

Ecocardiografía de perfusión miocárdica en tiempo real para la predicción de la recuperación de la función ventricular después del infarto agudo de miocardio reperfundido

Jesús Peteiro^a, Rafaela Soler^b, Lorenzo Monserrat^a, Esther Rodríguez^b, Iris Garrido^a, Ruth Pérez^a, Paulino Pais^c, José M. Vázquez^a, Ramón Calviño^a, Jorge Salgado^a y Alfonso Castro-Beiras^a

^aServicio de Cardiología. Hospital Juan Canalejo. Coruña. ^bServicio de Radiología. Hospital Juan Canalejo. A Coruña. ^cServicio de Medicina Nuclear. Hospital La Baca. A Coruña. España.

Introducción y objetivos. La ecocardiografía de perfusión en tiempo real (EPTR) es un método reciente. Los objetivos fueron estudiar: *a*) si la EPTR predice la recuperación después de infarto agudo de miocardio (IAM), y *b*) si los datos son comparables a los obtenidos con la tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT) marcada con ^{99m}Tc-sestamibi y la resonancia magnética (RM).

Pacientes y método. Hemos incluido a 85 pacientes con IAM sometidos a angioplastia coronaria transluminal percutánea (ACTP). La EPTR se realizó 7 ± 4 días después del IAM. Se utilizó ecocardiografía a la vez que la perfusión y a las 10 ± 4 semanas de ésta. La SPECT y la RM se realizaron después del IAM en 18 y 32 pacientes, respectivamente.

Resultados. Al finalizar el seguimiento dispusimos de ecocardiografía de 82 pacientes, a los que dividimos en: grupo con recuperación (GR) (n = 49) y grupo sin recuperación (GNR) (n = 33). El índice de motilidad segmentaria (IMS) regional mejoró desde 1,75 ± 0,49 a 1,32 ± 0,36 (p < 0,001) en el GR, y empeoró desde 1,85 ± 0,39 a 1,95 ± 0,36 en el GNR (p < 0,001). El índice de EPTR era de 0,8 ± 0,3 en el GR y de 0,6 ± 0,4 en el GNR (p < 0,001). La concordancia entre la EPTR y la SPECT en un análisis segmentario era del 78% (p < 0,001; κ = 0,49), y entre la EPTR y el hipercontraste tardío de la RM era del 70% (p < 0,001; κ = 0,35). Los predictores independientes de recuperación fueron el valor de la creatinasa (*odds ratio* [OR] = 1,4 por cada 1.000 U; intervalo de confianza [IC] del 95%, 1,0-1,9; p < 0,05) y el índice de EPTR (OR = 8,8; IC del 95%, 1,9-39,3; p < 0,01). Un índice ≥ 0,60 tuvo un valor predictivo positivo del 73% y negativo del 69% (p < 0,001; ABC = 0,70).

Conclusión. La EPTR tiene valor moderado para predecir la recuperación funcional después del IAM reperfundido.

Palabras clave: Ecocardiografía. Perfusión. Infarto de miocardio.

VÉASE EDITORIAL EN PÁGS. 803-5

Correspondencia: Dr. J.C. Peteiro.
Ronda, 5, 4.ª izda. 15011 A Coruña. España.
Correo electrónico: pete@canalejo.org

Recibido el 1 de diciembre de 2003.
Aceptado para su publicación el 27 de mayo de 2004.

Real Time Myocardial Contrast Echocardiography to Predict Left Ventricular Wall Motion Recovery After Reperfused Acute Myocardial Infarction

Introduction and objectives. Real time myocardial contrast echocardiography (RTMCE) is a recently developed method. We sought to determine: *a*) whether RTMCE predicts recovery of left ventricular function after acute myocardial infarction (AMI), and *b*) whether data obtained with this method are comparable to those obtained with ^{99m}Tc-sestamibi single photon emission computed tomography (SPECT) and magnetic resonance.

Patients and method. We studied 85 patients with AMI who underwent angioplasty. RTMCE was performed 7 (4) days after AMI. Two-dimensional echocardiography was performed at the time of the RTMCE study and at follow-up (10 [4] weeks). SPECT and magnetic resonance were performed after AMI in 18 and 32 patients, respectively.

Results. Follow-up two-dimensional echocardiography results were available for 82 patients, who were subdivided into 2 groups: recovery (n=49) and no recovery (n=33). Regional (AMI-related) wall motion score index improved from 1.75 (0.49) to 1.32 (0.36) (P<.001) in the recovery group, and worsened from 1.85 (0.39) to 1.95 (0.36) in the no recovery group (P<.001). RTMCE perfusion score was 0.8 (0.3) in the recovery group, and 0.6 (0.4) in the no recovery group (P<.001). Concordance between RTMCE and SPECT in a segmental analysis was 78% (P<.001; κ=0.49), whereas concordance between RTMCE and hyperenhancement with delayed contrast magnetic resonance findings was 70% (P<.001; κ=0.35). Independent predictors of recovery were peak creatine kinase (OR=1.4 per 1000 UI; 95% CI, 1.0-1.9; P<.05) and RTMCE score (OR=8.8; 95% CI, 1.9-39.3; P<.01). A RTMCE score ≥0.60 had a positive predictive value of 73% and a negative predictive value of 69% (P<.001; area under the curve 0.70).

Conclusion. RTMCE showed a modest predictive value for recovery of left ventricular function after reperfused AMI.

Key words: Echocardiography. Perfusion. Acute myocardial infarction.

Full English text available at: www.revespcardiol.org

ABREVIATURAS

ABC: área bajo la curva.
ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea.
CK: creatincinasa.
EPTR: ecocardiografía de perfusión en tiempo real.
IAM: infarto agudo de miocardio.
IMS: índice de motilidad segmentaria.
RM: resonancia magnética.
SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples marcada con ^{99m}Tc -sestamibi.
VPN: valor predictivo negativo.
VPP: valor predictivo positivo.

INTRODUCCIÓN

El daño de la microcirculación coronaria después del infarto agudo de miocardio (IAM) se puede producir a pesar de la existencia de una arteria coronaria abierta y predice la recuperación funcional en el seguimiento¹⁻³. La integridad microvascular se ha medido mediante inyecciones intracoronarias¹⁻⁵ o intravenosas de agentes de contraste⁶⁻¹³. La mayoría de los estudios ha utilizado el índice mecánico alto y la imagen armónica con escala de grises⁶ o *power Doppler*⁷⁻¹³. La ecocardiografía de perfusión en tiempo real (EPTR) con imagen múltiple intermitente acelerada es un método relativamente reciente que evita algunas de las limitaciones técnicas de la adquisición de imágenes con imagen múltiple intermitente e índice mecánico alto^{14,15}. El objetivo de este estudio fue evaluar: *a*) si la perfusión determinada con EPTR predice la recuperación de la función después del IAM, y *b*) si los datos de perfusión son comparables a los obtenidos con tomografía computarizada por emisión de fotones simples (SPECT) marcada con ^{99m}Tc -sestamibi y resonancia magnética (RM).

