

Fiabilidad de los índices de viabilidad miocárdica por resonancia magnética para predecir la mejoría de la función sistólica en pacientes con un primer infarto reciente y arteria abierta

María P. López Lereu^a, Vicente Bodí^b, Juan Sanchis^b, Diego García^b, Mauricio Pellicer^b, Antonio Losada^b, Francisco J. Chorro^b, Jordi Estornell^a, Begoña Igual^a, Alicia Maceira^a, Joaquín Martín^a y Àngel Llàcer^b

^aUnidad de Resonancia Magnética (ERESA). Hospital Clínico Universitario. Valencia.

^bServicio de Cardiología. Hospital Clínico Universitario. Valencia. España.

Introducción y objetivo. Analizar la fiabilidad del análisis precoz de los índices más ampliamente utilizados en resonancia magnética cardíaca (RMC) para predecir la recuperación de la función sistólica y el remodelado ventricular en pacientes con un primer infarto agudo de miocardio y arteria causante del infarto permeable.

Pacientes y método. Se estudió a 17 pacientes mediante RMC en la que se valoró el grosor de la pared, la respuesta a bajas dosis de dobutamina, la perfusión miocárdica de primer paso con gadolinio y el porcentaje de captación tardía de contraste. Los hallazgos de la RMC inicial se correlacionaron con la función segmentaria y global obtenida en la RMC al sexto mes.

Resultados. De los 272 segmentos de la RMC inicial, 73 mostraron disfunción sistólica severa, a partir de los cuales se calcularon la sensibilidad y especificidad de cada uno de los índices para predecir viabilidad miocárdica. Un grosor diastólico $\geq 5,5$ mm obtuvo una sensibilidad del 100% y una especificidad del 12%; en la respuesta a la dobutamina, éstas fueron del 41 y el 93%; en una perfusión normal, del 78 y el 68%, y en una captación tardía $< 50\%$, del 81 y el 95%, respectivamente. La captación tardía fue el único predictor independiente de la contractilidad ($r = -0,83$; $p = 0,0001$), de los volúmenes ventriculares (telediastólico, $r = 0,61$; $p = 0,009$; telesistólico, $r = 0,67$; $p = 0,003$) y la fracción de eyección ($r = -0,73$, $p = 0,001$) al sexto mes.

Conclusiones. La captación tardía mediante RMC es un índice cuantificable y fiable para predecir la mejoría de la función sistólica y el remodelado ventricular en pacientes tras un primer infarto con arteria abierta.

Palabras clave: *Resonancia magnética cardíaca. Infarto de miocardio. Viabilidad miocárdica. Captación tardía.*

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 803-5

Correspondencia: Dra. M.P. López Lereu.
Unidad de Resonancia Magnética. Hospital Clínico Universitario.
Avda. Blasco Ibáñez, 17. 46010 Valencia. España.
Correo electrónico: plereu@ereso.com

Recibido el 3 de marzo de 2004.

Aceptado para su publicación el 8 de junio de 2004.

Reliability of Cardiac Magnetic Resonance Imaging Indicators of Myocardial Viability for Predicting the Recovery of Systolic Function After a First Acute Myocardial Infarction With a Patent Culprit Artery

Introduction and objective. To assess the reliability of early analysis of the most frequently used cardiac magnetic resonance (CMR)-derived indexes for predicting systolic function recovery and ventricular remodeling in patients after a first acute myocardial infarction with a patent culprit artery.

Patients and method. 17 patients were studied with an initial CMR protocol that included regional assessment of wall thickness and wall thickening, low-dose dobutamine response, first-pass gadolinium myocardial perfusion imaging and delayed enhancement. These results were compared with those obtained for segmental and global function in a second CMR study 6 months later.

Results. Of the 272 myocardial segments evaluated in the initial study, 73 showed severe systolic dysfunction. The findings were used to calculate sensitivity and specificity of each of the indexes mentioned above for predicting myocardial viability. The sensitivities and specificities for each index were wall thickness ≥ 5.5 mm, 100% and 12%; low-dose dobutamine response, 41% and 93%; normal myocardial perfusion, 78% and 68%; delayed enhancement, 81% and 95%. Multivariate analysis showed that delayed enhancement was the only independent predictor of contractility ($r = -0.83$, $P = .0001$), ventricular volumes (end-diastolic: $r = 0.61$, $P = .009$, end-systolic: $r = 0.67$, $P = .003$) and ejection fraction ($r = -0.73$, $P = .001$) at 6 months.

Conclusions. Delayed enhancement seen in CMR is a reliable, quantifiable index for predicting recovery of systolic function and ventricular remodeling in patients after a first infarction with a patent culprit artery.

Key words: *Cardiac magnetic resonance. Acute myocardial infarction. Myocardial viability. Delayed enhancement.*

Full English text available at: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

CTC: captación tardía de contraste.
 Eb: engrosamiento basal.
 Edob: engrosamiento con dobutamina.
 E6m: engrosamiento al sexto mes.
 GP: grosor parietal diastólico.
 IAM: infarto agudo de miocardio.
 RMC: resonancia magnética cardíaca.

