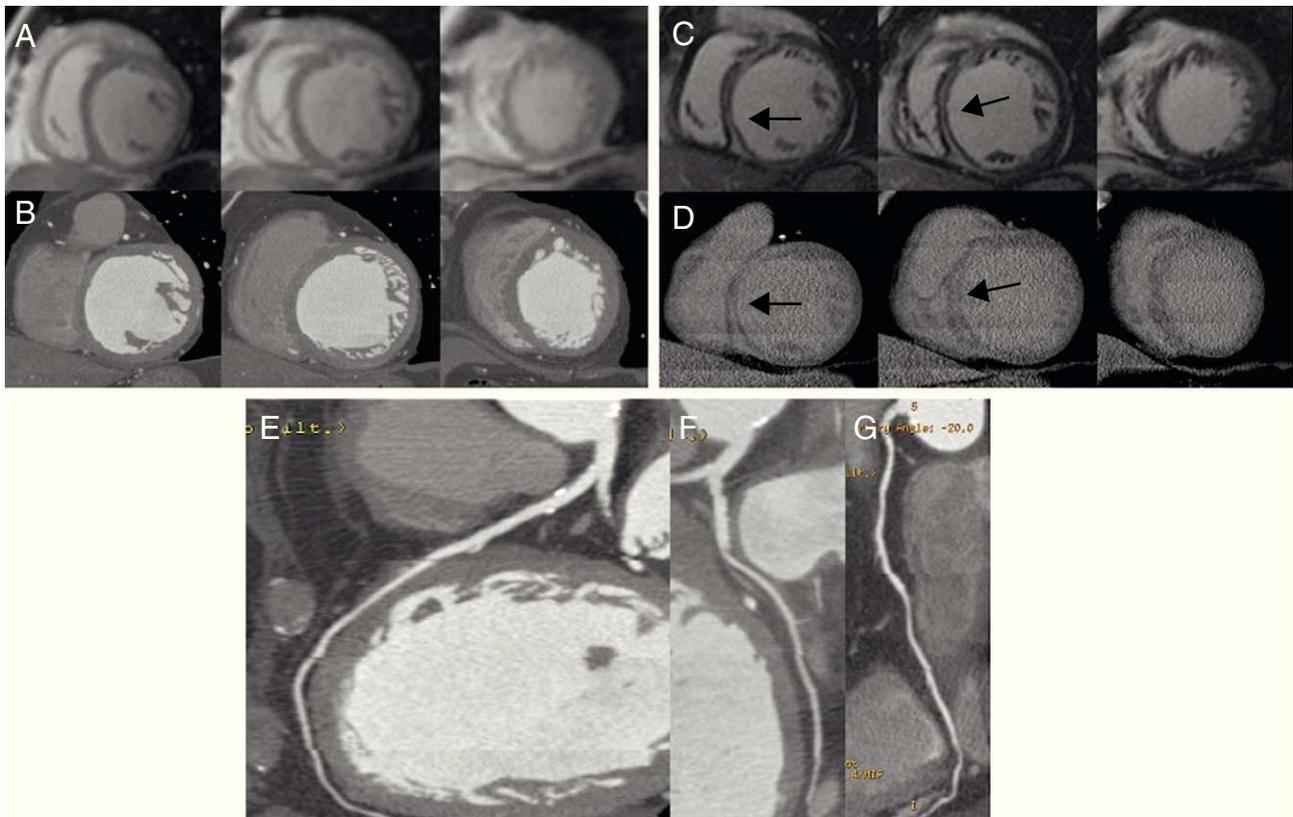
identifica al menos una aterosclerosis coronaria moderada. Con esta simple exploración que no requiere contraste y poca radiación, podríamos descartar como de origen coronario a los pacientes con disfunción ventricular que no presenten calcificaciones coronarias, aunque su presencia no asegure que vayamos a encontrar lesiones coronarias que justifiquen la DSVI.