PACIENTES Y MÉTODO

Pacientes

Incluimos a 85 pacientes consecutivos con un primer IAM y una probabilidad moderada de tener disineria ventricular determinada mediante parámetros clínicos y enzimáticos, que fueron sometidos a angioplastia coronaria transluminal percutánea (ACTP) (primaria en 60 pacientes, de rescate en 25 pacientes e implante de *stent* en 79) con un resultado según la clasificación Thrombolysis In Myocardial Infarction (TIMI) ≥ 2 . Los criterios de inclusión para los pacientes sometidos

a ACTP primaria eran dolor precordial característico de más de 30 min de duración y elevación del ST > 2 mm en 2 derivaciones precordiales contiguas. En los pacientes sometidos a ACTP de rescate se exigía un incremento de los valores de creatincinasa (CK) y/o troponina I mayor de 2 veces el límite de lo normal¹⁶. La arteria causante del IAM era la descendente anterior en 59 pacientes, la coronaria derecha en 21 y la circunfleja en 5. Todos los pacientes dieron su consentimiento informado para participar en el estudio.

Protocolo de estudio

La EPTR se realizó 7 ± 4 días después de la ACTP. La SPECT o la RM con estudio de primer paso y contraste para hiperseñal tardía se realizaron en reposo en 18 y 32 pacientes, respectivamente, a una media de 30 ± 26 días del IAM. La ecocardiografía se realizó a la vez que la perfusión miocárdica y a las 10 ± 4 semanas de ésta.

Ecocardiografía de perfusión en tiempo real

Para la EPTR se utilizó un aparato Vivid 5 (GE Medical Systems, Horten, Noruega) con el empleo de una imagen armónica con pulso invertido y *power Doppler*. Se administraron hasta 3 inyecciones intravenosas lentas de FS-069 agitado manualmente (Optison, Molecular Biosystems) y 8 ml de suero salino en 4 min cada una. Se adquirieron imágenes apicales de 2, 4 y 5 cámaras.

Controles del *power Doppler*

Se utilizó un índice mecánico de 0,1 durante todo el estudio. La frecuencia de repetición de pulsos era de 2,5 kHz. La frecuencia de imágenes por segundo (15,1 ips), el rango dinámico (6), el poder de transmisión (-20), la ganancia (-20%), la profundidad de la imagen (12 cm), el filtro de pared y la escala de color se mantuvieron constantes. El foco se situaba en el nivel más profundo. Cuando se apreciaba contraste en los segmentos miocárdicos se incrementaba el índice mecánico a 1,2 («flash») para asegurar que esta opacificación era realmente verdadera perfusión (y para excluir artefactos). En caso de verdadera perfusión se observaba un incremento progresivo en la opacificación del miocardio durante los 3-15 ciclos subsiguientes.

Análisis de la EPTR

Se usó un modelo de 16 segmentos para el análisis de la EPTR. Cada uno de los 16 segmentos se adscribía a una de las 3 arterias coronarias. La EPTR se puntuó mediante 2 observadores como: 0 = ausencia de perfusión; 0,5 = perfusión parcial; y 1 = perfusión

completa. El grado 1 se consideró normal y los grados 0,5 y 0 anormales. Se calculó un índice de EPTR en cada paciente según la puntuación obtenida en cada uno de los segmentos disfuncionantes (hipocinéticos, acinéticos o discinéticos).

Análisis de la motilidad de la pared

Se calculó un índice de motilidad regional (en el territorio de la arteria causante del infarto) y global (IMS) según el modelo de 16 segmentos¹⁷. Cada segmento se puntuaba como: normal = 1, hipocinético = 2, acinético = 3 y discinético = 4. La fracción de eyección del ventrículo izquierdo y los volúmenes ventriculares se midieron usando los planos apicales de 2 y de 4 cámaras¹⁸. Se consideró que un segmento mejoraba cuando pasaba de hipocinético a normal o de acinético a hipocinético o normal, desde la situación basal hasta el seguimiento. En cuanto a los pacientes, se exigía una mejoría de al menos 2 segmentos hipocinéticos o uno acinético para ser incluidos en el grupo de recuperación funcional.

^{99m}Tc-sestamibi (SPECT)

En 18 pacientes se realizó una SPECT en reposo. Se utilizó el mismo modelo de 16 segmentos para su comparación con la EPTR. Un observador independiente de los resultados de la EPTR puntuó cada segmento como normal o anormal.

Primer paso e hipercontraste tardío con resonancia magnética

Se realizó estudio de primer paso e hipercontraste tardío en 32 pacientes. Los defectos de perfusión durante el estudio de primer paso pueden ser producidos por una estenosis coronaria o bien por una disminución del flujo microvascular¹⁹⁻²⁰, mientras que el hipercontraste tardío con gadolinio indica daño irreversible²¹. Para la RM, el ventrículo izquierdo fue dividido en 17 segmentos (6 basales, 6 medios, 4 medio-apicales y un segmento apical)²².

Angiografía coronaria

Los datos angiográficos incluyeron el implante de *stent*, el estrechamiento luminal cuantitativo después de ACP/*stent* en la arteria causante del infarto, el flujo angiográfico TIMI²³, la presencia de colaterales a la arteria causante del infarto y el número de vasos enfermos (estrechamiento luminal $\geq 50\%$) después de la revascularización.

Reproducibilidad de la EPTR

Se calculó la concordancia intraobservador e inte-

robservador de la EPTR para la perfusión segmentaria normal frente a la anormal en 20 pacientes aleatorizados. La concordancia intraobservador se calculó reanalizando las imágenes con al menos 60 días de diferencia. Se muestran los coeficientes kappa.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizó *software* estándar (SPSS versión 11.5, SPSS Inc., Chicago, Illinois). Se muestra la media \pm desviación estándar (DE). Se empleó el test de la t de Student para la comparación de datos independientes o de datos emparejados cuando así se requería, y el test de la χ^2 para la comparación de datos cualitativos. Se construyeron curvas ROC (*receiver operator curves*) para definir los valores de perfusión más precisos para predecir la recuperación funcional. Se proporcionan los valores del área bajo la curva (ABC). Se realizó un análisis de regresión logística multivariable con la inclusión de las variables que resultaron significativas en el análisis univariable. Se consideraron significativos los valores de $p < 0,05$. Se calcularon el valor predictivo positivo (VPP) y negativo (VPN) de cada valor de corte obtenido con las curvas ROC con las diferentes técnicas (EPTR, estudio de hipercontraste tardío con RM y SPECT). El VPP se define como el cociente entre el número de pacientes o de segmentos con una perfusión normal que se recuperaron en el seguimiento y el número total de pacientes o de segmentos con una perfusión normal $\times 100$, mientras que el VPN se define como el cociente entre el número de pacientes o de segmentos con un resultado anormal que no mejoraron en el seguimiento y el número total de pacientes o de segmentos con un resultado anormal en la perfusión $\times 100$. Para el análisis de la concordancia entre las técnicas para la evaluación segmentaria se utilizaron el porcentaje de concordancia y el índice kappa. Se usó el coeficiente de correlación intraclass (α de Cronbach) para determinar si la puntuación de la EPTR era similar a la de la SPECT y la RM (hipercontraste tardío).