INTRODUCCIÓN

La detección de miocardio viable en pacientes con disfunción severa regional o global del ventrículo izquierdo es de gran importancia en el manejo terapéutico y en el pronóstico de la cardiopatía isquémica. Las técnicas establecidas para el diagnóstico de viabilidad miocárdica son la ecocardiografía con bajas dosis de dobutamina y las técnicas con isótopos radiactivos¹. En la actualidad se observa un incremento del uso de la resonancia magnética cardíaca (RMC) debido a los rápidos avances tecnológicos de los últimos años. Mediante RMC se obtienen no sólo imágenes morfológicas, sino también información sobre la contractilidad, la perfusión y el tamaño de la necrosis miocárdica en una misma exploración¹⁻⁴. La RMC ofrece distintas posibilidades dentro del estudio de la viabilidad, como la valoración del grosor diastólico de la pared, la respuesta a bajas dosis de dobutamina, la preservación del flujo en el área del infarto y la captación tardía de contraste (CTC). Esta última técnica ha mostrado en varios estudios una buena exactitud diagnóstica, permitiendo no sólo localizar las áreas necróticas, sino también cuantificarlas y determinar la presencia de viabilidad miocárdica¹⁻⁵. En todo caso, no está bien definido el papel relativo de cada uno de estos parámetros para determinar si el miocardio disfuncionante puede mejorar tras la revascularización.

El objetivo de este trabajo fue analizar la fiabilidad del análisis precoz de los índices más ampliamente utilizados en RMC para predecir la recuperación de la función sistólica y el remodelado ventricular en el escenario óptimo de pacientes con un primer infarto agudo de miocardio (IAM) con ascenso del segmento ST, enfermedad de un solo vaso y arteria relacionada con el infarto permeable.

PACIENTES Y MÉTODO

Pacientes

Se incluyó a 17 pacientes tras un primer IAM con ascenso del segmento ST (dolor torácico típico de más de 30 min de duración, con elevación del segmento ST > 1 mm a 80 ms del punto J en más de una derivación que

no se normalizó con nitroglicerina y elevación de marcadores de daño miocárdico). Fueron criterios de exclusión la existencia de antecedentes conocidos de cardiopatía (isquémica o no), la presencia de enfermedades intercurrentes que dificultasen el seguimiento a largo plazo, la afección significativa de una arteria no causante del infarto (lesión > 50% en la coronariografía), la ausencia de permeabilidad en la arteria relacionada con el infarto al finalizar el cateterismo prealta y la presencia de contraindicaciones para la realización de RMC (portadores de implantes no compatibles con el campo magnético). El comité ético de la institución aprobó el estudio y se obtuvo el consentimiento informado de todos los pacientes. Las características basales del grupo de estudio se describen en la tabla 1.

Se realizó la RMC inicial a los 12 ± 8 días tras el IAM. Previamente, todos los pacientes se habían sometido a una coronariografía (7 ± 5 días post-IAM) y angioplastia (con o sin implantación de *stent*) en el caso de estenosis residual > 50% (13 pacientes).

A los 6 meses se repitió la RMC (180 ± 30 días) para valorar los cambios en el ventrículo izquierdo, así como el cateterismo cardíaco (180 ± 12 días), con objeto de comprobar que la arteria permanecía permeable, como así fue en todos los casos (estenosis < 50%).

Protocolo de adquisición de imágenes de RMC

La RMC se realizó con un equipo de 1.5T (Sonata Magnetom; Siemens, Erlangen, Alemania) con bobina de superficie, sincronismo cardíaco prospectivo y apnea respiratoria. Se adquirieron secuencias funcionales de cine (TrueFISP, TR: 25 ms, TE: 1,6 ms, ángulo de inclinación: 61°, matriz: 256 × 128, grosor de corte: 6 mm) en diferentes proyecciones (2, 3, 4 cavidades y ejes cortos cada 1 cm desde válvula mitral a ápex), en reposo y tras la administración intravenosa de 10 µg/kg/min de dobutamina. Posteriormente se planificaron al menos 3 ejes cortos (basal, medio y apical) para la toma de las secuencias de perfusión miocárdica de primer paso (TrueFISP, TI: 110ms, TR: 190 ms,

TABLA 1. Características del grupo de estudio

Edad (años)	57 ± 10
Sexo (% varones)	15 (88%)
Hipertensión arterial	8 (47%)
Diabetes	5 (29%)
Tabaquismo	13 (76%)
Dislipemia	7 (41%)
Localización anterior	11 (65%)
Trombólisis	14 (82%)
Angioplastia primaria	3 (18%)
Índice de volumen telediastólico inicial (ml/m ²)	66 ± 13
Índice de volumen telesistólico inicial (ml/m ²)	36 ± 14
Fracción de eyección inicial (%)	47 ± 12