Un pequeño número de trabajos han valorado la coronariografía por TCMD en el diagnóstico etiológico de la disfunción ventricular comparándola con la coronariografía invasiva, ya sea en un análisis por segmento coronario y/o por paciente. Estos trabajos, que incluyen en total a 357 pacientes con disfunción ventricular, muestran unos valores para la sensibilidad entre el 98 y el 100% y para la especificidad, entre el 92 y el 99%, similares a los obtenidos en población sin DSVI<sup>11-14</sup>. Nuestro trabajo obtiene también unos valores diagnósticos excelentes (sensibilidad, 100%; especificidad, 96%), con la peculiaridad de que se asegura que las lesiones coronarias detectadas justifiquen la disfunción ventricular izquierda (cumplen los criterios de Felker et al<sup>17</sup>).

El empleo del RTG-RMC en el estudio etiológico de la disfunción ventricular ha demostrado que existe un porcentaje de pacientes, entre el 10 y el 15% según trabajos, que presentan necrosis con coronarias sin lesiones significativas en el cateterismo<sup>7,8,19,20</sup>. Estos pacientes, que serían etiquetados como «no isquémicos» por la información coronariográfica, sin embargo presentan un pronóstico similar al de los «isquémicos» que sí cumplen los criterios coronariográficos de Felker et al, como ha demostrado nuestro grupo<sup>21</sup>. Estudios experimentales con tomografía computarizada realizados en el contexto de infartos agudos han demostrado que el contraste yodado presenta una cinética similar a la del gadolinio, y puede identificar las zonas del infarto como áreas con hipoafluencia de señal en la adquisición precoz con contraste o mediante

el realce tardío del contraste en una adquisición tardía, habitualmente 10 min después de su administración<sup>22</sup>. Estudios en humanos han confirmado la buena correlación existente entre la resonancia magnética y la tomografía computarizada para detectar las zonas con infarto tanto en la adquisición precoz como en la tardía<sup>23,24</sup>.

Un solo estudio publicado ha valorado en pacientes con DSVI la combinación de la coronariografía y la presencia de necrosis por tomografía computarizada comparándola con la coronariografía invasiva y el RTG-RMC<sup>14</sup>, obteniendo como en nuestro trabajo una excelente concordancia. En este trabajo sobre una muestra de 71 pacientes hubo dos falsos negativos (uno con fibrosis y otro con necrosis) atribuidos a la mala calidad del estudio y tres falsos positivos al detectar RTY con patrón de necrosis que no se confirmó con el RTG-RMC, que los autores atribuyeron a artefactos por estructuras óseas adyacentes y/o movimiento. En nuestro estudio sólo tuvimos un falso negativo en el grupo 1 al identificar correctamente las lesiones coronarias pero no las áreas de necrosis y un falso positivo en el grupo 4 al sobrestimar la gravedad de las lesiones coronarias, que sirven para demostrar las limitaciones potenciales de la TCMD. La primera, bien conocida, es sobrestimar lesiones coronarias en presencia de calcificación extensa. La segunda, parte de una limitación técnica, y es que, aunque la cinética del yodo es similar a la del gadolinio, no es posible anular la señal del miocardio como en la RMC mediante un pulso de inversión, lo que dificulta la identificación de las zonas de necrosis, especialmente las de pequeño tamaño. Curiosamente, se detectaron correctamente todas las zonas de fibrosis intramiocárdicas mediante TCMD, posiblemente debido a la buena relación señal/ruido que se consigue porque estas zonas del septo quedan aisladas del contraste intraventricular.



**Figura 3.** Paciente del grupo 2: sin lesiones coronarias significativas (E-G) sin defectos de perfusión en la resonancia magnética cardiaca (A) ni zonas de hipotenuación en la tomografía computarizada con multidetectores (B) y con fibrosis septal (flechas) en la resonancia magnética cardiaca (C) y su correspondencia en la tomografía computarizada con multidetectores (D), pero sin necrosis.