RESULTADOS

Características de los pacientes

Dispusimos de los datos de seguimiento de 82 de los 85 pacientes (1, muerte cardíaca y 2, ilocalizables). Ninguno de estos 82 pacientes sufrió eventos durante el seguimiento. Todos ellos estaban en situación clínica estable y tomaban antiagregantes, 63 (77%) tomaban bloqueadores beta y 59 (72%), inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina. Subdividimos a los pacientes en 2 grupos según

la ecocardiografía en reposo y en el seguimiento: grupo con recuperación funcional (n = 49) y grupo sin recuperación funcional (n = 33). En la tabla 1 se muestran las características clínicas y angiográficas, el número de segmentos no perfundidos/hipoperfundidos y el índice de perfusión con EPTR en ambos grupos. Las únicas diferencias significativas que encontramos entre los grupos fueron el valor pico de la CK y los valores de EPTR. En la tabla 2 se muestran los datos de la función ventricular basal y en el seguimiento.

Análisis segmentario mediante EPTR

En situación basal había 380 segmentos disfuncionantes (180 hipocinéticos, 198 acinéticos y 2 discinéticos) en el territorio de la arteria causante del infarto: 32 no pudieron ser evaluados mediante EPTR (8%),

TABLA 1. Datos clínicos y angiográficos y ecocardiografía de perfusión en tiempo real (EPTR) en el grupo con recuperación y en el grupo sin recuperación

	Sin recuperación (n = 33)	Recuperación (n = 49)	p
Edad (años)	61 ± 11	59 ± 11	NS
Varones, n (%)	25 (76%)	42 (86%)	NS
Diabetes mellitus, n (%)	7 (21%)	9 (19%)	NS
Numero de factores de riesgo coronario (n)*	1,6 ± 1,0	1,8 ± 1,0	NS
Tiempo desde inicio del dolor hasta la ACTP (h)	25 ± 82	26 ± 70	NS
Valor pico de creatinina (U/l)	3,027 ± 1,665	1,863 ± 1,563	0,002
Infarto anterior, n (%)	25 (76%)	31 (65%)	NS
Infarto con elevación del segmento ST, n (%)	32 (97%)	43 (88%)	NS
Fibrinólisis, n (%)	6 (18%)	13 (25%)	NS
Angioplastia primaria, n (%)	26 (79%)	33 (67%)	NS
Uso de <i>stent</i> , n (%)	30 (91%)	47 (96%)	NS
Estrechamiento residual (%)	9 ± 16	3 ± 15	NS
Flujo TIMI postangioplastia	2,8 ± 0,4	2,9 ± 0,3	NS
Flujo TIMI postangioplastia = 2 (%)	5 (15%)	5 (10%)	NS
Presencia de circulación colateral, n (%)	0 (0%)	0 (0%)	NS
Vasos enfermos postangioplastia (n)	0,8 ± 1,0	0,7 ± 0,8	NS
IECA en el seguimiento (%)	25 (76%)	34 (69%)	NS
Bloqueadores beta en el seguimiento (%)	27 (82%)	36 (75%)	NS
Puntuación de la EPTR	0,59 ± 0,39	0,85 ± 0,26	0,001
Segmentos con defecto en la EPTR (n)	2,3 ± 2,3	1,2 ± 2,0	0,05

ACTP: angioplastia coronaria transluminal percutánea; IECA: inhibidores de la enzima de conversión de la angiotensina. NS: no significativo; *Se incluyen: hipertensión arterial, colesterol basal > 220 mg/100 ml, diabetes mellitus, tabaquismo durante los últimos 8 años y antecedentes familiares de cardiopatía isquémica.

TABLA 2. Función ventricular sistólica y número de segmentos disinérgicos basalmente y en el seguimiento en ambos grupos

	Sin recuperación (n = 33)	Recuperación (n = 49)	p
Edad (años)	61 ± 11	59 ± 11	NS
Fracción de eyección basal	51 ± 9	52 ± 11	NS
Volumen telediastólico del VI basal (ml)	74 ± 24	74 ± 14	NS
Volumen telesistólico del VI basal (ml)	37 ± 20	35 ± 12	NS
Segmentos disinérgicos basales (n)	4,7 ± 1,9	4,3 ± 2,7	NS
IMS global basal	1,46 ± 0,23	1,42 ± 0,30	NS
IMS regional basal	1,85 ± 0,39	1,75 ± 0,49	NS
Fracción de eyección en seguimiento	48 ± 12	59 ± 9	< 0,001
Volumen telediastólico del VI en seguimiento (ml)	88 ± 29	80 ± 15	NS
Volumen telesistólico del VI en seguimiento (ml)	48 ± 28	32 ± 10	0,004
Segmentos disinérgicos en el seguimiento (n)	4,8 ± 1,7	2,0 ± 2,2	0,000
IMS global en el seguimiento	1,52 ± 0,23	1,19 ± 0,21	0,000
IMS regional en el seguimiento	1,95 ± 0,36	1,32 ± 0,36	0,000
Δ Volumen telediastólico del VI (ml)	14 ± 14	6 ± 15	0,021
Δ Volumen telesistólico del VI (ml)	10 ± 14	-3 ± 10	< 0,001
Δ Fracción de eyección*	-3 ± 8	7 ± 8	< 0,001

IMS: índice de motilidad segmentaria; VI: ventrículo izquierdo; NS: no significativo.

211 tenían una perfusión normal; 36, un patrón parcheado, y 101, ausencia de perfusión. De los 380 segmentos disfuncionantes, 296 correspondían a la arteria descendente anterior (78%), 63 a la arteria coronaria derecha (17%) y 21 a la arteria circunfleja (5%). En el seguimiento había 252 segmentos disfuncionantes en el territorio de la arteria causante del infarto (114 hipocinéticos, 136 acinéticos y 2 discinéticos). Había una mayor proporción de segmentos disfuncionantes perfundidos que mejoraron en el seguimiento que de segmentos disfuncionantes no perfundidos o hipoperfundidos. Se recuperaron el 56% de los segmentos perfundidos, el 31% de los segmentos con perfusión parcheada y el 28% de los segmentos sin perfusión (p < 0,001 entre segmentos perfundidos y segmentos hipoperfundidos/no perfundidos). Un porcentaje similar de segmentos hipocinéticos y acinéticos/discinéticos se recuperaron en el seguimiento (50 frente a 39%). La sensibilidad, la especificidad, VPP, el VPN y la precisión diagnóstica de la EPTR para la detección de mejoría segmentaria fueron del 74, el 51, el 56, el 71 y el 63%, respectivamente.