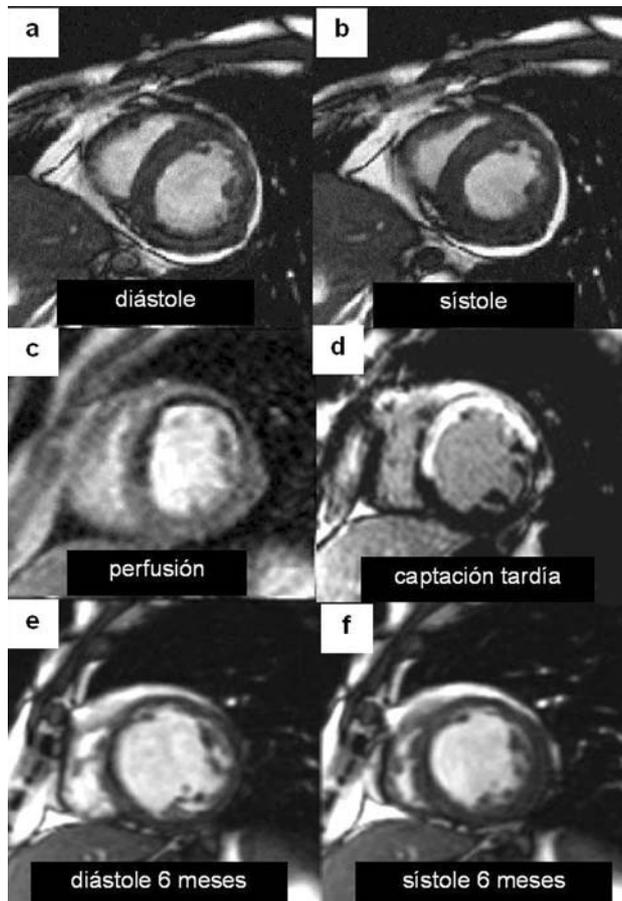


Fig. 1. Imágenes de resonancia magnética cardíaca en proyección de eje corto de un paciente con infarto anteroseptal. Las imágenes a y b corresponden al cine del estudio inicial y en ellas se observa acinesia de la cara anterior y septal. La perfusión miocárdica de primer paso muestra una clara hipointensidad en la cara anterior y septal (c) y la captación tardía de contraste afecta de manera transmural a los segmentos disfuncionantes (d). Las imágenes e y f corresponden al control a los 6 meses, en el que se observa ausencia de mejoría contráctil de los segmentos que presentaban hipoperfusión y captación tardía, así como incremento de los diámetros ventriculares.

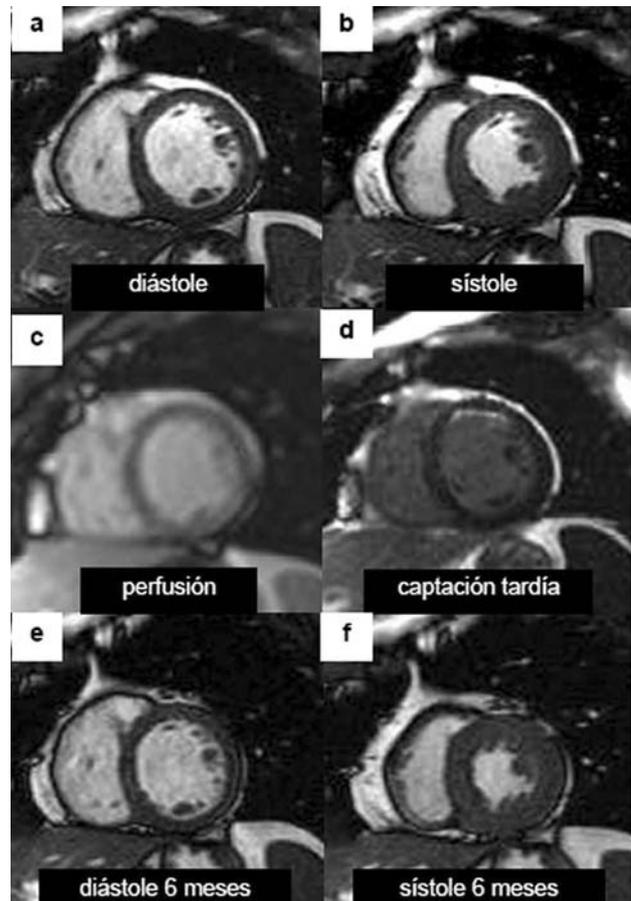


Fig. 2. Imágenes de resonancia magnética cardíaca en proyección de eje corto de otro paciente con infarto anterior. Las imágenes a y b corresponden al cine del estudio inicial y ponen de manifiesto acinesia de las caras anterior y anteroseptal. La perfusión miocárdica de primer paso muestra una llegada homogénea del contraste a todo el miocardio (c) y la captación tardía de contraste se localiza en la cara anterior y es < 50% del grosor de la pared (d). Las imágenes e y f corresponden al control a los 6 meses, con clara mejoría de la función sistólica de los segmentos inicialmente disfuncionantes.

TE: 1 ms, ángulo de inclinación: 49°, matriz: 128 × 72) tras administración de 0,1 mmol/kg de gadolinio (gadopentato de dimeglumida; Magnograt®) a un flujo de 3 ml/s, y se tomó 60 imágenes consecutivas de cada corte. Diez minutos después de la inyección del contraste se obtuvieron imágenes de inversión-recuperación (TrueFISP, TR: 700 ms, TE: 1,1, grosor de corte: 6 mm, ángulo de inclinación: 50°, matriz: 195 × 192, adaptando el tiempo de inversión en cada caso hasta anular la señal del miocardio) en idénticas proyecciones que las secuencias funcionales de cine, con el fin de obtener las imágenes de CTC.