### Limitaciones

Los resultados de este trabajo deben interpretarse considerando que se trata de una muestra reducida y seleccionada de pacientes, por cuanto el equipo utilizado de 64 detectores limita su empleo en casos de frecuencias cardiacas elevadas y arritmias. Actualmente están disponibles dispositivos con mayor número de detectores, que permiten realizar estudios interpretables en pacientes con frecuencias cardiacas elevadas e incluso en fibrilación auricular, así como mejoras en los detectores o tomógrafos de doble fuente que permiten una mejor caracterización tisular.

### CONCLUSIONES

La TCMD a través de todos sus recursos permite identificar la etiología isquémica de la DSVI; la coronariografía-TCMD es la que muestra mayor exactitud diagnóstica cuando se la compara con el cateterismo. Si se añade la información tisular que ofrece la TCMD, nuestros resultados indican que es posible utilizar la TCMD como alternativa a la aproximación diagnóstica habitual con el uso del cateterismo y la resonancia con contraste.

### FINANCIACIÓN

Este trabajo ha sido financiado en parte por la beca de la Fundación Española del Corazón y Fuente Liviana 2009 de la Sociedad Española de Cardiología. F. Ridocci ha recibido una ayuda del Instituto de Salud Carlos III Programa Intensificación Actividad Investigadora 2010.

### CONFLICTO DE INTERESES

Ninguno.

### BIBLIOGRAFÍA

- Dickstein K, Cohen-Solal A, Filippatos G, McMurray JJ, Ponikowski P, Poole-Wilson PA, et al. ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure. *Eur Heart J*. 2008;29:2388-442.
- Gunnarsson G, Eriksson P, Dellborg M. ECG criteria in diagnosis of acute myocardial infarction in the presence of left bundle branch block. *Int J Cardiol*. 2001;78:167-74.
- Bashore TM, Bates ER, Berger PB, Clark DA, Cusma JT, Dehmer GJ, et al. Cardiology/Society for Cardiac Angiography and Interventions. Clinical Expert Consensus Document on cardiac catheterization laboratory standards. A report of the American College of Cardiology Task Force on Clinical Expert Consensus Documents. *J Am Coll Cardiol*. 2001;37:2170-214.
- Danias PG, Papaioannou GI, Ahlberg AW, O'Sullivan DM, Mann A, Boden W, et al. Usefulness of electrocardiographic-gated stress technetium-99m sestamibi single-photon emission computed tomography to differentiate ischemic from nonischemic cardiomyopathy. *Am J Cardiol*. 2004;94:14-9.
- Diaz RA, Nihoyannopoulos P, Athanassopoulos G, Oakley CM. Usefulness of echocardiography to differentiate dilated cardiomyopathy from coronary-induced congestive heart failure. *Am J Cardiol*. 1992;69:974.
- Sharp SM, Sawada SG, Segar DS, Ryan T, Kovacs R, Fineberg NS, et al. Dobutamine stress echocardiography: detection of coronary artery disease in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol*. 1994;24:934-9.
- Soriano CJ, Ridocci F, Estornell J, Jimenez J, Martinez V, De Velasco JA. Noninvasive diagnosis of coronary artery disease in patients with heart failure and systolic dysfunction of uncertain etiology, using late gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *J Am Coll Cardiol*. 2005;45:743-8.
- Valle-Muñoz A, Estornell-Erill J, Soriano-Navarro CJ, Nadal-Barange M, Martínez-Alzamora N, Pomar-Domingo F, et al. Late gadolinium enhancement-cardiovascular magnetic resonance identifies coronary artery disease as the aetiology of left ventricular dysfunction in acute new-onset congestive heart failure. *Eur J Echocardiogr*. 2009;10:968-74.