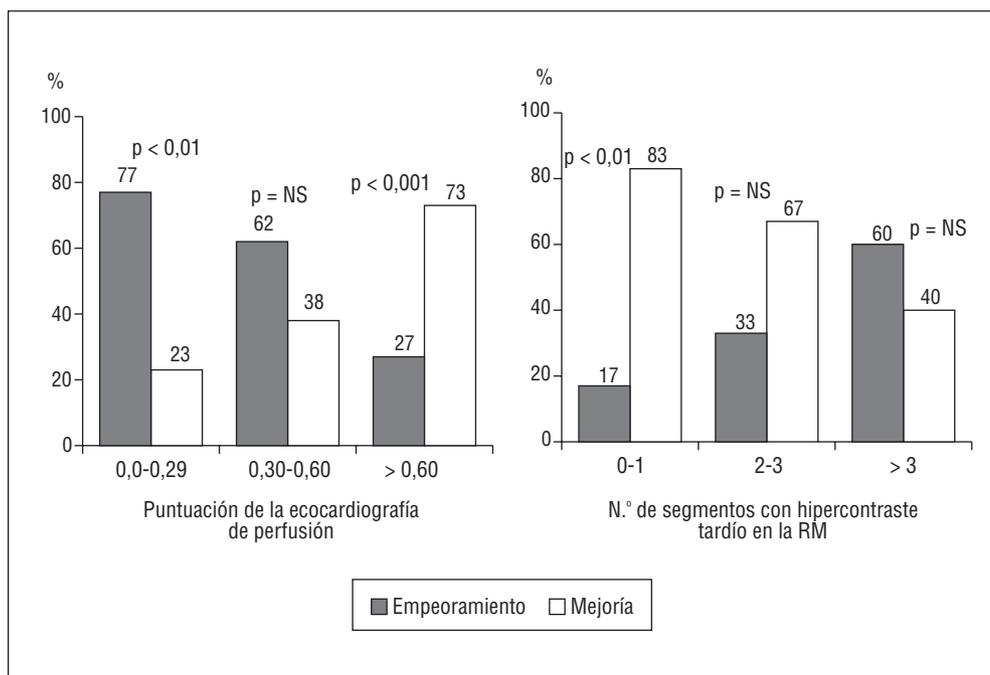


Fig. 1. Porcentaje de pacientes que recuperaron y que no recuperaron la función ventricular regional en el seguimiento según la puntuación de la ecocardiografía de perfusión (izda.) y según el número de segmentos con hipercontraste tardío en la resonancia magnética (dcha.).

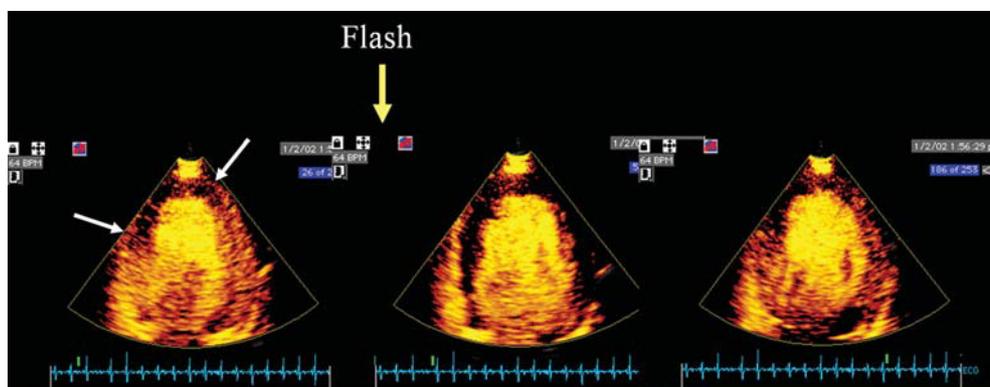


Fig. 2. Paciente con puntuación de la ecocardiografía de perfusión «pobre» (< 0,60) en el territorio de la arteria descendente anterior. Obsérvese el amplio defecto de perfusión (entre flechas) antes y después del «flash».

Análisis de la EPTR por pacientes

Una puntuación de EPTR $\geq 0,60$ era el valor más preciso para predecir la recuperación regional, con un VPP del 73% y un VPN del 69% ($p < 0,001$; ABC = 0,70; intervalo de confianza [IC] del 95%, 0,58-0,82), en el global de pacientes. En los que tenían un IAM anterior, el VPP y VPN eran del 81 y el 60%, respectivamente ($p < 0,01$; ABC = 0,71; IC del 95%, 0,57-0,85). En la figura 1 se muestra el porcentaje de pacientes que recuperaron y que no recuperaron la función ventricular según la diferente puntuación de la EPTR. Se realizó una análisis de regresión logística introduciendo las 2 variables que resultaron significativas en la comparación entre grupos: valor pico de CK y la puntuación de la EPTR. Ambas fueron identi-

ficadas como predictores independientes de recuperación funcional: valor pico de CK (*odds ratio* [OR] = 1,4 por cada 1.000 U; IC del 95%, 1,0-1,9; $p < 0,05$); puntuación de la EPTR (OR = 8,8; IC del 95%, 1,9-39,3; $p < 0,01$). En las figuras 2-7 se exponen ejemplos de pacientes con «pobres» y «buenas» puntuaciones en la EPTR, respectivamente.

Datos de la SPECT y la RM

En las tablas 3 y 4 se muestra la puntuación de la perfusión y el número de segmentos con defectos de perfusión en la SPECT y en la RM en ambos grupos de pacientes. El hallazgo de 4 o menos defectos de perfusión con SPECT tuvo un VPP y VPN para recuperación de la función regional del ventrículo iz-

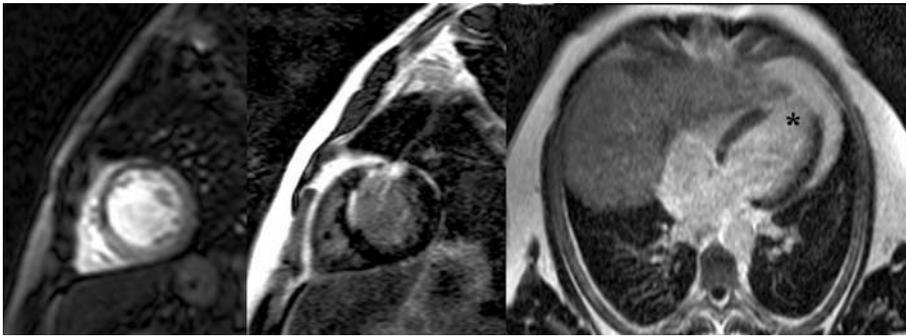


Fig. 3. Imágenes de resonancia magnética del mismo paciente de la figura 2. Se evidencia un defecto de primer paso en el septo intraventricular en el plano de eje corto (flechas en la imagen de la izquierda). Se observa hipercontraste tardío en la misma área en la imagen de eje corto (flechas en la imagen del medio) y en la región apical en una visión longitudinal (asterisco en la imagen de la derecha).

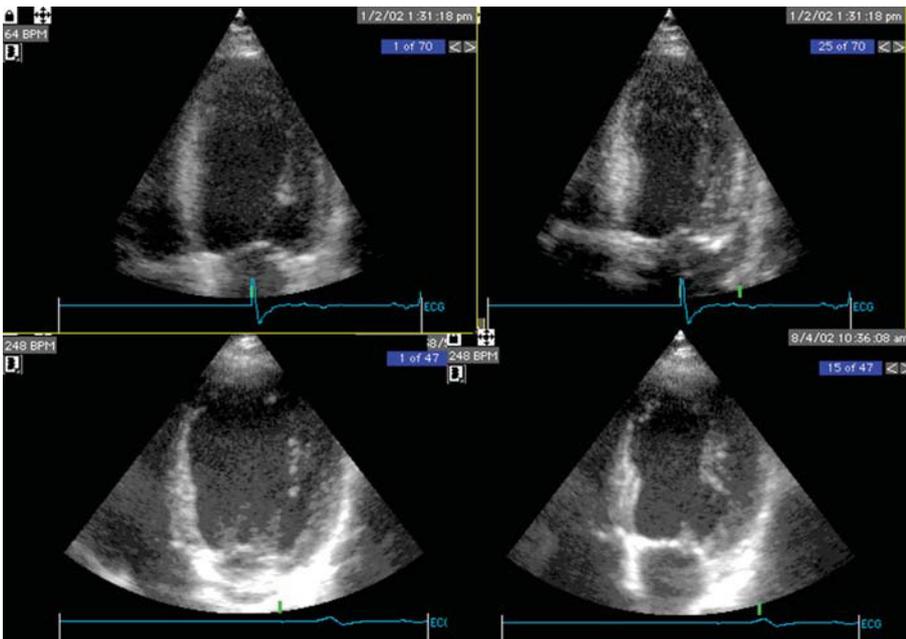


Fig. 4. El mismo paciente de la figura 2; se observa la falta de recuperación de la función del ventrículo izquierdo en el seguimiento. Arriba: basal; abajo: seguimiento; izda.: diástole; dcha.: sistole.