La RMC de control al sexto mes consistió en la captación de imágenes funcionales de cine siguiendo el mismo protocolo que en la exploración inicial.

No se retiró ninguna medicación para la realización de los estudios de RMC. El 73% de los pacientes era

tratado con bloqueadores beta y el 8%, con antagonistas del calcio.

En las figuras 1 y 2 se muestran 2 ejemplos de las imágenes de RMC obtenidas.

Análisis de las imágenes de RMC

Se realizó en la plataforma Syngo con el software Numaris 4. Se dividió el ventrículo izquierdo en 16 segmentos de acuerdo con el modelo de la American Heart Association⁶. A partir de las secuencias de cine de eje corto se obtuvieron los volúmenes ventriculares indexados por la superficie corporal (ml/m²) y la fracción de eyección (%), con el método de Simpson. Se seleccionaron 3 cines de eje corto (basal, medial y apical) para la cuantificación en cada segmento del grosor diastólico de la pared (GP, en mm), engrosamiento ba-

sal (Eb: grosor sistólico-grosor diastólico, en mm) y engrosamiento con dobutamina a dosis baja (Edob, en mm). Se consideró que había una disfunción sistólica significativa cuando un segmento presentaba un Eb < 2 mm. Asimismo, la respuesta a la dobutamina se consideró positiva cuando un segmento disfuncionante presentaba un Edob \geq 2 mm⁷.

Se valoró cualitativamente la perfusión miocárdica de primer paso clasificándola en normal (perfusión = 1) o hipoperfusión (cualquier retardo o ausencia en la llegada de contraste al miocardio) (perfusión = 0).

A partir de las imágenes de supresión miocárdica, se cuantificó la transmuralidad de la CTC (grosor de área con captación de contraste/grosor total de la pared ventricular \times 100%), y se clasificó en rangos según su extensión (0-25%, 26-50%, 51-75% y 76-100%).

En la RMC al sexto mes se midieron los volúmenes ventriculares, la variación del volumen telediastólico al sexto mes respecto al inicial (%), la fracción de eyección y el engrosamiento (E6m, en mm) siguiendo el mismo modelo de 16 segmentos.

Definición de viabilidad miocárdica

Un segmento es viable cuando, siendo inicialmente disfuncionante (Eb < 2 mm), presenta mejoría de la contractilidad al sexto mes (E6m \geq 2 mm).

Análisis estadístico

Todos los cálculos se realizaron con el programa SPSS 9,0 (Chicago, Illinois, Estados Unidos). Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$.

Las variables continuas se expresaron como media \pm desviación estándar. Las variables categóricas se expresaron como porcentajes de la población de estudio y se compararon mediante el test de la χ^2 .

Para las variables continuas (GP y porcentaje de CTC) se obtuvo, mediante análisis de curvas ROC (*re-*

ceiver operator characteristics), el mejor punto de corte para detectar la viabilidad miocárdica. Para los cuatro índices estudiados se calcularon la sensibilidad y la especificidad, así como los valores predictivos positivo y negativo para el diagnóstico de viabilidad miocárdica. A partir de los segmentos inicialmente disfuncionantes se realizó un análisis de regresión logística múltiple en el que se incluyeron las variables GP, Edob, perfusión y CTC para analizar el mejor predictor de viabilidad miocárdica.

Para el análisis por pacientes se obtuvo la media de cada índice de viabilidad sobre los segmentos que pertenecían al territorio coronario afectado (GP regional, Edob regional, perfusión regional, CTC regional). Igualmente, se realizó la media del E6m también sobre los segmentos correspondientes al territorio coronario afectado (E6m regional). Se obtuvieron las correlaciones bivariadas entre los índices de viabilidad miocárdica (GP regional, Edob regional, perfusión regional, CTC regional) y los parámetros ventriculares al sexto mes (índice de volumen telediastólico y telesistólico, variación del volumen telediastólico, fracción de eyección, E6m regional), utilizando el coeficiente de Pearson. Posteriormente se realizó un análisis de regresión lineal múltiple para cada parámetro ventricular al sexto mes, incluyendo en cada modelo los índices de viabilidad miocárdica que habían mostrado correlación estadísticamente significativa.

RESULTADOS

Análisis por segmentos

De los 272 segmentos valorados en la RMC inicial, 73 (27%) mostraron disfunción sistólica severa, de los que 25 (34%) habían mejorado a los 6 meses. A partir de estos segmentos inicialmente disfuncionantes, se calculó el valor diagnóstico de cada índice estudiado para predecir viabilidad miocárdica (tabla 2).

TABLA 2. Características de los segmentos inicialmente disfuncionantes

	Parámetro	N.º de segmentos	N.º de segmentos con mejoría de la función a los 6 meses	p
GP	\geq 5,5 mm	68	32 (47%)	0,014
	< 5,5 mm	5	0	
Edob	> 2 mm	15	12 (80%)	0,001
	< 2 mm	54	17 (32%)	
Perfusión	Normal	38	25 (66%)	0,001
	Anormal	35	7 (20%)	
CTC	Ausente	24	23 (96%)	< 0,0001
	Presente	49	9 (18%)	

CTC: captación tardía de contraste; Edob: engrosamiento con dobutamina; GP: grosor parietal diastólico.