9. Budoff MJ, Shavelle DM, Lamont DH, Kim HT, Akinwale P, Kennedy JM, et al. Usefulness of electron beam computed tomography scanning for distinguishing ischemic from nonischemic cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 1998;32:1173-8.
10. Abunassar JG, Yam Y, Chen L, D'Mello N, Chow BJ. Usefulness of the Agatston score = 0 to exclude ischemic cardiomyopathy in patients with heart failure. *Am J Cardiol.* 2011;107:428-32.
11. Andreini D, Pontone G, Pepi M, Ballerini G, Bartorelli AL, Magini A, et al. Diagnostic accuracy of multidetector computed tomography coronary angiography in patients with dilated cardiomyopathy. *J Am Coll Cardiol.* 2007;49:2044-50.
12. Ghostine S, Caussin C, Habis M, Habib Y, Clément C, Sigal-Cinqualbre A, et al. Non-invasive diagnosis of ischaemic heart failure using 64-slice computed tomography. *Eur Heart J.* 2008;29:2133-40.
13. Andreini D, Pontone G, Bartorelli AL, Agostoni P, Mushtaq S, Bertella E, et al. Sixty-four-slice multidetector computed tomography. An accurate imaging modality for the evaluation of coronary arteries in dilated cardiomyopathy of unknown etiology. *Circ Cardiovasc Imaging.* 2009;2:199-205.
14. Le Polain de Waroux JB, Pouleur AC, Goffinet C, Pasquet A, Vanoverschelde JL, Gerber BL. Combined coronary and late-enhanced multidetector-computed tomography for delineation of the etiology of left ventricular dysfunction: comparison with coronary angiography and contrast-enhanced cardiac magnetic resonance imaging. *Eur Heart J.* 2008;29:2544-51.
15. Cerqueira MD, Weissman NJ, Dilsizian V, Jacobs AK, Kaul S, Laskey WK, et al. Standardized myocardial segmentation and nomenclature for tomographic imaging of the heart: a statement for healthcare professionals from the Cardiac Imaging Committee of the Council on Clinical Cardiology of the American Heart Association. *Circulation.* 2002;105:539-42.
16. Scanlon PJ, Faxon DP, Audet AM, Carabello B, Dehmer GJ, Eagle KA, et al. ACC/AHA guidelines for coronary angiography. A report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on practice guidelines (Committee on Coronary Angiography). Developed in collaboration with the Society for Cardiac Angiography and Interventions. *J Am Coll Cardiol.* 1999;33:1756-824.
17. Felker GM, Shaw LK, O'Connor CM. A standardized definition of ischemic cardiomyopathy for use in clinical research. *J Am Coll Cardiol.* 2002;39:210-8.
18. Fleiss JL. *Statistical methods for rates and proportions.* 2.<sup>o</sup> ed. Nueva York: John Wiley & Sons; 1981.
19. McCrohon JA, Moon JC, Prasad SK, McKenna WJ, Lorenz CH, Coats AJ, et al. Differentiation of heart failure related to dilated cardiomyopathy and coronary artery disease using gadolinium-enhanced cardiovascular magnetic resonance. *Circulation.* 2003;108:54-9.
20. Casolo JC, Minneci S, Manta R, Sulla A, Del Meglio J, Rega L, et al. Identification of the ischemic etiology of heart failure by cardiovascular magnetic resonance imaging: diagnostic accuracy of late gadolinium enhancement. *Am Heart J.* 2006;151:101-8.
21. Valle A, Corbí M, Federico P, Palanca V, Fabregat O, Martínez N, et al. Realce tardío de gadolinio en cardiorresonancia: nuevo predictor de eventos arrítmicos en pacientes con disfunción ventricular izquierda. *Rev Esp Cardiol.* 2009;62 Supl 3:30.
22. Baks T, Cademartiri F, Moelker AD, Weustink AC, Van Geuns RJ, Mollet NR, et al. Multislice computed tomography and magnetic resonance imaging for the assessment of reperfused acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol.* 2006;48:144-52.
23. Gerber BL, Belge B, Legros GJ, Lim P, Poncelet A, Paquet A, et al. Characterization of acute and chronic myocardial infarcts by multidetector computed tomography comparison with contrast-enhanced magnetic resonance. *Circulation.* 2006;113:823-33.
24. Sanz J, Weeks D, Nikolaou K, Sirol M, Rius T, Rajagopalan S, et al. Detection of healed myocardial infarction with multidetector-row computed tomography and comparison with cardiac magnetic resonance delayed hyperenhancement. *Am J Cardiol.* 2006;98:149-55.