quierdo del 85 y del 100%, respectivamente ($p < 0,01$; $ABC = 0,82$; IC del 95%, $0,53-1,10$). En cuanto a la RM, el 47% de los pacientes tuvo algún segmento con defecto de perfusión de primer paso, y el 65% algún segmento con hipercontraste tardío. El 94% de

los pacientes con defecto de primer paso tenía también hipercontraste tardío en la misma región, y la correlación entre el número de segmentos con defecto de primer paso e hipercontraste tardío era significativa ($r = 0,64$; $p < 0,001$). Sin embargo, el número de segmentos con defecto de primer paso no servía

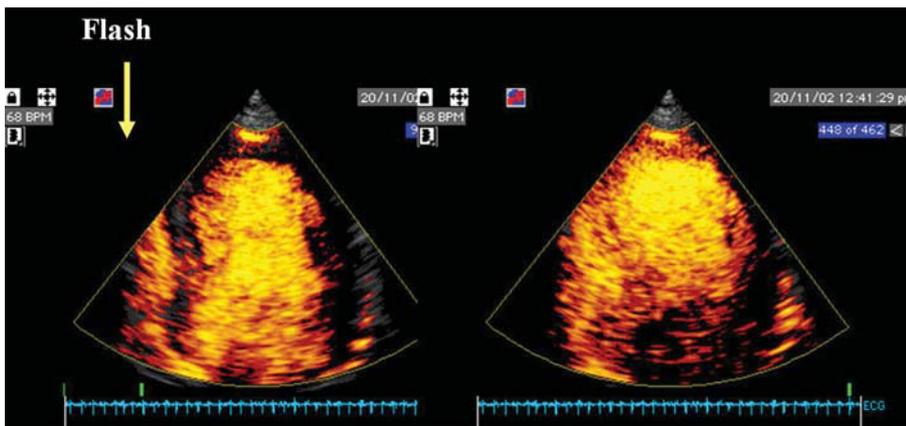


Fig. 5. Paciente con perfusión normal en el territorio de la arteria descendente anterior en las imágenes posteriores al «flash».

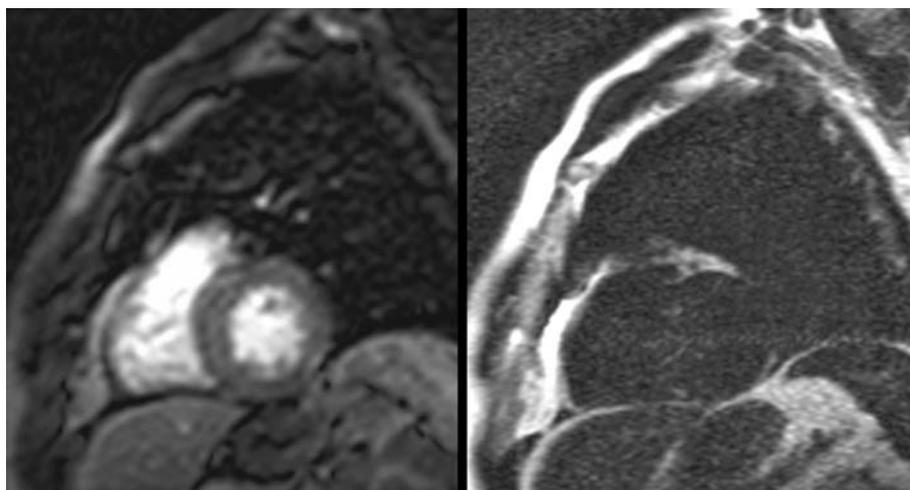


Fig. 6. Imágenes de resonancia magnética del mismo paciente de la figura 5, en las que no se aprecian los defectos en el estudio de primer paso (izda.) ni en el hipercontraste tardío (dcha.).

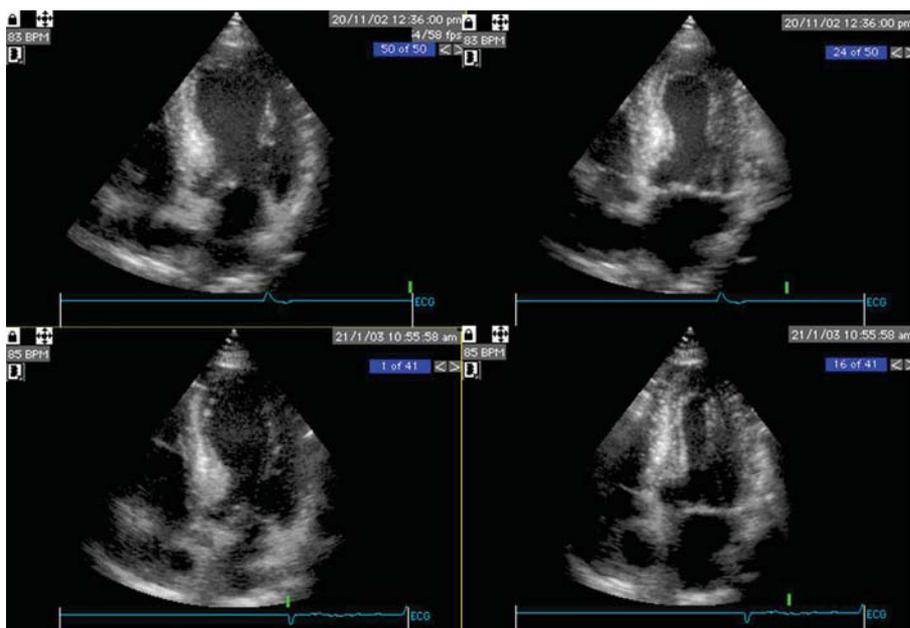


Fig. 7. El mismo paciente de la figura 5; se observa la recuperación completa de la función del ventrículo izquierdo en el seguimiento. Arriba: basal; abajo: seguimiento; izda.: diástole; dcha.: sistole.

para diferenciar a los pacientes que se recuperaban de los que no lo hacían, en contraste con el número de segmentos con hipercontraste tardío, que era mayor en los que no recuperaban la función regional. El

TABLA 3. Datos de la SPECT en pacientes con recuperación y sin recuperación de la función ventricular en el seguimiento

	Sin recuperación (n = 6)	Recuperación (n = 11)	p
Edad (años)	61 ± 11	59 ± 11	NS
Número de segmentos con defecto de perfusión (n)	6,2 ± 3,6	2,4 ± 1,3	0,046
Puntuación de la perfusión con SPECT	0,7 ± 0,2	0,9 ± 0,1	0,057

SPECT: tomografía computarizada por emisión de fotones simples marcada con ^{99m}Tc-sestamibi.