Grosor diastólico

El mejor punto de corte para predecir la viabilidad miocárdica al sexto mes fue 5,5 mm (ABC = 0,671 [0,545-0,797]; $p = 0,014$). Hubo 5 segmentos con un grosor diastólico menor que no mejoraron a los 6 meses. Un grosor diastólico $\geq 5,5$ mm mostró una sensibilidad del 100%, una especificidad del 12%, un valor predictivo positivo del 47% y un valor predictivo negativo del 100% para el diagnóstico de viabilidad miocárdica.

Respuesta inotrópica

Se analizaron con dobutamina 69 de los 73 segmentos (4 segmentos no valorables por fallo en la toma de imágenes), de los cuales 15 (21%) mostraron respuesta positiva al inotrópico. El 80% de los segmentos que mostraron respuesta a la dobutamina fueron viables a los 6 meses, frente al 32% de los que no mostraron respuesta inicial ($p = 0,001$). La respuesta a la dobutamina tuvo una sensibilidad del 41%, una especificidad del 93%, un valor predictivo positivo del 80% y un valor predictivo negativo del 69% para predecir mejoría funcional.

Perfusión miocárdica

Un total de 38 (52%) segmentos disfuncionantes mostró perfusión de primer paso normal. De éstos, el 66% mejoró a los 6 meses, frente al 20% de los que presentaban defectos iniciales de perfusión ($p = 0,001$). Una perfusión normal obtuvo una sensibilidad del 78%, una especificidad del 68%, un valor predictivo positivo del 66% y un valor predictivo negativo de 80% para el diagnóstico de viabilidad.

Captación tardía de contraste

Se detectó CTC en 49 (67%) segmentos disfuncionantes. Sólo el 18% de los segmentos con CTC mejoró, frente al 96% de aquellos sin CTC ($p < 0,0001$). La ausencia de CTC tuvo una sensibilidad del 72%, una especificidad del 98%, un valor predictivo positivo de 96% y un valor predictivo negativo de 82% como predictor de viabilidad miocárdica.

Al clasificar la CTC en rangos, el 33% tuvo un porcentaje de transmuralidad $< 25\%$; el 7%, del 26-50%; el 22%, del 51-75%, y el 38%, $> 75\%$. La cantidad de segmentos que mejoraron a los 6 meses estuvo en relación con una menor extensión de la CTC: mejoraron el 96% de aquellos con una captación $< 25\%$, el 80% de los que tenían una extensión del 26-50%, el 13% de los que tuvieron una extensión del 51-75%, y el 11% de aquellos con una extensión $> 75\%$ (fig. 3). El mejor punto de corte de la extensión de la CTC para predecir mejoría funcional a los 6 meses fue una transmurali-

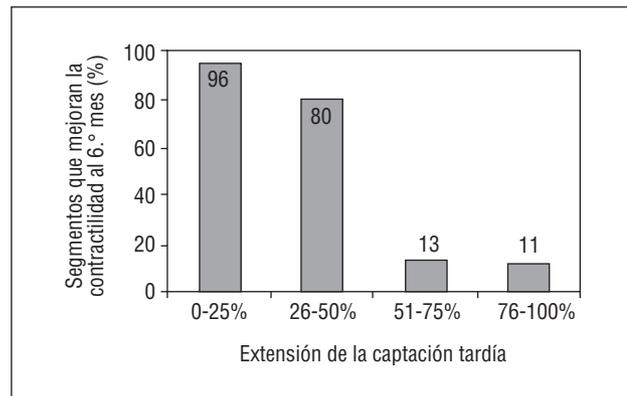


Fig. 3. Porcentaje de segmentos que mejoran la contractilidad en función de la extensión de la captación tardía de contraste.

dad $< 50\%$, con una sensibilidad del 81%, una especificidad del 95%, un valor predictivo positivo del 93% y un valor predictivo negativo del 87% (ABC = 0,91 [0,83-0,99]; $p < 0,0001$).

Análisis multivariable

En el análisis multivariable de los 4 índices estudiados, la transmuralidad de la CTC fue el único predictor independiente de presencia de viabilidad miocárdica a los 6 meses (*odds ratio* [OR] = 84,5 [15,8-451,3]; $p < 0,0001$).

Análisis por pacientes

En el análisis por pacientes se correlacionaron los 4 índices de viabilidad miocárdica estudiados (GP regional, Edob regional, perfusión regional, CTC regional) con los parámetros de la función sistólica regional (E6m regional), global (fracción de eyección) y volúmenes ventriculares al sexto mes (tabla 3). El GP regional no mostró correlaciones significativas. El Edob regional se correlacionó con el volumen telesistólico ($r = -0,503$, $p = 0,0039$), la fracción de eyección ($r = 0,584$; $p = 0,014$), y E6m regional ($r = 0,572$, $p = 0,016$). La perfusión regional se correlacionó con el volumen telediastólico ($r = -0,505$, $p = 0,038$), telesistólico ($r = -0,675$; $p = 0,0003$) y la fracción de eyección ($r = 0,782$; $p < 0,0001$). La CTC regional se correlacionó con el volumen telediastólico ($r = 0,609$; $p = 0,009$), la variación del volumen telediastólico ($r = 0,509$; $p = 0,037$), el volumen telesistólico ($r = 0,669$; $p = 0,003$), la fracción de eyección ($r = -0,725$; $p = 0,001$) y E6m regional ($r = -0,827$; $p = 0,0001$).