TABLA 4. Datos de la RM en los pacientes que recuperaron y que no recuperaron la función ventricular durante el seguimiento

	Sin recuperación (n = 12)	Recuperación (n = 19)	p
Número de segmentos con defecto de primer paso	2,3 ± 2,8	1,6 ± 2,5	NS
Número de segmentos con hipercontraste tardío	4,1 ± 2,4	2,0 ± 2,5	0,037
Extensión intramural del defecto de primer paso (%)	19 ± 22	15 ± 18	NS
Extensión intramural del hipercontraste tardío (%)	60 ± 36	32 ± 38	0,055
Puntuación de la extensión del hipercontraste tardío	3,1 ± 2,3	1,5 ± 2,3	0,081

RM: resonancia magnética.
Puntuación de la extensión del hipercontraste tardío: extensión intramural media del hipercontraste tardío multiplicado por el número de segmentos afectados/100.

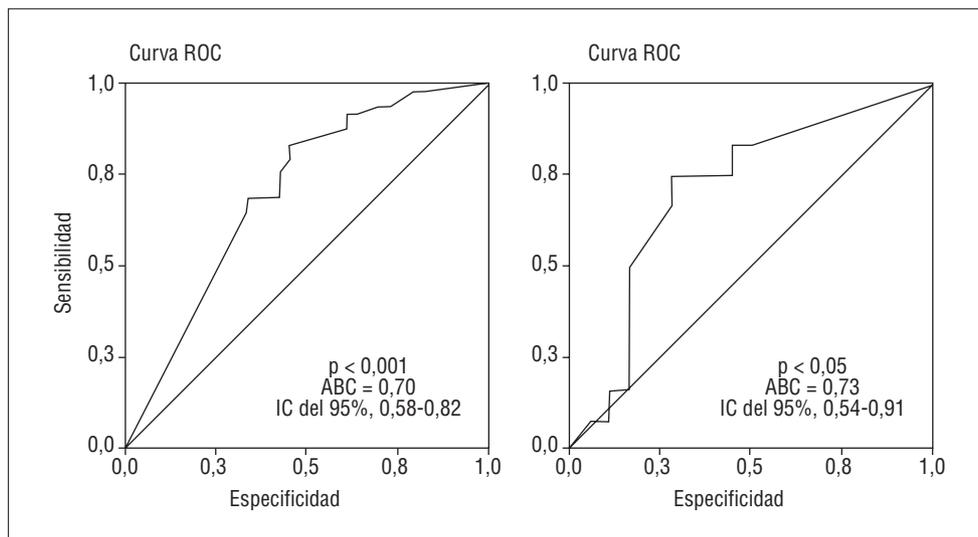


Fig. 8. Curvas ROC para la predicción de recuperación de la función regional según la ecocardiografía de perfusión (izda.) y según el número de segmentos con hipercontraste tardío en la resonancia magnética (dcha.). IC: intervalo de confianza.

hallazgo de hipercontraste tardío en menos de 4 segmentos tuvo un VPP del 80% y un VPN del 63% ($p < 0,05$; $ABC = 0,73$; IC del 95%, 0,54-0,91) para la recuperación de la función regional, mientras que una puntuación de la extensión transmural del hipercontraste tardío $< 1,6$ tuvo un VPP del 81% y un VPN del 64% ($p < 0,05$; $ABC = 0,71$; IC del 95%, 0,52-0,91). En la figura 1 se muestra el porcentaje de pacientes que recuperaron y que no recuperaron la función ventricular según el número de segmentos con hipercontraste tardío en la RM. En la figura 8 se muestran las curvas ROC para la EPTR y la RM (número de segmentos con hipercontraste tardío).

Comparación entre EPTR y SPECT

La concordancia entre la EPTR y la SPECT para la detección de perfusión anormal frente a normal en un análisis de los segmentos disfuncionantes era del 78% ($p < 0,001$; $\kappa = 0,49$), con una correlación intraclase significativa en la puntuación de la perfusión con ambas técnicas ($\alpha = 0,79$; $p < 0,01$; IC del 95%, 0,45-0,92).

Comparación entre EPTR y RM

La concordancia entre la EPTR y el hallazgo de hipercontraste tardío en la RM en un análisis de los segmentos disfuncionantes era del 70% ($p < 0,001$; $\kappa = 0,35$), aunque no encontramos ninguna correlación intraclase entre la puntuación de la EPTR y la puntuación de la extensión transmural del hipercontraste tardío ($\alpha = -0,2$; $p = 0,7$; IC del 95%, -1,6 a 0,42).

Reproducibilidad de la EPTR

La concordancia entre observadores para la defini-

ción de un segmento con perfusión normal o anormal mediante EPTR era del 89% ($p < 0,001$; $\kappa = 0,70$), y la concordancia intraobservador era del 92% ($p < 0,001$; $\kappa = 0,75$).

DISCUSIÓN

Los principales puntos de interés de este estudio son: *a*) que se ha realizado en nuestro medio con la inclusión de una serie amplia de pacientes con IAM «reperfundido» (arteria abierta y flujo TIMI ≥ 2), y *b*) que se ha comparado con una técnica novedosa para el estudio de la función y perfusión después de IAM, como es la RM. Los principales hallazgos fueron:

1. La EPTR tiene un valor moderado para predecir recuperación de la función del ventrículo izquierdo después de IAM en un análisis por paciente.
2. La EPTR y los valores de CK tienen valor pronóstico independiente para la recuperación de la función del ventrículo izquierdo.
3. La EPTR concuerda moderadamente con la SPECT, pero sólo de forma aceptable, con el estudio de hipercontraste tardío de RM en pacientes con IAM.

La mayoría de los estudios con ecocardiografía de perfusión centrados en la recuperación de la función del ventrículo izquierdo después de IAM utilizó una imagen armónica con un índice mecánico alto¹⁰⁻¹³, y sólo alguno empleó un índice mecánico bajo con una elevada frecuencia de imágenes por segundo²⁴⁻²⁶. La imagen intermitente armónica con un alto índice mecánico puede ser más sensible, pero es técnicamente más difícil de conseguir y se suelen necesitar dosis más elevadas de agentes de contraste.

Valor predictivo de la EPTR

Con anterioridad se ha descrito un bajo VPP de la EPTR para la recuperación funcional después de IAM, como el encontrado en nuestro estudio^{24,25}. En el presente artículo, la EPTR se llevó a cabo como mínimo a los 2 días del IAM (media, 7 ± 4 días). Se ha demostrado que la realización de la EPTR más precozmente después del IAM puede subestimar la verdadera zona de hipoperfusión por hiperemia reactiva²⁷. Por tanto, el momento de realización de la EPTR parece correcto para el VPP.

En cuanto al VPN obtenido en nuestra serie, fue menor al comunicado en otros estudios. Pueden coexistir diferentes razones para los defectos de perfusión falsamente negativos:

1. El tiempo en el que se realizó la EPTR. Es posible que si hubiéramos llevado a cabo la EPTR más tarde después del IAM habríamos conseguido mejores resultados para el VPN. Algunos estudios han comunicado una mejoría progresiva de los índices de perfusión por recuperación de la microcirculación durante los primeros meses después de IAM, lo que sugiere la existencia de la recuperación de la microvasculatura en algunos pacientes²⁸⁻³⁰.

2. Por otra parte, los artefactos debidos a la atenuación y la sombra debida a los huesos costales pueden explicar algunos de los defectos falsamente negativos.

3. Por último, en algún caso podría haber ocurrido que se hubiera inyectado una cantidad del agente de contraste insuficiente o bien que hubiera una destrucción exagerada de éste.

SPECT Y RM

La SPECT y la RM se hicieron a una media de 4 semanas después de la EPTR, por lo que es posible que algunos defectos de perfusión observados en la EPTR se hubieran recuperado en el momento en que se llevaron a cabo la SPECT o la RM. A pesar de ello, la concordancia con la SPECT era aceptable y sugería que la EPTR puede ser clínicamente útil para evaluar la perfusión miocárdica.

En estudios previos ya se ha descrito un alto valor predictivo de la SPECT para la recuperación de la función del ventrículo izquierdo después de IAM³¹, como se ha observado en nuestro estudio. En contraste, la RM no ha sido ampliamente estudiada. Los defectos de primer paso que indican obstrucción coronaria o microvascular se han asociado con la falta de recuperación de la función en pacientes con IAM sometidos a revascularización percutánea¹⁹. En nuestro estudio fueron menos frecuentes los defectos de primer paso que el hipercontraste tardío, probablemente por el lapso transcurrido entre el IAM y el estudio con RM en comparación con la EPTR. Los defectos de

primer paso no se asociaron a la falta de recuperación funcional. En contraste, el realce tardío en el área del infarto se apreciaba por lo general en el grupo sin recuperación funcional y estaba asociado con la falta de recuperación, la cual era más probable cuando la extensión intramural del defecto era mayor. Un valor de corte de 37% de extensión intramural tuvo altas sensibilidad y especificidad para la detección de miocardio viable en un estudio previo³². En nuestro estudio, un valor de corte de 1,6 de la puntuación de la extensión del hipercontraste tardío tuvo un VPP del 81% para la recuperación. El hipercontraste tardío que indica fibrosis se ha asociado con la falta de recuperación, tanto en pacientes con disfunción miocárdica crónica sometidos a revascularización^{20-21,33} como en pacientes después de IAM³⁴, y se correlaciona fuertemente con la viabilidad determinada mediante tomografía por emisión de positrones (PET) con ¹⁸F-fluorodesoxiglucosa³².

Limitaciones

El análisis segmentario era similar con EPTR y SPECT, pero no con RM, debido a la diferente configuración segmentaria con esta última técnica.

El cálculo de la función ventricular global y regional basal y en el seguimiento se hizo mediante ecocardiografía por razones prácticas. Aunque la reproducibilidad de la RM es mayor que la de la ecocardiografía ($\approx 4\%$ frente a $\approx 10\%$)³⁵, tanto el cálculo de la fracción de eyección y de los volúmenes como del índice de motilidad segmentaria con imagen armónica se han correlacionado de forma satisfactoria con la RM y con la *gated*-SPECT en varios estudios^{36,37}.

Ya hemos enfatizado la relativamente tardía realización de la SPECT y de la RM en comparación con la EPTR. Sólo una minoría de los pacientes fueron sometidos a SPECT y relativamente pocos a RM, por lo que es posible que se hayan obtenido resultados extremos.

Hemos realizado un análisis basado en el paciente y un análisis basado en los segmentos disínergicos. Desde un punto de vista práctico, parece más adecuado el primer tipo de análisis con el fin de conocer qué paciente tiene más probabilidades de mejorar según la cantidad de miocardio no perfundido o hipoperfundido. Sin embargo, este objetivo tendría más impacto si hubiéramos estudiado a una población con disfunción ventricular izquierda más severa (p. ej., sólo a pacientes con IAM anterior y/o ACTP de rescate).

No se realizó ninguna coronariografía sistemática durante el seguimiento, por lo que no podemos excluir la posibilidad de reestenosis. Sin embargo, la posibilidad de reestenosis de la arteria causante del infarto a los 2 meses es relativamente baja.

Con anterioridad se han descrito las limitaciones de la EPTR para estudiar adecuadamente la pared ante-

rior y lateral del ventrículo izquierdo²⁷. Una ventana lateral inadecuada puede impedir el estudio de defectos de perfusión cuando la arteria causante del infarto es la circunfleja, como ocurrió en 3 de nuestros pacientes. La atenuación de la pared anterior pudo impedir el estudio de la perfusión a ese nivel en pacientes con infartos extensos dependientes de la arteria descendente anterior, aunque la mayoría de los infartos anteriores afectaban sólo o principalmente a la región septoapical.

CONCLUSIONES

La EPTR realizada antes del alta hospitalaria tiene un valor predictivo moderado para la recuperación de la función después de IAM reperfundido. Los hallazgos de la EPTR concordaron con los de la SPECT, pero menos con los de la RM. Sin embargo, el hipercontraste tardío evidenciado tuvo un adecuado VPP para la recuperación de la función. Quedan por determinar el valor relativo de la EPTR y de la RM después del IAM, así como el tiempo después del evento agudo en que deben realizarse estas exploraciones.