Análisis multivariable

En el análisis multivariable para los parámetros ventriculares al sexto mes, la CTC regional fue el único predictor independiente del volumen telediastólico

TABLA 3. Correlación bivariable entre los índices de viabilidad miocárdica y los parámetros ventriculares al sexto mes

	rGP	rEdob	rPERF	rCTC
rE6m	r = 0,468 NS	r = 0,572 p = 0,0016	r = 0,433 NS	r = -0,827* p = 0,0001
IVTD6m	r = -0,243 NS	r = -0,451 NS	r = -0,505 p = 0,038	r = 0,609* p = 0,009
Δ IVTD	r = 0,076 NS	r = -0,128 NS	r = -0,144 NS	r = 0,509* p = 0,037
IVTS6m	r = -0,300 NS	r = -0,503 p = 0,039	r = -0,675 p = 0,003	r = 0,669* p = 0,003
FE6m	r = 0,251 NS	r = 0,584 p = 0,014	r = 0,782 p < 0,0001	r = -0,725* p = 0,001

rCTC: transmuralidad regional de la captación tardía de contraste; rE6m: engrosamiento regional al sexto mes; rEdob: engrosamiento con dobutamina regional; FE6m: fracción de eyección al sexto mes; rGP: grosor diastólico parietal regional; IVTD6m: volumen telediastólico indexado por la superficie corporal al sexto mes; IVTS6m: volumen telesistólico indexado por la superficie corporal al sexto mes; Δ IVTD: variación del volumen telediastólico del sexto mes respecto al inicial; rPERF: perfusión miocárdica de primer paso regional.

*Predictor independiente en el análisis multivariable.

($R^2 = 0,371$; $p = 0,009$), la variación del volumen telediastólico ($R^2 = 0,259$; $p = 0,037$), el volumen telesistólico ($R^2 = 0,447$; $p = 0,003$), la fracción de eyección ($R^2 = 0,525$; $p = 0,001$) y E6m regional ($R^2 = 0,683$; $p = 0,0001$).

DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo indicarían que de los índices estudiados por RMC para el diagnóstico de viabilidad miocárdica, la CTC y su cuantificación es el más fiable para predecir la mejoría contráctil en segmentos con disfunción sistólica severa tras un IAM reciente. La CTC es también el mejor predictor de remodelado ventricular, y existe una correlación entre su extensión transmural y los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección al sexto mes.

Obtuvimos que la presencia de un grosor parietal diastólico < 5,5 mm descartaba la existencia de miocardio viable. Este resultado es concordante con el de otros trabajos, que afirman que el adelgazamiento de la pared tras un infarto es un dato muy específico indicativo de ausencia de viabilidad miocárdica y de mejoría funcional⁸⁻¹⁰. La limitación de este parámetro sería que es un hallazgo poco frecuente y con escasa sensibilidad.

En nuestro trabajo, la mejoría de la contractilidad con dobutamina a dosis bajas fue de nuevo un índice muy específico de recuperación de la función sistólica, pero poco sensible. Estudios previos han analizado también con RMC el valor de la reserva inotrópica tras un infarto, demostrando en algunos casos una alta sensibilidad y especificidad en la detección de viabilidad⁹⁻¹¹. Por el contrario, Gunning et al¹² encontraron, como nosotros, que la respuesta inotrópica a la dobutamina era muy específica (81%) pero poco sensible (50%) en el diagnóstico de viabilidad miocárdica. En todo caso, las dosis utilizadas y el hecho de que la mayor parte de los pacientes estuviera en tratamiento con bloqueadores beta o antagonistas del calcio, que no se retiraron para realizar la exploración, podría ser la causa de la baja sensibilidad de la respuesta a la dobutamina en nuestro grupo de estudio.

Por otra parte, en nuestro trabajo, la presencia de perfusión miocárdica normal tuvo una aceptable sensibilidad, aunque menor especificidad para predecir viabilidad. La presencia de hipoperfusión miocárdica en áreas que han sufrido un infarto y han sido reperfundidas representa el fenómeno de obstrucción microvascular, con reducción del flujo sanguíneo aun después de abrir la arteria epicárdica^{5,13}. Varios estudios han puesto de manifiesto que la detección de hipoperfusión mediante RMC se asocia con ausencia de viabilidad⁵ y con un peor pronóstico después de un infarto¹⁴, aunque el valor relativo de este hallazgo es contradictorio.

Por último, nosotros observamos que la CTC es el índice más fiable para diferenciar el miocardio necrótico del viable, y su extensión es el mejor predictor de mejoría contráctil, mientras que el resto de los índices analizados pierde importancia diagnóstica. Estudios previos, tanto experimentales¹⁵ como clínicos⁵, han demostrado que la CTC permite caracterizar los diferentes tejidos con gran definición espacial y, así, diferenciar miocardio sano de tejido necrótico. Los estudios iniciales con RMC basaban la viabilidad en la presencia o ausencia de CTC. Kim et al¹⁶ diseñaron el primer estudio en el que se analizó la extensión transmural de la CTC y mostraron que la proporción de segmentos que mejoraban la contractilidad descendía progresivamente en función del incremento de la extensión transmural de la captación. En estudios posteriores de diseño similar se ha observado igualmente una asociación inversa entre la transmuralidad de la CTC y la función sistólica tras la revascularización¹⁷⁻¹⁹.

Una potencial limitación de la utilización de la CTC para definir viabilidad miocárdica es la posible sobrestimación del tamaño del infarto. Aunque este fenómeno ha sido descrito básicamente en estudios animales^{20,21}, parece debido a que el edema miocárdico presente en la fase aguda/subaguda tras un infarto contribuye a incrementar el tamaño de la CTC². Este hecho podría explicar en parte el hecho de que en nuestro estudio el 13% de los segmentos con una CTC transmural del 51-75% y el 11% de aquellos con CTC

> 75% mejorasen a los 6 meses.

En la bibliografía, los resultados sobre el valor relativo de la perfusión y la CTC en el diagnóstico de viabilidad miocárdica son contradictorios. Algunos trabajos defienden que la presencia de defectos de perfusión en pacientes con IAM reperfundidos indicaría ausencia de viabilidad, independientemente de la presencia o no de CTC^{7,22,23}. Por el contrario, otros estudios muestran que la perfusión²⁴⁻²⁶ o la respuesta a la dobutamina²⁶ pierden información adicional cuando se valora la extensión de la CTC. Si bien la presencia de obstrucción microvascular podría proporcionar información adicional al afectar adversamente a la cicatrización, es necesario tener en cuenta que la hipoperfusión refleja sólo una parte del tejido necrótico afectado por este fenómeno, pero no toda el área necrótica, lo que podría limitar de alguna manera su uso aislado para establecer el diagnóstico de viabilidad. En todo caso, la discordancia en los trabajos podría deberse también a la utilización de diferentes protocolos en la toma y el análisis de las imágenes, lo que hace necesaria la realización de estudios más amplios y con protocolos estandarizados para conocer realmente el valor relativo de cada uno de estos hallazgos.

En nuestro trabajo, la cuantificación de la CTC fue fiable no sólo en el análisis por segmentos, sino también en el análisis por pacientes, al relacionarse con el remodelado ventricular; asimismo, fue el único predictor independiente de los volúmenes ventriculares y la fracción de eyección a los 6 meses, así como de la variación en el volumen telediastólico en el seguimiento. Estos resultados serían concordantes con los de Choi et al¹⁷, que mostraron, además de la asociación entre el porcentaje de CTC y la mejora contractil de cada segmento, su relación con el remodelado ventricular. Otro estudio de diseño similar encontró que la cuantificación de la CTC de manera precoz tras un IAM era el único predictor independiente de la fracción de eyección a los 6 meses, sin que otros parámetros, como la respuesta a la dobutamina o la perfusión de primer paso, aportaran información adicional²⁶. Estos datos indicarían que la viabilidad no es una entidad dicotómica, sino que tiene grados intermedios entre la ausencia completa de contractilidad y la total normalización de la contractilidad, de manera que la presencia de cierta cantidad de miocardio viable revascularizado podría evitar el remodelado posterior.

LIMITACIONES

Las limitaciones de este estudio serían, por un lado, el reducido número de pacientes incluidos, por lo que son necesarios estudios más amplios para confirmar estos hallazgos, y por otro, la valoración cualitativa de la perfusión de primer paso, ya que su cuantificación podría añadir exactitud a este método.

CONCLUSIONES

La RMC es una técnica diagnóstica fiable para el estudio de la viabilidad miocárdica en pacientes con cardiopatía isquémica. Este trabajo analiza el poder predictivo de los diferentes índices de viabilidad mediante RMC obtenidos en un escenario óptimo (de manera precoz tras un primer IAM reperfundido, con arteria abierta, lesión de un solo vaso y cuantificando la mejoría funcional a los 6 meses).

De todos los parámetros estudiados, la CTC es el más exacto para detectar la presencia de miocardio viable. La ausencia de CTC o una extensión transmural menor del 50% en segmentos con alteraciones severas de la contractilidad tiene una elevada sensibilidad y especificidad en el diagnóstico de viabilidad. Además, este índice es el mejor predictor del remodelado ventricular, lo que aportará importante información pronóstica en los pacientes que han sufrido un infarto de miocardio.