BIBLIOGRAFÍA

- Ito H, Tomooka T, Sakai N, Yu H, Higashino Y, Fujii K, et al. Lack of perfusion immediately after successful thrombolysis: a predictor of poor functional recovery of left ventricular function in anterior myocardial infarction. *Circulation* 1992;85:1699-705.
- Kenner MD, Zajac EJ, Kondos GT, Dave R, Wiewall WJ, Jofftus J, et al. Ability of the no-reflow phenomenon during an acute myocardial infarction to predict left ventricular dysfunction at one-month follow-up. *Am J Cardiol* 1995;76:861-8.
- Ito H, Maruyama A, Ikawara K, Takiuchi S, Masuyama T, Hori M, et al. Clinical implications of the «no-reflow phenomenon»: a predictor of complications and left ventricular remodeling in reperfusion anterior wall myocardial infarction. *Circulation* 1996;93:223-8.
- Sakuma T, Hagashi Y, Sumii K, Imazu M, Yamakido M. Prediction of short- and intermediate-term prognoses of patients with acute myocardial infarction using myocardial contrast echocardiography one day after recanalization. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:890-7.
- Ito H, Okamura A, Iwakura K, Masuyama T, Hori M, Takiuchi S, et al. Myocardial perfusion patterns related to thrombolysis in myocardial infarction grades after coronary angioplasty in patients with acute anterior wall myocardial infarction. *Circulation* 1996;93:1993-9.
- Marwick ThH, Brunken R, Meland N, Brochet E, Baer FM, Binder TH, et al. Accuracy and feasibility of contrast echocardiography for detection of perfusion defects in routine practice. Comparison with wall motion and technetium-99m Sestamibi single-photon emission computed tomography. *J Am Coll Cardiol* 1998;32:1260-9.
- Kaul S, Senior R, Dittrich H, Raval U, Khattar R, Lahiri A. Detection of coronary artery disease with myocardial contrast echocardiography. Comparison with 99mTc-sestamibi single-photon emission computed tomography. *Circulation* 1997;96:785-92.
- Heinle SK, Noblin J, Goree-Best P, Mello A, Ravad G, Mull S, et al. Assessment of myocardial perfusion by harmonic power Doppler imaging at rest and during adenosine stress. Comparison with 99Tc-sestamibi SPECT imaging. *Circulation* 2000;102:55-60.
- Spencer KT, Grayburn PA, Mor-Avi V, Bednarz J, Grimm RA, Furlong K, et al. Myocardial contrast echocardiography with power Doppler imaging. *Am J Cardiol* 2000;86:479-81.
- Lepper W, Hoffmann R, Kamp O, Franke A, De Cok CC, Kühl HP, et al. Assessment of myocardial reperfusion by intravenous myocardial contrast echocardiography and coronary flow reserve after primary percutaneous transluminal coronary angiography in patients with acute myocardial infarction. *Circulation* 2000;101:2368-74.
- Rocchi G, Jaroslaw DK, Galema TW, De Jong N, Ten Cate FJ. Usefulness of power Doppler contrast echocardiography to identify reperfusion after acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2001;87:278-82.
- Porter TR, Li S, Oster R, Deligonul U. The clinical implications of no reflow demonstrated with intravenous perfluorocarbon containing microbubbles following restoration of Thrombolysis In Myocardial Infarction (TIMI) 3 flow in patients with acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 1998;82:1173-7.
- Mengozi G, Rossini R, Palagi C, Musumeci G, Petronio AS, Limbruno U, et al. Usefulness of intravenous myocardial contrast echocardiography in the early left ventricular remodeling in acute myocardial infarction. *Am J Cardiol* 2002;90:713-9.
- Porter TR, Li S, Jiang L, Grayburn P, Deligonul U. Real-time visualization of myocardial perfusion and wall thickening in human beings with intravenous ultrasonographic contrast and accelerated intermittent harmonic imaging. *J Am Soc Echocardiogr* 1999;12:266-71.
- Cwajg J, Xie F, O'Leary E, Kricsfeld D, Dittrich H, Porter TR. Detection of angiographically significant coronary artery disease with accelerated intermittent imaging after intravenous administration of ultrasound contrast material. *Am Heart J* 2000;139:675-83.
- The Joint European Society of Cardiology/ American College of Cardiology Committee. Myocardial infarction redefined: a consensus document of the Joint European Society of Cardiology/ American College of Cardiology Committee for the definition of Myocardial Infarction. *Eur Heart J* 2000;21:1502-13.
- Bourdillon PD, Broderick TM, Sawada SG, Armstrong WF, Ryan T, Dillon JC, et al. Regional wall motion index for infarct and noninfarct regions after reperfusion in acute myocardial infarction: comparison with global wall motion index. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;9:398-407.
- Schiller NB, Shah PM, Crawford M, DeMaria A, Devereux R, Feigenbaum H, et al. Recommendations for quantification of the left ventricle by two dimensional echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1989;2:358-67.
- Wu KC, Zerhouni EA, Judd RM, Lugo-Olivieri CH, 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.
- Sandstede JJW, Lipke C, Beer M, Harre K, Pabst TH, Kenn W, et al. Analysis of first-pass and delayed contrast-enhancement patterns of dysfunctional myocardium on MR imaging. *Am J Radiol* 2000;174:1737-40.
- Kim RJ, Wu E, Rafael A, Chen E-L, Parker MA, Simonetti O, et al. The use of contrast enhanced resonance imaging to identify reversible myocardial dysfunction. *N Engl J Med* 2000;343:1445-53.
- 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.
- Chesebro JH, Knatterud G, Roberts R, Borer J, Cohen LS, Dalen J, et al. Thrombolysis in myocardial infarction (TIMI) trial, fase I: a comparison between intravenous plasminogen activator and intravenous streptokinase. *Circulation* 1987;76:142-54.

24. Main ML, Magalski A, Chee NK, Coen MM, Skolnick DG, Good Th H. Full-motion pulse inversion power Doppler contrast echocardiography differentiates stunning from necrosis and predicts recovery of left ventricular function after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2001;38:1390-4.
25. Hillis GS, Mulvagh SL, Gunda M, Hagen ME, Reeder GS, Oh JK. Contrast echocardiography using intravenous octafluoropropane and real-time perfusion imaging predicts functional recovery after acute myocardial infarction. *J Am Soc Echocardiogr* 2003;16:638-45.
26. Janardhanan R, Swinburn JM, Greaves K, Senior R. Usefulness of myocardial contrast echocardiography using low-power continuous imaging early after acute myocardial infarction to predict late functional left ventricular recovery. *Am J Cardiol* 2003; 92:493-7.
27. Badano LP, Werren M, Di Chiara AD, Fioretti PM. Contrast echocardiography evaluation of early changes in myocardial perfusion after recanalization therapy in anterior wall acute myocardial infarction and their relation with early contractile recovery. *Am J Cardiol* 2003;91:532-7.
28. Bodi V, Sanchis J, López-Lereu MP, Llacer A, Pellicer M, Losada A, et al. Estudio de perfusión intracoronaria 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.
29. Candell J, Pereztol O, Oller G, Llevadot J, Aguadé S, Castell J, et al. Evolución de la función sistólica y de la perfusión miocárdica valoradas mediante gated-SPECT durante el primer año después de infarto agudo de miocardio. *Rev Esp Cardiol* 2003; 56:438-44.
30. Heller GV, Parker JA, Silverman KJ, Royal HD, Kolodny GM, Paulin S, et al. Intracoronary thallium-201 scintigraphy after thrombolytic therapy for acute myocardial infarction compared with 10 and 100 day intravenous thallium-201 scintigraphy. *J Am Coll Cardiol* 1987;9:300-7.
31. Spinelli L, Petretta M, Cuocolo A, Nicolai E, Acampa W, Vicario L, et al. Prediction of recovery of left ventricular dysfunction after acute myocardial infarction: comparison between 99mTc-sestamibi cardiac tomography and low-dose dobutamine echocardiography. *J Nucl Med* 1999;40:1683-92.
32. Kühl HP, Beek AM, Van der Weerd AP, Hofman MBM, Visser CA, Lammertsma AA, et al. Myocardial viability in chronic heart disease. Comparison of contrast-enhanced magnetic resonance imaging with 18F-Fluorodeoxyglucose positron emission tomography. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:1341-8.
33. Jiménez Borreguero LJ, Ruiz-Salmerón R. Valoración de la viabilidad miocárdica en pacientes prerrevascularización. *Rev Esp Cardiol* 2003;56:1010-5.
34. Motoyasu M, Sakuma H, Ichikawa Y, Ishida N, Uemura S, Okinaka T, et al. Prediction of regional functional recovery after acute myocardial infarction with low dose dobutamine stress cine MR imaging and contrast enhanced MR imaging. *J Cardiovasc Magn Reson* 2003;5:563-74.
35. Grothues F, Smith GC, Moon JC, Bellenger NG, Collins P, Klein HU, et al. Comparison of interstudy reproducibility of cardiovascular magnetic resonance with two-dimensional echocardiography normal subjects and in subjects with heart failure or left ventricular hypertrophy. *Am J Cardiol* 2002;90: 29-34.
36. Sierra-Galan LM, Ingkanisorn WP, Rhoads KL, Agyeman KO, Arai AE. Qualitative assessment of regional left ventricular function can predict MRI or radionuclide ejection fraction: an objective alternative to eyeball estimates. *Cardiovasc Magn Reson* 2003;5:451-63.
37. Van Camp G, Franken RR, Schoors D, Hagers Y, Koole M, Demoor D, et al. Impact of second harmonic imaging on the determination of the global and regional left ventricular function by 2D echocardiography: a comparison with MIBI gated SPECT. *Echocardiogr* 2000;1:122-9.