BIBLIOGRAFÍA

1. Borreguero LJ, Ruiz-Salmeron R. Valoración de la viabilidad miocárdica en pacientes prerrevascularización. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:721-33.
2. Sandstede JJW. Assessment of myocardial viability by MR imaging. *Eur Radiol* 2003;13:52-61.
3. Bax JJ, De Roos A, Van der Wall EE. Assessment of myocardial viability by MRI. *J Magn Res Imag* 1999;10:418-22.
4. Mahrholdt H, Wagner A, Judd RM, Sechtem U. Assessment of myocardial viability by cardiovascular magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 2002;23:602-19.
5. Miller S, Helber U, Brechtel K, Nägele T, Hahn U, Kramer U, et al. MR imaging at rest early after myocardial infarction: detection of preserved function in regions with evidence for ischemic injury and non-transmural myocardial infarction. *Eur Radiol* 2003;13:498-506.
6. Standardization of cardiac tomographic imaging. From the Committee on Advanced Cardiac Imaging and Technology, Council on Clinical Cardiology, American Heart Association; Cardiovascular Imaging Committee, American College of Cardiology; and Board of Directors, Cardiovascular Council, Society of Nuclear Medicine. *Circulation* 1992;86:338-9.
7. Lauerma K, Niemi P, Hänninen H, Janatuinen T, Voipio-Pulkki LM, Knuuti J, et al. Multimodality MR imaging assessment of myocardial viability: combination of first-pass and late contrast enhancement to wall motion dynamics and comparison with FDG PET-initial experience. *Radiology* 2000;217:729-36.
8. Baer FM, Smolarz K, Theissen P. Regional 201Tc-methoxyisobutyl-isonitrile-uptake at rest in patients with myocardial infarcts: comparison with morphological and functional parameters obtained from gradient-echo magnetic resonance imaging. *Eur Heart J* 1994;15:97-107.
9. Baer FM, Voth E, Scheider CA. Comparison of low-dose dobutamine-gradient-echo magnetic resonance imaging and positron emission tomography with (15F) fluorodeoxyglucose in patients with chronic coronary artery disease. A functional and morphological approach to the detection of residual myocardial viability. *Circulation* 1995;91:1006-15.
10. Baer FM, Theissen P, Scheider CA. Dobutamine magnetic resonance imaging predicts contractile recovery of chronically dys-

- functional myocardium after successful revascularization. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:1040-8.
11. Baer M, Kenn W, Werner E, Pabst T, Lipke C, Kretschmer S, et al. Detection of myocardial viability by low-dose dobutamine cine MR imaging. *Magn Reson Imaging* 1999;17:1437-43.
 12. Gunning MG, Anagnostopoulos C, Knight CJ, Pepper J, Burman ED, Davies G, et al. Comparison of ^{201}Tl , $^{99\text{m}}\text{Tc}$ -Tetrofosmin, and dobutamine magnetic resonance imaging for identifying hibernating myocardium. *Circulation* 1998;98:1869-74.
 13. Bodí V, Sanchís J, López-Lereu MP, Llácer A, Pellicer M, Losada A, et al. Estudio de la perfusión en pacientes postinfarto mediante ecografía miocárdica con inyección de contraste intracoronario. Implicaciones y relación con la angiografía y la resonancia magnética. *Rev Esp Cardiol* 2004;57:20-8.
 14. Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM, Lugo OCH, Barouch LA, Schulman SP, et al. Prognostic significance of microvascular obstruction by magnetic resonance imaging in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 1998;97:765-72.
 15. Kim RJ, Fieno DS, Arrish TB, Harris K, Chen EL, Simonetti O. Relationship of MRI delayed contrast enhancement to irreversible injury, infarct age, and contractile function. *Circulation* 1999;100:1992-2002.
 16. Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen EL, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast-enhanced magnetic resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000;343:1445-53.
 17. Choi KM, Kim RJ, Gubernikoff G, Vargas JD, Parker M, Judd RM. Transmural extent of acute myocardial infarction predicts long-term improvement in contractile function. *Circulation* 2001;104:1101-7.
 18. Beek AM, Kühl HP, Bondarenko O, Twisk J, Hofman M, Van Dockum G, et al. Delayed contrast-enhanced magnetic resonance imaging for the prediction of regional functional improvement after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2003;42:895-901.
 19. Kühl HP, Beek AM, Van der Weerd AP, Hofman MBM, Visser FC, Van Rossum AC. Myocardial viability in chronic ischemic heart disease. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1341-8.
 20. Saeed M, Lund G, Wendland MF, Higgins CB. Magnetic resonance characterization of the peri-infarction zone of reperfused myocardial infarction with necrosis-specific and extracellular nonspecific contrast media. *Circulation* 2001;103:871-6.
 21. Oshinski JN, Yang Z, Jones JR, Mata JF, French BA. Imaging time after Gd-DTPA injection is critical in using delayed enhancement to determine infarct size accurately with magnetic resonance imaging. *Circulation* 2001;104:2838-42.
 22. Rogers WJ, Kramer CM, Gestin G, Hu YL, Theobald TM, Vido DA, et al. Early contrast-enhanced MRI predicts late functional recovery after reperfused myocardial infarction. *Circulation* 1999;99:744-50.
 23. Kramer CM, Rogers WJ, Mankad S, Theobald TM, Pakstis DL, Hu YL. Contractile reserve and contrast uptake pattern by magnetic resonance imaging and functional recovery after reperfused myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2000;36:1835-40.
 24. Gerber BL, Garot J, Bluemke DA, Wu KC, Lima JAC. Accuracy of contrast-enhanced magnetic resonance imaging in predicting improvement of regional myocardial function in patients after acute myocardial infarction. *Circulation* 2002;106:1083-9.
 25. Sandstede J, Lipke C, Beer M, Harre K, Pabst T, Kenn W, et al. Analysis of first-pass and delayed MRI contrast enhancement patterns of dysfunctional myocardium for the prediction of myocardial viability. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1737-40.
 26. Van Hoe L, Vanderheyden M. Ischemic cardiomyopathy: value of the different MRI techniques for prediction of functional recovery after revascularization. *Am J Radiology* 2004;182:95-100.